

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC LÂM NGHIỆP VIỆT NAM

KIỀU TUẤN ĐẠT

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU HỮU CƠ ĐỂ LẠI SAU
KHAI THÁC ĐẾN ĐỘ PHÌ CỦA ĐẤT VÀ NĂNG SUẤT RỪNG
TRỒNG KEO LÁ TRÀM Ở CÁC CHU KỲ SAU
TẠI PHÚ BÌNH, TỈNH BÌNH DƯƠNG**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

HÀ NỘI – 2015

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC LÂM NGHIỆP VIỆT NAM

=====

KIỀU TUẤN ĐẠT

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU HỮU CƠ ĐỂ LẠI SAU
KHAI THÁC ĐẾN ĐỘ PHÌ CỦA ĐẤT VÀ NĂNG SUẤT RỪNG
TRỒNG KEO LÁ TRÀM Ở CÁC CHU KỲ SAU
TẠI PHÚ BÌNH, TỈNH BÌNH DƯƠNG**

Chuyên ngành: Lâm sinh

Mã số: 62.62.02.05

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Người hướng dẫn khoa học:

TS. Phạm Thế Dũng

PGS TS. Ngô Đình Quế

HÀ NỘI - 2015

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi.

Do luận án nghiên cứu qua 3 chu kỳ kinh doanh nên đã có sự kế thừa số liệu ở chu kỳ 1 & 2 và một số kết quả nghiên cứu ở hai chu kỳ này đã được công bố. Kết quả nghiên cứu của luận án cho rừng trồng keo lá tràm ở chu kỳ 3 là của tác giả, các số liệu trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Người viết cam đoan

Kiều

Tuấn

Đạt

LỜI CẢM ƠN

Luận án này, tác giả thực hiện dưới sự hướng dẫn khoa học của TS. Phạm Thế Dũng và PGS.TS Ngô Đình Quế, trong suốt thời gian thực hiện luận án từ 2010 đến nay. Nhân dịp này, tác giả xin chân thành cảm ơn hai thầy giáo đã tận tình hướng dẫn, động viên và giúp đỡ tác giả hoàn thành tốt luận án.

Nhân dịp này, tác giả xin trân thành cảm ơn tập thể cán bộ viên chức của Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ, Trạm Thực nghiệm Lâm nghiệp Tân Phú cùng gia đình và các bạn bè đồng nghiệp. Đặc biệt, tác giả xin cảm ơn các chuyên gia và các cộng tác viên dự án *“Quản lý lập địa và năng suất rừng trồng ở Việt Nam”*, do Trung tâm Nghiên cứu Lâm nghiệp quốc tế (CIFOR) tài trợ, dự án *“Quản lý lâm sinh tối ưu và năng suất rừng trồng keo cung cấp gỗ xẻ có chất lượng cao”* do Trung tâm Nghiên cứu Nông nghiệp quốc tế Australia (ACIAR) tài trợ và nhóm thực hiện đề tài *“Nghiên cứu các biện pháp kỹ thuật bảo vệ và nâng cao độ phì của đất nhằm nâng cao năng suất rừng trồng Bạch đàn, keo ở các luân kỳ sau”* đã giúp đỡ tác giả trong quá trình thực hiện luận án.

Trong quá trình thực đề tài luận án, mặc dù đã có nhiều cố gắng song không thể tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Tác giả rất mong nhận được các ý kiến đóng góp quý báu của các thầy giáo, cô giáo, các nhà khoa học, các cơ quan quản lý lâm nghiệp, các đơn vị chủ rừng và bạn bè đồng nghiệp để luận án được hoàn thiện hơn.

Xin chân thành cảm ơn./.

MỤC LỤC

	Trang
TRANG PHỤ BÌA	i
LỜI CAM ĐOAN	ii
LỜI CẢM ƠN	iii
MỤC LỤC	iv
DANH MỤC CÁC BẢNG	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH	vii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT	ix
PHẦN MỞ ĐẦU	1
1. ĐẶT VẤN ĐỀ	1
2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU	2
3. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA LUẬN ÁN	3
4. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN	4
5. ĐỐI TƯỢNG VÀ ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU	4
6. NHỮNG GIỚI HẠN CỦA LUẬN ÁN	5
7. BỐ CỤC CỦA LUẬN ÁN	6
Chương 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	7
1.1 MỘT SỐ KHÁI NIỆM CÓ LIÊN QUAN	7
1.1.1 Lập địa và quản lý lập địa	7
1.1.2 Vật liệu hữu cơ sau khai thác	7
1.1.3 Chu kỳ kinh doanh	8
1.1.4 Chu trình dinh dưỡng của rừng trồng	8
1.2 ĐẶC ĐIỂM CỦA CÂY KEO LÁ TRÀM	9
1.2.1 Phân loại thực vật loài Keo lá trầm	9
1.2.2 Đặc điểm hình thái	9
1.2.3 Đặc điểm sinh thái học	10
1.2.4 Đặc điểm lâm sinh học	11
1.2.5 Giá trị sử dụng	13
1.3 TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI	13
1.3.1 Những nghiên cứu về quản lý lập địa và năng suất rừng trồng	13
1.3.2 Những nghiên cứu về quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng	16
1.3.3 Những nghiên cứu về dinh dưỡng và chu trình dinh dưỡng rừng trồng	19
1.3.4 Những nghiên cứu về sinh trưởng và sinh khối rừng	25
1.3.5 Những nghiên cứu về sinh vật đất	28
1.4 TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU Ở VIỆT NAM	28
1.4.1 Những nghiên cứu về quản lý lập địa và năng suất rừng trồng	28
1.4.2 Những nghiên cứu về quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng	31
1.4.3 Những nghiên cứu về dinh dưỡng và chu trình dinh dưỡng rừng trồng	32
1.4.4 Những nghiên cứu về sinh trưởng và sinh khối rừng	38
1.4.5 Những nghiên cứu về sinh vật đất	41
1.5 THẢO LUẬN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU	42

Chương 2: ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN - KINH TẾ XÃ HỘI KHU VỰC NGHIÊN CỨU ...	45
2.1 ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN.....	45
2.1.1 Vị trí địa lý	45
2.1.2 Địa hình, địa mạo	46
2.1.3 Khí hậu	47
2.1.4 Thủy văn.....	48
2.1.5 Đặc điểm chung về loại đất và tính chất đất	48
2.2 ĐIỀU KIỆN KINH TẾ - XÃ HỘI.....	50
2.2.1 Dân số, dân tộc, lao động và thu nhập	50
2.2.2 Tài nguyên rừng	51
Chương 3: NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	53
3.1 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU	53
3.1.1 Nghiên cứu ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến độ phì của đất qua các chu kỳ kinh doanh.....	53
3.1.2 Nghiên cứu ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến sinh trưởng, trữ lượng, năng suất và sinh khối rừng qua các chu kỳ kinh doanh	53
3.1.3 Nghiên cứu tích lũy các chất dinh dưỡng và khả năng cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3.	53
3.2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	54
3.2.1 Quan điểm và cách tiếp cận	54
3.2.2 Phương pháp bố trí thí nghiệm.....	54
3.2.3 Phương pháp thu thập và phân tích số liệu theo nội dung nghiên cứu.....	56
3.2.4 Phương pháp xử lý số liệu.....	62
Chương 4: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	63
4.1 Ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến độ phì đất qua các chu kỳ kinh doanh	63
4.1.1 Tính chất vật lý của đất	63
4.1.2 Tính chất hóa học của đất.....	65
4.1.3 Chỉ tiêu sinh học của đất	83
4.2 Ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến sinh trưởng, năng suất và sinh khối rừng qua các chu kỳ kinh doanh	87
4.2.1 Đánh giá về sinh trưởng rừng	87
4.2.2 Đánh giá trữ lượng và năng suất rừng.....	93
4.2.3 Đánh giá về sinh khối rừng	97
4.2.4 Đánh giá tổng hợp về sinh trưởng, năng suất và sinh khối rừng	108
4.3 Tích lũy các chất dinh dưỡng và khả năng cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3	110
4.3.1 Tích lũy dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3.....	110
4.3.2 Đánh giá cân bằng dinh dưỡng khi để lại VLHCSKT ở chu kỳ 3	117
KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ	126
1. KẾT LUẬN.....	126
2. TỒN TẠI.....	128
3. KIẾN NGHỊ	128
TÀI LIỆU THAM KHẢO	129
CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ	141

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 4.1. Chỉ tiêu thành phần cơ giới của đất qua các chu kỳ kinh doanh	65
Bảng 4.2. Chỉ tiêu pH _{kcl} đất ở tầng đất 0 - 10cm của các công thức.....	66
Bảng 4.3. Chỉ tiêu pH _{kcl} đất ở tầng đất 10 - 20cm của các công thức.....	67
Bảng 4.4. Tổng lượng Cacbon tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm.....	70
Bảng 4.5. Tổng lượng Nito tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm.....	72
Bảng 4.6. Tổng lượng Lân tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm.....	75
Bảng 4.7. Tổng lượng Kali tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm	77
Bảng 4.8. Tổng lượng Canxi tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm	79
Bảng 4.9. Tổng lượng Magiê tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm.....	81
Bảng 4.10. Tổng hợp sự biến đổi tính chất hóa học của đất sau 5 năm ở chu kỳ 3	82
Bảng 4.11. Số lượng loài động vật đất ở tầng đất 0 - 10 cm của các công thức	83
Bảng 4.12. Số lượng vi sinh vật tổng số ở các công thức khác nhau.....	85
Bảng 4.13. Số lượng vi sinh vật phân giải lân ở các công thức khác nhau.....	86
Bảng 4.14. Tỷ lệ sống của các công thức biến động theo thời gian.....	87
Bảng 4.15. Sinh trưởng đường kính ở vị trí 1,3m của các công thức thí nghiệm	89
Bảng 4.16. Tổng hợp sinh trưởng chiều cao vút ngọn của các công thức thí nghiệm	92
Bảng 4.17. Tổng hợp trữ lượng rừng của các công thức thí nghiệm	94
Bảng 4.18. Tổng hợp chỉ tiêu MAI của các công thức theo thời gian	96
Bảng 4.19. Các phương trình tương quan giữa đường kính (X) và sinh khối cây (Y)	98
Bảng 4.20. Tổng hợp diễn biến sinh khối khô của các công thức ở chu kỳ 3.....	101
Bảng 4.21. Tổng hợp sinh khối khô theo tuổi rừng của các công thức ở chu kỳ 3.....	103
Bảng 4.22. Tổng hợp sinh khối vật rụng sau 40 tháng (từ T9/2010 - T12/2013)	105
Bảng 4.23. So sánh các chỉ tiêu sinh trưởng rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh	108
Bảng 4.24. Tổng sinh khối khô và chất dinh dưỡng của các công thức theo thời gian	111
Bảng 4.25. Tổng hợp tích lũy các chất dinh dưỡng từ lớp vật rụng sau 40 tháng	113
Bảng 4.26. Tổng hợp lượng tích lũy các chất dinh dưỡng rừng trồng ở 3 chu kỳ	113
Bảng 4.27. Sinh khối VLHKT và lượng dinh dưỡng để lại ở chu kỳ 2.....	117
Bảng 4.28. Sinh khối tầng cây bụi, thảm tươi và lượng dinh dưỡng để lại ở chu kỳ 2.....	119
Bảng 4.29. Tổng hợp các chất dinh dưỡng từ vật rụng trả lại cho đất ở chu kỳ 3	120
Bảng 4.30. Tổng hợp sinh khối và nguồn dinh dưỡng trả lại cho đất.....	120
Bảng 4.31. Lượng các chất dinh dưỡng hấp thụ của rừng sau 5 năm	121
Bảng 4.32. Cân đối dinh dưỡng của công thức Fh sau 5 năm	122
Bảng 4.33. Cân đối dinh dưỡng của công thức Fm sau 5 năm	123
Bảng 4.34. Cân đối dinh dưỡng của công thức Fl sau 5 năm	124

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 2.1. Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu của luận án.....	46
Hình 2.2. Mô tả phẫu diện đất điển hình khu vực nghiên cứu.....	49
Hình 3.1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm.....	55
Hình 3.2. Lấy mẫu đất hàng năm	56
Hình 3.3. Lấy mẫu phân tích VSV đất.....	56
Hình 3.4. Lấy mẫu sinh khối hàng năm	58
Hình 4.1. Biến động dung trọng đất ở tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau	63
Hình 4.2. Biến động dung trọng đất ở tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau	64
Hình 4.3. Biến động Cacbon hữu cơ tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau.....	68
Hình 4.4. Biến động Cacbon hữu cơ tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau.....	69
Hình 4.5. Biến động chỉ tiêu Đạm tổng số ở tầng đất 0 - 10cm qua các chu kỳ.....	71
Hình 4.6. Biến động chỉ tiêu Đạm tổng số ở tầng đất 10 - 20cm qua các chu kỳ.....	71
Hình 4.7. Biến động chỉ tiêu C/N ở tầng đất từ 0 – 10cm của rừng trồng chu kỳ 3	73
Hình 4.8. Biến động Lân dễ tiêu tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau	74
Hình 4.9. Biến động Lân dễ tiêu tầng đất 10-20cm ở 2 chu kỳ sau	74
Hình 4.10. Biến động cation trao đổi K^+ tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau	76
Hình 4.11. Biến động cation trao đổi K^+ tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau	77
Hình 4.12. Biến động cation trao đổi Ca^{2+} tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau.....	78
Hình 4.13. Biến động cation trao đổi Ca^{2+} tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau.....	79
Hình 4.14. Biến động cation trao đổi Mg^{2+} tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau	80
Hình 4.15. Biến động cation trao đổi Mg^{2+} tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau	80
Hình 4.16. Số loài/cá thể động vật đất ở các công thức trong mùa khô và mưa.....	84
Hình 4.17. Biểu đồ so sánh tỷ lệ sống qua các chu kỳ kinh doanh.....	88
Hình 4.18. Biểu đồ động thái sinh trưởng đường kính qua các chu kỳ kinh doanh.....	90
Hình 4.19. Biểu đồ phân bố số cây theo cấp đường kính ở 3 chu kỳ kinh doanh.....	91
Hình 4.20. Biểu đồ động thái sinh trưởng chiều cao của các công thức qua 3 chu kỳ	93
Hình 4.21. Biến động trữ lượng rừng của 3 công thức qua các chu kỳ kinh doanh.....	95
Hình 4.22. Biến động MAI của 3 công thức qua các chu kỳ kinh doanh	97
Hình 4.23. Tương quan giữa đường kính và tổng sinh khối khô của cây ở tuổi 1 và 2.....	99
Hình 4.24. Tương quan giữa đường kính và tổng sinh khối khô của cây ở tuổi 3 và 4.....	99
Hình 4.25. Tương quan giữa đường kính và sinh khối khô của cây ở tuổi 5.....	99
Hình 4.26. Tương quan $D_{1,3}$ với sinh khối gỗ có vỏ và cành từ 1-5cm ở tuổi 5	100
Hình 4.27. Tương quan $D_{1,3}$ với sinh khối cành <1cm và sinh khối lá ở tuổi 5.....	100
Hình 4.28. Biến động sinh khối khô của công thức Fh theo từng bộ phận của cây.....	102

Hình 4.29. Biến động sinh khối khô của các bộ phận của cây theo tuổi rừng	103
Hình 4.30. Biến động sinh khối khô của các công thức qua 3 chu kỳ	104
Hình 4.31. Ảnh thu mẫu vật rụng hàng năm	105
Hình 4.32. Phân bố lượng vật rụng sấy khô ở chu kỳ 3 sau 40 tháng theo dõi.....	106
Hình 4.33. So sánh lượng vật rụng trả lại cho đất ở 3 chu kỳ kinh doanh.....	107
Hình 4.34. Ảnh rừng trồng Keo lá tràm qua 3 chu kỳ kinh doanh.....	110
Hình 4.35. Tổng sinh khối rừng và tích lũy dinh dưỡng trong cây ở tuổi 5	112
Hình 4.36. Biến đổi tích lũy Đạm tổng số của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh	114
Hình 4.37. Biến đổi tích lũy Lân tổng số qua 3 chu kỳ kinh doanh.....	115
Hình 4.38. Biến đổi tích lũy Kali tổng số của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh	115
Hình 4.39. Biến đổi tích lũy Cation Canxi của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh	116
Hình 4.40. Biến đổi tích lũy Cation Magiê của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh.....	116
Hình 4.41. Mức độ phân hủy vật liệu hữu cơ sau khai thác theo thời gian	118
Hình 4.42. Sơ đồ chu trình dinh dưỡng của công thức Fm	124
Hình 4.43. Khả năng cân đối dinh dưỡng của các công thức thí nghiệm ở chu kỳ 3	125

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT

Ký hiệu viết tắt	Tên viết đầy đủ
a, b, c	Sự khác biệt giữa các công thức khi xếp hạng Duncan
C (%)	Cacbon hữu cơ
C/N	Tỷ lệ giữa Cacbon và Nito
CT	Công thức
cs	Cộng sự
Ca ²⁺ (Cmol _c /kg)	Canxi trao đổi
CEC	Khả năng trao đổi cation
CIFOR	Trung tâm Nghiên cứu Lâm nghiệp Quốc tế
CFU/g đất	Đơn vị hình thành khuẩn lạc tính trên một gram đất
CK	Chu kỳ kinh doanh
CSIRO	Tổ chức Nghiên cứu Công nghiệp và Khoa học Úc
cv%	Độ biến động tính theo tỷ lệ phần trăm
D _{1.3} (cm)	Đường kính thân cây ở vị trí 1,3m
FAO	Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hiệp Quốc
Hvn (m)	Chiều cao cây vút ngọn
ISRIS	Trung tâm thông tin và đất Quốc tế
K ⁺ (Cmol _c /kg)	Kali trao đổi
LSD	Giới hạn sai tiêu chuẩn
M (m ³)	Trữ lượng rừng
MAI (m ³ /ha/năm)	Năng suất rừng
Mg ²⁺ (Cmol _c /kg)	Magiê trao đổi
N _{ts} (%)	Đạm tổng số
NN&PTNT	Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn
P _{dt} (mg/kg)	Lân dễ tiêu
P-value	Giá trị xác suất khi $\alpha=0,05$
s.e.d	Sai tiêu chuẩn trung bình
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
TLS (%)	Tỷ lệ sống
TPCG	Thành phần cơ giới
VLHC	Vật liệu hữu cơ
VLHCSKT	Vật liệu hữu cơ sau khai thác
VSV	Vì sinh vật
WRB	Tài nguyên đất Thế giới

PHẦN MỞ ĐẦU

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay ở nước ta, keo (*Acacia*) đang là loài cây chủ lực trong trồng rừng công nghiệp cung cấp nguyên liệu cho ngành chế biến gỗ trong nước và xuất khẩu. Diện tích rừng trồng keo đến năm 2013 của cả nước khoảng 1,1 triệu ha với chu kỳ kinh doanh ngắn từ 6 - 8 năm và có xu hướng ngày càng tăng (Nambiar & Harwood, 2014) [66]. Sự phát triển rừng trồng công nghiệp đã có những đóng góp đáng kể trong phát triển kinh tế xã hội, góp phần giảm nhập khẩu gỗ đáp ứng nhu cầu chế biến hàng năm đang tăng rất cao.

Keo lá tràm là loài cây được xác định là thích hợp với điều kiện đất đai, khí hậu ở Việt Nam và có diện tích gây trồng tương đối lớn trong các chương trình trồng rừng. Loài cây này sinh trưởng khá nhanh nên có chu kỳ kinh doanh ngắn, cây có hình dáng thân tròn, thẳng, rất phù hợp cho sản xuất gỗ dán, ván dăm, nguyên liệu giấy, gỗ xẻ phục vụ đồ mộc gia dụng trong nước và xuất khẩu. Keo lá tràm là loài cây có khả năng nốt cộng sinh với *Rhizobium* và *Brady rhizobium* sống trong nốt sần, chúng có khả năng tổng hợp nitơ tự do trong không khí rất cao và có biên độ sinh thái rộng, phù hợp cho trồng rừng công nghiệp trên quy mô lớn (Dart và các cộng sự, 1991) [45].

Hiện nay trong trồng rừng công nghiệp, khuynh hướng suy giảm năng suất rừng qua các chu kỳ kinh doanh đang là mối quan ngại của các doanh nghiệp và người trồng rừng không chỉ trong nước mà cả ở nhiều quốc gia trên thế giới, một trong những nguyên nhân quan trọng nhất là quản lý lập địa thiếu bền vững trong trồng rừng. Kết quả nghiên cứu của mạng lưới dự án do Trung tâm Nghiên cứu Lâm nghiệp Quốc tế (CIFOR) thực hiện trên 16 nước vùng Nhiệt đới và Á nhiệt đới đã chỉ ra rằng; việc quản lý hợp lý vật liệu hữu cơ sau khai thác, kiểm soát thảm thực bì và sử dụng phân bón phù hợp đã có tác dụng tích cực đến độ phì đất và năng suất rừng trồng qua các chu kỳ kinh doanh (Nambiar, 1996) [63].

Ở Việt Nam, việc nghiên cứu nâng cao năng suất rừng trồng và bảo vệ đất cũng đã được quan tâm từ sớm, nhưng các nghiên cứu chủ yếu ở khâu chọn giống và các nghiên cứu về kỹ thuật lâm sinh như: kỹ thuật xử lý thực bì, làm đất, mật độ trồng, bón phân, chăm sóc, tỉa thưa và nuôi dưỡng rừng trồng. Tuy nhiên, một nghiên cứu cơ bản, định lượng, có cơ sở khoa học để xác định nguyên nhân suy giảm năng suất rừng trồng từ khía cạnh lập địa thì còn rất tản mạn, nhất là nghiên cứu về sử dụng vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng để trả lại chất hữu cơ cho đất ở các chu kỳ sau còn khá mới mẻ và chưa được nghiên cứu sâu rộng, trong khi biện pháp canh tác truyền thống vẫn là phát, đốt, dọn thực bì và cày xới để trồng rừng.

Do vậy, luận án này tác giả đã thực hiện với tựa đề ***“Nghiên cứu ảnh hưởng của vật liệu hữu cơ để lại sau khai thác đến độ phì của đất và năng suất rừng trồng Keo lá tràm ở các chu kỳ sau tại Phú Bình, tỉnh Bình Dương”***. Kết quả nghiên cứu của luận án cũng là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ ***“Nghiên cứu các biện pháp kỹ thuật bảo vệ và nâng cao độ phì của đất nhằm nâng cao năng suất rừng trồng Bạch đàn, keo ở các luân kỳ sau”*** thực hiện từ năm 2008 - 2012 do TS. Phạm Thế Dũng làm chủ trì và tác giả là cộng tác viên chính thực hiện đề tài này. Ngoài ra, tác giả cũng kế thừa kết quả nghiên cứu trước đây ở chu kỳ 1 và 2 trong nghiên cứu của mạng lưới dự án CIFOR về ***“Quản lý lập địa và năng suất rừng trồng ở Việt Nam”***, dự án được thực hiện từ năm 2002 - 2007, để làm cơ sở đánh giá một cách toàn diện hơn về diễn biến độ phì của đất và năng suất rừng qua các chu kỳ kinh doanh.

2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

• Mục tiêu chung

Đánh giá được vai trò của việc để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác trong quản lý lập địa nhằm cải thiện độ phì của đất, duy trì và nâng cao năng suất rừng trồng Keo lá tràm bền vững ở các chu kỳ sau.

• Mục tiêu cụ thể

- Đánh giá được mức độ ảnh hưởng của vật liệu hữu cơ để lại sau khai thác đến độ phì của đất và lượng hóa được mối quan hệ giữ vật liệu hữu cơ để lại sau khai

thác đến sinh trưởng, năng suất, sinh khối và dinh dưỡng rừng trồng Keo lá tràm qua các chu kỳ kinh doanh.

- Xác định được các nguồn cung cấp, khả năng tích lũy và cân bằng dinh dưỡng thông qua để lại VLHCSKT làm cơ sở cho các đề xuất kỹ thuật quản lý lập địa trong rừng trồng Keo lá tràm.

3. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN CỦA LUẬN ÁN

- **Ý nghĩa khoa học**

- Luận án đã góp phần làm sáng tỏ cơ sở khoa học trong kinh doanh rừng trồng bền vững ở Việt Nam. Cụ thể là: (i) cơ sở khoa học của việc giữ lại VLHCSKT mà không đốt, dọn như kỹ thuật truyền thống, (ii) sử dụng phân Lân và liều lượng bón có giới hạn cho rừng trồng Keo, một loài cây có khả năng cố định đạm mà không dùng nhiều loại phân với liều lượng bón một cách cảm tính.
- Luận án đã đưa ra được mối quan hệ biện chứng giữa dinh dưỡng đất trồng với năng suất sinh học của thực vật là loài Keo lá tràm. Nghiên cứu đã góp phần làm rõ qui luật sinh trưởng, khả năng hấp thụ và sử dụng các chất dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm phục vụ cho việc đánh giá năng suất và sản lượng rừng tại vùng nghiên cứu.
- Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở khoa học trong việc xây dựng các biện pháp kỹ thuật lâm sinh về quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác đối với rừng trồng Keo lá tràm, phục vụ cho công tác trồng rừng và nuôi dưỡng rừng đạt hiệu quả cao không chỉ về mặt kinh tế mà còn về mặt phòng hộ, cải tạo môi sinh và môi trường trong điều kiện Việt Nam, đảm bảo bền vững về năng suất rừng và sức sản xuất của đất.

- **Ý nghĩa thực tiễn**

- Luận án đang góp phần làm thay đổi nhận thức của người trồng rừng, dần xóa bỏ tập quán canh tác truyền thống thiếu bền vững trong kinh doanh rừng trồng, đó là: lạm dụng cơ giới trong làm đất, đốt, phát dọn, lấy đi vật liệu hữu cơ sau khai thác trước khi trồng rừng, cày xới khi chăm sóc và phòng chống cháy rừng.
- Kết quả nghiên cứu trong luận án, giúp người trồng rừng có cơ sở dự đoán được

năng suất và sản lượng rừng trồng ở các chu kỳ kinh doanh khi áp dụng các kỹ thuật này trước khi đầu tư. Kết quả nghiên cứu của luận án có thể áp dụng cho các loài cây khác và trên các dạng lập địa trồng rừng khác nhau ở Việt Nam.

4. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

- Đã xác định được vai trò của quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác đến cải thiện dinh dưỡng đất, nâng cao năng suất rừng trồng và khả năng tự cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm qua các chu kỳ kinh doanh.
- Bước đầu nghiên cứu một số mắt xích quan trọng trong chu trình dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm, làm cơ sở cho việc quản lý và kinh doanh rừng trồng bền vững ở Việt Nam.

5. ĐỐI TƯỢNG VÀ ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU

- **Đối tượng nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu: Là đất dưới tán rừng và rừng trồng Keo lá tràm thuần loài được đánh giá qua 3 chu kỳ kinh doanh, cụ thể như sau:

+) Chu kỳ 1: Rừng trồng Keo lá tràm bằng cây con từ hạt, mật độ trồng 833 cây/ha, rừng trồng năm 1995 và khai thác năm 2002 (7 năm).

+) Chu kỳ 2: Rừng trồng thí nghiệm của dự án CIFOR loài cây Keo lá tràm trồng bằng cây con từ hạt với nguồn giống đã được tuyển chọn, mật độ trồng 1.667 cây/ha, rừng trồng năm 2002 và khai thác năm 2008 (6 năm).

+) Chu kỳ 3: Rừng trồng thí nghiệm của đề tài luận án, loài cây Keo lá tràm dòng AA1 và AA9 là giống tiến bộ kỹ thuật đã được công nhận, mật độ trồng 1.667 cây/ha, rừng trồng năm 2008 và theo dõi đến năm 2013 (5 năm)

Vật liệu hữu cơ sau khai thác: Trong nghiên cứu này là toàn bộ cành, nhánh cây rừng trồng có đường kính < 5 cm, cùng tất cả cây bụi, thảm tươi và vật rơi rụng dưới tán rừng sau khi chặt hạ được cắt ngắn có chiều dài từ 0,5 - 1m, rải đều trên toàn bộ diện tích trong các ô thí nghiệm, không đốt, không cày xới và việc chăm sóc rừng trong 3 năm đầu thông qua kiểm soát cỏ dại bằng thuốc diệt cỏ Round-up phun toàn diện với liều lượng 4 lít/ha.

- **Địa điểm nghiên cứu**

Nghiên cứu của luận án được thực hiện tại trạm Thực nghiệm Lâm nghiệp Phú Bình, thuộc Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ, nằm trên địa bàn xã Tam Lập, huyện Phú Giáo, tỉnh Bình Dương có vị trí tọa độ địa lý: $10^{\circ} 52' 12''$ đến $11^{\circ} 30'$ vĩ độ Bắc và $106^{\circ} 20'$ đến $107^{\circ} 06'$ kinh độ.

6. NHỮNG GIỚI HẠN CỦA LUẬN ÁN

Về động thái đất: Nghiên cứu này, tác giả chỉ đánh giá ở 2 tầng đất từ 0 - 10cm và từ 10 - 20cm là tầng đất dễ bị thay đổi bởi các tác động về môi trường và các biện pháp kỹ thuật lâm sinh tác động, mà chưa có điều kiện nghiên cứu ở các tầng đất sâu hơn.

Về địa điểm nghiên cứu: Vùng Đông Nam Bộ gồm 3 loại đất chính khá phù hợp cho trồng rừng Keo là đất phù sa (Fluvisols), đất xám (Acrisols) và đất nâu đỏ (Ferralsols). Trong luận án này, tác giả chỉ giới hạn nghiên cứu ở loại đất xám trên phù sa cổ tại trạm Thực nghiệm Lâm nghiệp Phú Bình, huyện Phú Giáo, tỉnh Bình Dương cho loài cây Keo lá tràm mà chưa có điều kiện nghiên cứu trên các nhóm đất khác ở nhiều vùng sinh thái khác nhau.

Về quản lý lập địa: Trong luận án này, tác giả tập trung vào nghiên cứu ảnh hưởng của việc để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng và bón lót phân Lân cho đất, mà chưa có điều kiện nghiên cứu về quản lý và kiểm soát các yếu tố ngoại cảnh khác cấu thành lập địa như: nhiệt độ, khí hậu, lượng mưa, tác động xã hội,...

Chu trình dinh dưỡng: Đề tài này, tác giả không xây dựng chu trình dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm mà chỉ đánh giá tác động của việc để lại VLHCSKT đến khả năng cung cấp dinh dưỡng và mức độ hấp thụ các chất dinh dưỡng chính như: N, P, K, Ca, Mg của rừng. Từ việc đánh giá cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm sẽ làm cơ sở đề xuất biện pháp quản lý lập địa phù hợp nhằm duy trì và nâng cao năng suất rừng qua các chu kỳ kinh doanh.

Đánh giá qua các chu kỳ kinh doanh: Do là nghiên cứu định vị được thực hiện qua 03 chu kỳ nên luận án cần có sự kế thừa kết quả nghiên cứu ở chu kỳ 1 và 2. Trong nghiên cứu này, ở các chu kỳ kinh doanh không có sự đồng nhất về nguồn

vật liệu giống, mật độ trồng, cũng như tuổi rừng khi so sánh, nên việc nghiên cứu VLHCSKT chỉ được xem xét giữa các công thức trong cùng một chu kỳ. Tuy nhiên, để có “bức tranh” về diễn biến năng suất rừng giữa các chu kỳ kinh doanh nhờ áp dụng tiến bộ kỹ thuật về chọn giống, kỹ thuật lâm sinh, việc so sánh năng suất rừng giữa các chu kỳ là cần thiết nhằm phát hiện mức độ ảnh hưởng khi giữ lại VLHCSKT ở những điều kiện kỹ thuật khác nhau, tác giả không có ý định so sánh thí nghiệm giữ lại VLHCSKT giữa các chu kỳ kinh doanh.

7. BỐ CỤC CỦA LUẬN ÁN

Luận án tổng cộng gồm 128 trang, có 34 bảng và 43 hình

Kết cấu của luận án gồm các phần chính sau:

- Phần mở đầu.
- Chương 1: Tổng quan vấn đề nghiên cứu.
- Chương 2: Nội dung và phương pháp nghiên cứu.
- Chương 3: Điều kiện tự nhiên – kinh tế xã hội khu vực nghiên cứu.
- Chương 4: Kết quả nghiên cứu và thảo luận.
- Kết luận, tồn tại và kiến nghị.

Tài liệu tham khảo: 89 tài liệu các loại. Trong đó, gồm 40 tài liệu tiếng việt 49 tài liệu tiếng anh.

Phân phụ lục gồm 22 trang với 35 bảng số liệu các loại.

Chương 1

TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1 MỘT SỐ KHÁI NIỆM CÓ LIÊN QUAN

Trong luận án đã sử dụng một số khái niệm hoặc thuật ngữ chuyên môn cần được làm rõ và giới hạn khi sử dụng trong quá trình nghiên cứu như sau:

1.1.1 Lập địa và quản lý lập địa

Lập địa: Theo thuật ngữ Lâm nghiệp (Bộ Lâm nghiệp, 1996) [40], được hiểu là nơi sống của một loài hay một tập hợp loài cây dưới ảnh hưởng của tất cả các yếu tố ngoại cảnh tác động lên chúng. Như vậy, lập địa không chỉ hiểu đơn thuần là yếu tố về đất đai (land) mà còn là gắn liền với các điều kiện ngoại cảnh như địa hình, địa mạo (landscape), khí hậu (nhiệt, ánh sáng, độ ẩm không khí, lượng mưa...). Theo Ngô Đình Quế, 2010 [23] thì “Lập địa” là một phạm vi lãnh thổ nhất định với tất cả những yếu tố ngoại cảnh ảnh hưởng tới sinh trưởng của cây cối. Lập địa hiểu theo nghĩa rộng bao gồm 4 thành phần là: khí hậu, địa hình, thổ nhưỡng và thể giới động thực vật.

Quản lý lập địa: được hiểu là toàn bộ những hoạt động của con người nhằm có được những dữ liệu tốt nhất về các yếu tố cấu thành lập địa (đất đai, thực vật, ngoại cảnh tự nhiên và các hoạt động xã hội khác...) làm căn cứ để sử dụng tài nguyên đất một cách tốt nhất. Theo Nambiar và Brown, 1997 [64] thì quản lý lập địa chính là quản lý độ phì đất, bao gồm tổng hợp các biện pháp kỹ thuật về xử lý thực bì trước khi trồng, quản lý vật liệu sau khai thác, quản lý tầng thảm tươi cây bụi và quản lý nguồn dinh dưỡng trong đất đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng của rừng, nhằm ổn định và cải thiện năng suất rừng trồng qua nhiều chu kỳ kinh doanh.

1.1.2 Vật liệu hữu cơ sau khai thác

Vật liệu hữu cơ sau khai thác: trong nghiên cứu này được hiểu là khi khai thác rừng chỉ lấy đi phần gỗ thương phẩm còn tất cả cành nhánh, ngọn cây có đường kính < 5cm, lá cây, vỏ cây, hoa, quả, ... sau khai thác rừng được để lại trên nền đất

rừng để chuẩn bị cho trồng rừng chu kỳ sau kể cả toàn bộ cây bụi, thảm tươi dưới tán rừng được phát dọn để trồng rừng cũng được gộp chung gọi là VLHCSKT.

1.1.3 Chu kỳ kinh doanh

Chu kỳ kinh doanh chính là khoảng thời gian từ khi bắt đầu trồng cây đến khi khai thác trắng hoặc là thời gian đủ cho thế hệ cây hoặc cấp đường kính kế cận đạt tới tiêu chuẩn khai thác, đây cũng chính là chu kỳ kinh doanh rừng (Thuật ngữ Lâm nghiệp - Bộ Lâm nghiệp năm 1996) [40]. Theo đó, nghiên cứu của luận án được thực hiện ở 3 chu kỳ rừng trồng Keo lá tràm tại khu thí nghiệm như sau:

- + Rừng trồng chu kỳ 1 (1995 - 2002) là rừng trồng sản xuất.
- + Rừng trồng chu kỳ 2 (2002 - 2008) là rừng thí nghiệm của dự án CIFOR
- + Rừng trồng chu kỳ 3 (2008 - 2013) là rừng đang nghiên cứu của đề tài luận án.

Trong luận án này tác giả tập trung nghiên cứu ở chu kỳ 3, thí nghiệm về quản lý VLHCSKT của rừng trồng Keo lá tràm và đánh giá, so sánh với 2 chu kỳ kinh doanh trước đó.

1.1.4 Chu trình dinh dưỡng của rừng trồng

Sự hiểu biết về chu trình dinh dưỡng (tốc độ di chuyển, sự gia tăng và mất mát; sự tương tác của thực vật - đất, sự phân bố sinh khối trên, dưới mặt đất và các bộ phận rễ cây) là nền tảng cho kỹ thuật quản lý rừng, đặc biệt là xác định tỷ lệ phân bón, thời gian và các biện pháp áp dụng. Theo Remezov (1959), có hai chu trình dinh dưỡng sinh thái rừng chủ yếu, đó là: chu trình Địa - Hóa học (geochemical cycle) và chu trình Sinh học (biological cycle). Chu trình thứ nhất liên quan đến sự bổ sung và làm mất đi dinh dưỡng từ hệ sinh thái thông qua quá trình như mưa khí quyển, bón phân, xói mòn, rửa trôi và bốc hơi. Chu trình thứ hai liên quan đến luân chuyển dinh dưỡng trong hệ thống cây - đất và cũng có thể là trung gian trong chu kỳ Hóa - Sinh - Địa (biogeochemical cycles). Chu trình hóa sinh (biochemical cycle) nghiêng về sự di chuyển dinh dưỡng trong tế bào và các bộ phận của cây cá thể. Thông thường, sự di chuyển dinh dưỡng từ các tế bào già đến các tế bào đang lớn, hình thành lên dạng chủ yếu của sự di chuyển dinh dưỡng nội tại. Chu trình

Hóa - Sinh - Địa (biogeochemical cycle) gồm vòng dinh dưỡng giữa đất và sinh khối (biomass), chủ yếu thông qua sự phân hủy, khoáng hóa và hút dinh dưỡng chứa trong thực vật.

Theo Armson (1967) [41] cho rằng, trong thành phần của tế bào sống có mặt hầu hết các nguyên tố hoá học quan trọng của sinh quyển. Hàm lượng của các nguyên tố hoá học chứa trong các tế bào sống sắp xếp theo trật tự từ cao xuống thấp như sau: C - H - O - N - P - Ca - Cl- Cu- Fe- Mg- K- Na- S- Al- B- Br- Cr- Co- F- Ga- I- Mn- Mo- Se- Si- Sn- Ti- V- Zn. Nồng độ của các nguyên tố trên trong các loài sinh vật thay đổi, phụ thuộc vào từng loại và đặc điểm môi trường sống của các cá thể. Nghiên cứu thành phần dinh dưỡng trong cây là cơ sở để nghiên cứu về dinh dưỡng và bón phân cho rừng trồng. Trong luận án tác giả cũng áp dụng quan điểm này trong nghiên cứu dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm qua các chu kỳ kinh doanh.

1.2 ĐẶC ĐIỂM CỦA CÂY KEO LÁ TRÀM

1.2.1 Phân loại thực vật loài Keo lá tràm

Keo lá tràm có tên khoa học là *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex. Benth, thuộc họ phụ Mimosoideae, họ Leguminosae, bộ Leguminosales đã được Cunningham (1878) nghiên cứu và đề cập trong bộ “Flora” của Benthams (Hoàng Văn Dường, 2000) [9]. Ở miền Nam Việt Nam quen gọi là tràm bông vàng vì lá cây này có hình dáng gần giống với lá cây tràm (*Melaleuca leucadendron*) thuộc họ sim (Myrtaceae) và có hoa vàng để phân biệt với cây tràm có hoa đỏ (Cao Thọ Ứng, 1985) [37].

1.2.2 Đặc điểm hình thái

Cây Keo lá tràm là loài cây gỗ nhỏ đến trung bình, lá thường xanh. Cây có dáng đẹp, thân cây thường thay đổi, khúc thân dưới cành thẳng sau đó cong về phía trên, thường cây cao từ 10 - 20m, ở điều kiện thuận lợi như vùng phân bố tự nhiên cây cao có khi đến 30m, đường kính có thể đạt 60 - 80cm.

Vỏ cây màu xám hoặc nâu, khi còn non có vỏ nhẵn, khi tuổi cao vỏ càng thô, vỏ dày khoảng 3 - 10mm, nứt dọc nhỏ, khi già vỏ bong thành mảng dễ rụng, thịt vỏ dày 7 - 9mm màu xám trắng.

Tán cây thường dày, rậm, rộng và có nhiều cành nhánh. Loài cây này có lá kép lông chim trong thời kỳ cây mạ, sau đó là lá đơn do cuống lá biến thành. Lá đơn mọc cách hình lưỡi giáo dài 20cm rộng 2 - 3cm, có 3 gân chính chạy song song theo chiều dài của lá, phiến lá dày cứng, màu xanh lục, nhẵn, bóng, mép lá nguyên, đầu lá nhọn.

Hoa tự hình bông mọc thành chùm dài, màu vàng tươi. Quả đậu hình dẹt, mỏng lúc còn non thẳng, khi già hình cong, cuộn lại theo kiểu xoắn ốc không đều, mép ngoài của quả gợn sóng như vành tai. Quả dài 5 - 6cm, rộng 1,5cm. Hạt nhỏ dẹt hình bầu dục nằm ngang trong vỏ quả, dài chừng 4 - 6mm, dày 1mm, rộng 3 - 4mm. Mỗi hạt được bọc bởi một sợi râu màu vàng da cam. Hạt khi chín màu nâu đen, hạt có vỏ dày, cứng, rốn ở phía đầu nhỏ. Mỗi kg hạt có khoảng 71.600 hạt (Doran và Turnbull, 1997) [47].

1.2.3 Đặc điểm sinh thái học

- Vùng phân bố:

Keo lá tràm có phân bố tự nhiên ở Australia, Papua New Guinea và Indonesia, chúng có khả năng thích nghi nhất trong số các loài cây trồng rừng ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới ẩm (Pinyopusarerk, 1990) [73].

Ngày nay, Keo lá tràm được trồng rộng rãi ở nhiều nước như Indonesia, Malaysia, Srilanka, India, Thailan, Philipine, China. Ở Việt Nam Keo lá tràm được gây trồng từ những năm 50 của thế kỷ trước (Cao Thọ Ứng, 1985; Midgley và cs., 1996) [37]. Keo lá tràm thích hợp ở nhiều vùng sinh thái trên cả nước nhưng ở vùng Tây Nguyên và Đông Nam Bộ có diện tích đất đai cũng như điều kiện khí hậu phù hợp hơn so với vùng Bắc Trung Bộ và năng suất rừng giao động từ 10 – 25m³/ha/năm (Ngô Đình Quế, 2010) [23].

- Điều kiện khí hậu

Keo lá tràm là loài cây ưa sáng mạnh, sinh trưởng nhanh ở những vùng có khí hậu nóng ẩm hoặc cận ẩm, nhiệt độ không khí nóng quanh năm, nhiệt độ trung bình năm trên 24°C , nhiệt độ trung bình tháng nóng nhất là $32 - 34^{\circ}\text{C}$ và tháng lạnh nhất là $17 - 22^{\circ}\text{C}$, lượng mưa hàng năm là $2.000 - 2.500\text{mm}$ và chỉ có 1 - 2 tháng mùa khô. Tuy nhiên, Keo lá tràm là cây có biên độ sinh thái rộng, có khả năng chịu hạn cao. Chúng sống được ở vùng khô hạn có lượng mưa trung bình mưa hàng năm thấp hơn 700 mm , có mùa khô kéo dài từ 4 - 6 tháng, hoặc vùng có mùa đông lạnh xuống tới 10°C . Nhưng ở những nơi đó Keo lá tràm sinh trưởng kém và cành nhánh nhiều (Cao Thọ Ứng, 1985) [37].

- Điều kiện đất đai

Keo lá tràm thuộc loài cây dễ thích nghi, sống được trên nhiều loại đất khác nhau từ đất cát ven biển đến đất sét, đất potzon, đất feralit, đất phát triển phiến thạch sét, phiến thạch mica, granit, đá vôi, bãi thải công nghiệp, đất chua phèn,... Biên độ có khả năng thích ứng của Keo lá tràm với pH từ 3 - 9,5, nhưng chúng sinh trưởng tốt trên đất còn giàu dinh dưỡng, tầng đất sâu, độ pH trung tính hoặc hơi chua (Turnbull, 1997) [85].

1.2.4 Đặc điểm lâm sinh học

- Quần thể tự nhiên

Keo lá tràm thường mọc thành đai hẹp và được tìm thấy ở những nơi đất thấp vùng nhiệt đới (Cao Thọ Ứng và Nguyễn Xuân Quát, 1986) [38].

- Quần thể nhân tạo

Keo lá tràm không những có thể trồng rừng hỗn giao với các loài cây Bạch đàn, phi lao, dầu rái, sao đen, ... mà còn trồng rừng thuần loài đều sinh trưởng tốt.

- Vật hậu

Cây Keo lá tràm thường ra hoa sau 2 - 3 tuổi, thời vụ ra hoa phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên ở nơi nó sinh sống. Tại nơi nguyên sản (Australia) cây ra hoa vào tháng 6 và tháng 7. Quả chín và hạt có thể thu hoạch từ tháng 8 đến tháng 10. Nhưng ở Thái Lan và Malaysia Keo lá tràm lại ra hoa quanh năm (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1992) [20].

Ở Việt Nam, Keo lá tràm ra hoa cũng khác nhau, chúng ra hoa 2 lần trong một năm tại khu vực miền Trung, vụ xuân ra hoa vào tháng 2 - 3, thu hái quả tháng 4 - 5, vụ xuân ra hoa tháng 8 - 9 thu hái quả tháng 11 - 12; khu vực Đông Nam Bộ cây ra hoa trong suốt mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, quả chín từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau (Cao Thọ Ứng và Nguyễn Xuân Quát, 1986) [38].

- Khả năng tái sinh

Keo lá tràm có khả năng tái sinh bằng hạt rất mạnh. Khi hạt chín rụng xuống đất trong trạng thái ngủ sinh lý, khi gặp điều kiện thuận lợi hạt có thể nảy mầm ngay và khi gặp điều kiện bất lợi hạt có thể nằm dưới đất hàng năm.

Kết quả điều tra tái sinh rừng trồng từ tuổi 6 đến tuổi 10 tại Lâm trường Trị An – Đồng Nai cho thấy tổng số hạt giống nằm dưới tán rừng khoảng 14.000 - 16.000 hạt/ha, trong khi đó lượng hạt còn sót lại nằm trong đất từ năm trước khoảng 4.000 - 12.500 hạt/ha và lượng cây con tái sinh đạt 11.500 đến 24.000 cây/ha. Rừng Keo lá tràm trồng bằng cây con, gieo hạt thẳng hay xúc tiến tái sinh đều có tỷ lệ sống cao, sinh trưởng tốt ở giai đoạn đầu (2 tuổi), nhưng sau 4 tuổi phương pháp gieo hạt thẳng và xúc tiến tái sinh cây sinh trưởng chậm lại (Trần Hậu Huệ, 1996) [14].

Keo lá tràm còn có khả năng tái sinh bằng chồi nhưng kết quả không cao. Những thí nghiệm kinh doanh rừng chồi tại Indonesia cho biết Keo lá tràm cũng có khả năng tái sinh bằng chồi nếu thân cây mẹ chặt chừa gốc cao ít nhất 50cm. Kết quả thí nghiệm trồng Keo lá tràm bằng thân cụt tại Đại Lải – Vĩnh Phúc năm 1980 cho thấy tỷ lệ sống chỉ đạt 40 - 50 % và chỉ sinh chồi mạnh vào tháng 3 và tháng 4 (Cao Thọ Ứng và Nguyễn Xuân Quát, 1986) [38].

- Đặc điểm sinh trưởng và năng suất

Keo lá tràm là loài cây sinh trưởng khá nhanh, tăng trưởng chiều cao những năm đầu có thể đạt 2 – 3 m mỗi năm. Ở Việt Nam, trên các lập địa thích hợp đạt chiều cao từ 15 - 18m và đường kính 15 - 20 cm ở tuổi 12. Tại Ba vì, sau một năm cây cao từ 2,2 - 2,5m với đường kính 2,7 - 3,3cm, sau hai năm có thể cao 5 - 6 m với đường kính 4,5 – 5,6cm. Tại huyện Bình Chánh, Thành phố Hồ Chí Minh Keo lá tràm có xuất xứ Coen River của Úc được trồng trên đất phèn lên líp, sau 20 năm

chiều cao đạt 18 - 20 m với đường kính 35 - 40cm. Ở Trảng Bom, tỉnh Đồng Nai cây Keo lá tràm trồng phân tán sau 30 năm cao 20 - 22m, với đường kính 40 - 60cm, cá biệt có cây đường kính đạt tới 80cm (Nguyễn Huy Sơn, 2003) [25]. Năng suất rừng trồng Keo lá tràm ở các tỉnh phía Bắc đạt từ 12 - 16 m³/ha/năm (Vũ Tiến Hinh, 1996) [12], ở vùng Đông Nam Bộ năng suất rừng trung bình đạt từ 18,6 - 20 m³/ha/năm và khi với nguồn vật liệu giống được cải thiện thì năng suất có thể đạt 25,2 m³/ha/năm (Phạm Thế Dũng, 2010) [5].

1.2.5 Giá trị sử dụng

Keo lá tràm là cây xanh quanh năm, tán lá dày, rễ có nốt sần cố định đạm, cây có thể sống được trên đất đai nghèo kiệt và vùng đồi, biên độ sinh thái rộng, nên được coi là cây trồng cải tạo đất, chống xói mòn và làm cây xanh đô thị.

Công dụng chính của Keo lá tràm là cung cấp sản phẩm gỗ, phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau như: dăm, giấy, đồ mộc gia dụng và trang trí nội thất, ... Gỗ Keo lá tràm có tỷ trọng cao (0,6 - 0,7), chứa 59% cellulose, 24% lignin, 19% pentosan, có nhiệt lượng lớn 4.800 - 4.900 kcal/kg cho nên thích hợp làm nguyên liệu bột giấy, làm đồ gia dụng và chất đốt. Vỏ cây chứa 13 % tanin, được sử dụng trong công nghiệp dệt, thuộc da. Ngoài ra lá cây còn được dùng làm phân xanh. Cây đứng được làm cây chủ để thả cánh kiến đỏ (Cao Thọ Ứng và Nguyễn Xuân Quát, 1986; Nguyễn Huy Sơn, 2003) [25+37].

1.3 TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI

1.3.1 Những nghiên cứu về quản lý lập địa và năng suất rừng trồng

Theo Nambiar và Brown (1997) [64], quản lý lập địa là tổng hợp các biện pháp kỹ thuật, bao gồm: Kỹ thuật khai thác rừng, làm đất, kỹ thuật trồng, chăm sóc rừng nhằm duy trì độ phì của đất và năng suất rừng trồng qua nhiều chu kỳ khai thác. Trồng rừng có thể đem lại những ảnh hưởng tích cực khi mà độ phì đất được cải thiện. Ngược lại, trồng rừng có thể có tác động xấu khi chúng làm mất cân bằng hay cạn kiệt nguồn dinh dưỡng trong đất. Nhìn chung, việc trồng rừng cải thiện các tính chất vật lý đất. Tuy nhiên, việc sử dụng cơ giới hoá trong xử lý thực bì, khai thác, trồng rừng là nguyên nhân dẫn đến sự suy giảm sức sản xuất của đất. Quản lý độ

phì đất là tổng hợp các biện pháp kỹ thuật về xử lý thực bì trước khi trồng, quản lý vật liệu sau khai thác, quản lý tầng thảm tươi cây bụi và quản lý nguồn dinh dưỡng trong đất đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng của rừng nhằm ổn định và cải thiện năng suất rừng trồng qua nhiều chu kỳ khai thác. Rủi ro đối với tính bền vững của việc trồng rừng tùy thuộc vào mức độ kết hợp của những biến số phụ thuộc lẫn nhau như: khả năng sinh thái của lập địa, cường độ của quản lý, tác động về mặt đất đai, nước và những giá trị môi trường khác, lợi ích kinh tế và những mục tiêu xã hội. Như vậy, tiềm năng sinh thái gắn trực tiếp với lập địa tác giả đã chỉ rõ như là: Những hạn chế vốn có của điều kiện lập địa; phản ứng của đất đối với những tác động của quản lý; tiềm năng di truyền của loài và tương tác của chúng với môi trường của lập địa.

Week J. (1970) [87] khi nghiên cứu về rừng mưa nhiệt đới ở Australia đã khẳng định sinh trưởng của thực vật phụ thuộc vào các yếu tố như: đá mẹ, độ ẩm của đất, thành phần cơ giới, CaCO_3 , hàm lượng mùn và đạm. Cũng theo tác giả, lượng tăng trưởng hàng năm ($R - \text{m}^3/\text{ha}/\text{năm}$) của rừng Tách (*Tectona grandis*) chịu ảnh hưởng của độ sâu tầng đất (P , cm) và độ no Bazơ (S , %) thông qua phương trình: $R = 1/3 (P \cdot S)$.

Trồng rừng công nghiệp đã được triển khai trong những năm 80 của thế kỷ trước ở các nước có nền Lâm nghiệp tiên tiến như: Thụy Điển, Mỹ, Úc, New Zealand, Pháp, Đức, Brazil... Nhờ đó, các nhà khoa học ở các nước này không ngừng nghiên cứu về các lĩnh vực như: giống, biện pháp kỹ thuật lâm sinh, điều chế rừng và đặc biệt là công tác quản lý lập địa nhằm duy trì năng suất rừng trồng ở các chu kỳ sau rất được quan tâm.

Sands (1983) [75] cũng cho rằng sự thay thế rừng Bạch đàn tự nhiên ở Úc bằng rừng trồng thông (*Pinus radiata*) với chu kỳ chặt 15 - 20 năm ($400 \text{ m}^3/\text{ha}$) cũng làm giảm độ phì đất do khai thác gỗ. Mặt khác tầng thảm mục dày và khó phân giải của thông cũng làm chậm sự quay vòng các nguyên tố khoáng và đạm ở các lập địa này. Trong điều kiện đất cát, khi mất lượng thảm mục che phủ thì dẫn tới giảm nước trong đất. Năng suất rừng trồng thông (*Pinus radiata*) được ổn định khi mà cành nhánh, lá cây sau khai thác được giữ lại tại hiện trường.

Nghiên cứu của Nambiar (1996) [62] cho thấy sự thoái hóa lập địa do khai thác rừng thông *Pinus radiata* với chu kỳ ngắn ở Úc. Theo tác giả, có tới 90% chất dinh dưỡng trong sinh khối bị lấy đi khỏi rừng khi khai thác. Tác giả cho rằng năng suất rừng giảm dần là do khi canh tác không chú ý nghiên cứu các biện pháp kỹ thuật phục hồi và nâng cao tiềm năng sức sản xuất của đất rừng.

Các loài cây mọc nhanh luôn được cho rằng có khả năng thích ứng tốt trên mọi điều kiện lập địa. Nghiên cứu của Christian Rarivoson, và cộng sự (2008) [44] cũng đưa ra kết luận tương tự khi tiến hành điều tra về sinh trưởng và khả năng thích ứng của 5 loài cây mọc nhanh gồm có *A. mangium*, *A. crassicarpa*, *E. camaldulensis*, *E. robusta* và *Corymbia citriodora* khi đem trồng trên đất cát và nghèo dinh dưỡng ở vùng Mandromondromotra – Madagasca. Kết quả cho thấy, tỷ lệ sống của các loài cây trên sau 3 năm trồng biến động từ 60 – 90% và chiều cao đạt từ 2 - 4,9m. Như vậy, các loài cây này có thể trồng được trên đất cát nghèo dinh dưỡng ở khu vực nghiên cứu. Mặc dù, loài *A. mangium* và *A. crassicarpa* có tỷ lệ sống thấp nhưng 2 loài này lại có sinh trưởng chiều cao lớn nhất (lần lượt là 4,9m và 4,6m). Mức độ sinh trưởng chiều cao trung bình của các loài keo là 2m/năm cho thấy khả năng thích nghi với điều kiện khí hậu ẩm và đất nghèo dinh dưỡng, khoáng chất, chất hữu cơ và đậm có pH thấp (pH từ 4 – 5). Nguyên nhân là do các loài keo này có khả năng cố định đạm trong không khí thông qua quá trình tuần hoàn dinh dưỡng từ tán lá và rễ có thể giúp cải tạo độ phì cho đất.

Goncalves và cs. (1997) [51] đã nghiên cứu các biện pháp quản lý lập địa cho rừng trồng Bạch đàn tại Sao Paulo, Brazil cho kết quả là sinh trưởng rừng trồng 15 tháng chu kỳ 2 đã tăng lên khi để lại cành nhánh sau khai thác, trong khi đó năng suất rừng Bạch đàn *Eucalyptus grandis* 6 tuổi tại Brazil đã giảm đi 36,5% do không để lại cành nhánh sau khai thác. Kết quả nghiên cứu này cũng cho thấy, trong công tác chuẩn bị đất trồng rừng, nếu đốt vật liệu hữu cơ sau khai thác (phần ngọn cây, cành nhánh, lá và phần vỏ của loài Bạch đàn *Eucalyptus grandis* 7 tuổi) thì sẽ mất một lượng lớn chất dinh dưỡng được qui đổi theo 1 ha là: 345 kg đạm, 11 kg lân, 79 kg kali và 129 kg canxi.

Nghiên cứu về quản lý lập địa đối với rừng trồng Keo tai tượng tại Indonesia, tác giả Hardiyanto và cs. (2004) [54] cho rằng: việc lấy đi cành nhánh sau khai thác đã ảnh hưởng tới nguồn dinh dưỡng trong đất là lân, kali và canxi và đã làm giảm năng suất rừng trồng.

Theo Paul và các cộng sự (2002) [71] cho rằng sự thay đổi thành phần Cacbon trong đất có mối quan hệ với sự thay đổi của thảm thực vật. Kết quả tổng hợp từ 43 nghiên cứu về thay đổi Cacbon trong đất sau khi trồng rừng, đã có kết luận rằng: nồng độ Cacbon trên đất bề mặt thường giảm trong 5 năm đầu tiên trước khi phục hồi trồng rừng ban đầu hoặc có thể cao hơn một chút. Về trồng rừng Keo tai tượng ở Thái Lan sau 42 tháng tuổi trên vùng đất cát bị thoái hóa cho thấy: tổng hàm lượng Cacbon trong lớp đất bề mặt dày 3cm giảm đáng kể, nguyên nhân do các rối loạn gây ra bởi việc chuẩn bị đất để trồng mới, tốc độ phân hủy thực vật tương đối chậm và kết cấu đất thấp của chất hữu cơ trong đất làm lượng Cacbon giảm. Ngoài ra, do không có lớp thảm thực vật bảo vệ nên trong một số năm đầu sau khi trồng mới đất dễ bị ảnh hưởng bởi mưa, gió làm xói mòn đất.

1.3.2 Những nghiên cứu về quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng

Từ những năm 1995 chương trình nghiên cứu sản lượng rừng trồng bền vững đã được Trung tâm Nghiên cứu Lâm nghiệp Quốc tế (CIFOR) khởi đầu với sự quan tâm của nhiều quốc gia. Mục tiêu chủ yếu của chương trình là nhằm vào thử nghiệm ảnh hưởng của quản lý lập địa đến năng suất rừng trồng và độ phì đất. Dự án đã triển khai nghiên cứu trên 16 lập địa khác nhau từ Ôxtrâyliya, Brazil, Công Gô, Trung Quốc, Ấn Độ, Nam Phi, Indonesia và Việt Nam, với 10 nơi trồng Bạch đàn, 4 nơi trồng keo và 2 nơi trồng thông. Kết quả của dự án đều có kết luận rằng: rừng trồng Nhiệt đới và Á nhiệt đới có thể tăng sản lượng rừng được nếu áp dụng quản lý lập địa một cách bền vững (Nambiar, 1997b) [65]. Tuy nhiên, tùy từng nơi mà giải pháp kỹ thuật nào trong số các giải pháp kỹ thuật của quản lý lập địa sẽ đóng vai trò chính cần phải được nghiên cứu.

Jean de dieu Nizila và các cộng sự (2002) [57] đã nghiên cứu ảnh hưởng của quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác đến chu trình dinh dưỡng và sinh trưởng của

rừng trồng Bạch đàn tại Công Gô. Nghiên cứu được thực hiện trên vùng đất cát và đất chua nghèo dinh dưỡng với 6 công thức thí nghiệm: (CT1) di chuyển là toàn bộ vật liệu hữu cơ dưới mặt đất, (CT2) toàn bộ cây có $D > 11\text{cm}$ sau khai thác được lấy ra khỏi rừng, (CT3) toàn bộ gỗ cả vỏ có $D > 2\text{cm}$ lấy ra khỏi rừng, (CT4) chỉ lấy gỗ đã bóc vỏ có $D > 2\text{cm}$ ra khỏi rừng, (CT5) công thức giống CT4 nhưng vật liệu để lại được đốt hết và (CT6) để lại gấp đôi lượng vật liệu hữu cơ sau khai thác giống như công thức 3. Sau 24 tháng nghiên cứu cho thấy ảnh hưởng của quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác và vật rơi rụng đến sinh trưởng rừng có sự khác biệt rõ rệt giữa 2 công thức thí nghiệm CT1 có MAI chỉ đạt $12,9\text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ trong khi đó công thức CT6 đạt năng suất $22,2\text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$. Tốc độ phân hủy vật liệu hữu cơ sau khai thác 8 tháng chỉ còn 36% ở công thức CT2 và còn 56% ở công thức CT4. Số liệu theo dõi Nitơ trong đất ở tầng từ 0 – 13cm ở thời điểm 7 tháng và 24 tháng ở các công thức lần lượt là 71,6 kg/ha (CT1); 66,7 kg/ha (CT4) và 85,7 kg/ha (CT6).

Goncalves J. L. M và cộng sự (2004) [52] nghiên cứu cho cây Bạch đàn tại Brazil cho thấy: sinh trưởng kém nhất sau 6,4 năm là công thức di chuyển hết toàn bộ VLHCSKT và cả vỏ cây ra khỏi rừng khi khai thác chu kỳ đầu. Năng suất giảm chỉ còn $40\text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ tương ứng 14,5% so với công thức để lại VLHCSKT, năng suất đạt $58\text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ và ảnh hưởng này còn thấy rất rõ ràng nơi thí nghiệm có độ phì đất thấp.

Nambiar và cộng sự (2006) [61] đã ghi nhận thấy, cường độ khai thác và sự chuẩn bị đất chu kỳ sau cho trồng rừng dẫn đến làm mất khả năng bảo vệ chất hữu cơ và dinh dưỡng hoặc gây lên sự di chuyển và rửa trôi các chất dinh dưỡng. Phương pháp khai thác và xử lý gỗ bằng thủ công hay máy dẫn đến làm xáo trộn tầng thảm mục và các vật liệu hữu cơ để lại. Nghiên cứu đã tập trung vào sự khai thác và vận chuyển VLHCSKT ra khỏi rừng qua các công thức khác nhau và đã cho kết quả rất rõ của hướng đi về quản lý lập địa thông qua kiểm soát cường độ và phương thức khai thác; bổ sung dinh dưỡng và quản lý thực vật cạnh tranh dưới tán rừng. Đây là cơ sở để duy trì được năng suất rừng trồng thông qua duy trì và cải thiện độ phì đất.

Delepote P và cộng sự (2008) [46] khi nghiên cứu về ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến tính chất đất và sinh trưởng rừng chu kỳ thứ hai của Bạch đàn tại Công Gô cho thấy: để lại VLHCSKT đến 23,2 tấn/ha so với 0 tấn/ha của công thức đối chứng. Hàm lượng chất khoáng của VLHCSKT để lại cũng khác nhau theo thời gian tùy theo dinh dưỡng: K và P giải phóng nhanh trong quá trình phân hủy, nhưng Ca chậm và N, Mg là trung bình. Tổng lượng dinh dưỡng phóng thích trong quá trình phân hủy thảm mục và VLHCSKT là: 329 kg N/ha; 41 kg P /ha; 99 kg K /ha, 73 kg Ca/ha và 52 kg Mg/ha sau 20 tháng khai thác rừng. Theo đó, sinh trưởng rừng cũng là cao nhất tại nơi có VLHCSKT để lại nhiều nhất và thấp nhất là đối chứng (chuyển hết VLHCSKT đi nơi khác). Nghiên cứu cũng cho thấy hầu hết dinh dưỡng trong VLHCSKT và thảm mục đã được khoáng hóa trong hai năm đầu sau khai thác.

DuToit B và cộng sự (2008) [48] đã nghiên cứu trên loài cây Bạch đàn *E. grandis* ở Nam Phi cho kết quả tương tự. D.S.Mendham và cộng sự (2008) [59], nghiên cứu cho *E. globulus* ở Tây Nam Ôxtrâyliá cũng cho thấy sản lượng rừng nơi để lại gấp đôi VLHCSKT trên cả hai lập địa đất đỏ và đất xám đều cao hơn so với công thức đối chứng khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

Fan Shaohui và cộng sự (2008) [49] khi nghiên cứu sinh trưởng rừng chu kỳ 2 của loài *Chinese Fir (Cunninghamia lanceolata)* cho thấy: 50% VLHCSKT để lại đã phân hủy chỉ trong 22 tháng, sau 97 tháng chỉ còn 5%. Lượng dinh dưỡng C, N ở tầng đất 0 - 10 và 10 - 20 cm đều tăng theo thời gian và mức độ giữ lại VLHCSKT ở các công thức với các mức độ khác nhau.

Siregar S. T. H và cộng sự (2008) [80] nghiên cứu cho loài keo *A. mangium* ở Indonesia cho sinh trưởng cây tại công thức để lại VLHCSKT và vỏ cây gỗ thương phẩm so với công thức di chuyển hết đi nơi khác chỉ để lại thảm tươi và lớp thảm mục. Kết quả sau 5 năm lần lượt có sinh trưởng Hvn là 26,1 và 24,4m, với chỉ tiêu $D_{1,3}$ là 18,8 và 17,4 cm và giữa chúng có sự khác biệt rõ rệt về mật thống kê. Lượng chất dinh dưỡng để lại từ VLHCSKT của hai công thức là: N là 949 và 515 kg/ha;

P là 21 và 9 kg/ha; K là 327 và 87 kg/ha; Ca là 382 và 207 kg/ha; Mg là 78 và 50 kg/ha.

Smith T. E và cộng sự (2008) [81] nghiên cứu về quản lý VLHCSKT cho loài Thông lai trên đất cát ở cận nhiệt đới Ôxtrâyliia cho thấy: duy trì VLHCSKT đã làm tăng trữ lượng rừng Thông lai lên 9 m³/ha sau 10,3 năm so với công thức đối chứng khi không giữ lại VLHCSKT. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng: VLHCSKT và thảm mục phân hủy rất nhanh trong vòng hơn 1 năm, lượng chất hữu cơ đóng vai trò quan trọng trong cung cấp và duy trì trao đổi Cation của đất, K và Zn trong lá tăng khi duy trì VLHCSKT so đối chứng sau 6,2 năm và có mối liên quan chặt chẽ giữa chất hữu cơ C với cation trao đổi K⁺ và Mg⁺², N tổng số và CEC.

Tại Trung Quốc, Xu D. P và cộng sự (2008) [88] đã nghiên cứu đối với Bạch đàn *E. urophylla* ở Quảng Đông - Trung Quốc cho thấy: nơi để lại gập đôi VLHCSKT có sinh trưởng chiều cao sau 90 tháng của cây là 11,4m so với đối chứng (lấy hết VLHCSKT) là 10,6 m. Chỉ số tương tự với đường kính là 9,2 cm so với 8,6 cm. Các chỉ số về dinh dưỡng được tích lũy và bổ sung cho đất của các công thức để lại VLHCSKT cũng cao hơn so đối chứng.

1.3.3 Những nghiên cứu về dinh dưỡng và chu trình dinh dưỡng rừng trồng

Nghiên cứu của Goncalves et al. (1997) [51] tỷ lệ hàng năm của phân hủy lượng rơi ở tuổi 7 - 8 của rừng Bạch đàn *E. grandis* là 7,8 tấn/ha (60% từ lá và 40% từ cành cây). Sự phân hủy lớn nhất được tìm thấy vào mùa Xuân và Đông và thấp nhất vào mùa Thu đã cho thấy sự phân hủy là theo mùa. Hàng năm có 42 kgN/ha; 2,3 kgP/ha; 20 kgK/ha và 47 kg Ca/ha đã được phân hủy. Con số này tương đương với 10% của N, 6% P, 10% K và 17% Ca chứa trong cây. Nghiên cứu khác của tác giả xác định rằng, tổng thảm mục tích lũy trên đất phân rã từ 16 – 24 tấn/ha chỉ trong sáu tháng sau khi khai thác trắng và tỷ lệ phân hủy là 55% /năm. Kết quả nghiên cứu cho thấy: *E. grandis* 7 tuổi, có tới 30% tổng số N, 18% P, 14% K, 43% Ca và 31% Mg của rừng (sinh khối trên mặt đất và rễ) được tìm thấy trong thảm mục.

Nzila J. D và cộng sự (2002) [57] nghiên cứu cho Bạch đàn ở Công Gô cho thấy: sau 1 năm trồng, ở công thức lấy hết VLHCSKT đi nơi khác cho sinh khối cây

trên mặt đất là thấp nhất 5,6 tấn/ha so với 7,2 tấn/ha là số trung bình của các công thức còn lại. Theo đó, hàm lượng dinh dưỡng trong cây cũng thấp nhất, N cao nhất nơi khai thác lấy gỗ thương phẩm và đốt VLHCSKT, còn P, K, Ca cao nhất nơi để lại gấp đôi lượng VLHCSKT. Ngoài ra, còn cho thấy lượng vật rụng cũng tăng theo chiều thuận với mức độ để lại VLHCSKT của các công thức. Năng suất (MAI) giảm 35% ở nơi sau khai thác lấy hết VLHCSKT và thảm mục so với khai thác chỉ lấy thân cây.

Tiarks A, Nambiar, Ranger J và Toma T (2004) [84] trong báo cáo “Độ phì đất của rừng trồng nhiệt đới: Đánh giá và hiệu quả của quản lý lập địa” sau khi đã tổng kết nhiều kết quả nghiên cứu thực hiện ở nhiều nơi trên thế giới trong mạng lưới nghiên cứu của CIFOR, đã tổng kết như sau:

- i) Trên 16 lập địa khác nhau, có 6 lập địa chưa cho thấy để lại VLHCSKT làm tăng chất hữu cơ, 1 lập địa cho giảm đi còn lại 9 lập địa cho thấy để lại VLHCSKT đã làm tăng đáng kể chất hữu cơ trong đất.
- ii) Chất hữu cơ có ảnh hưởng rất lớn đến tăng sản lượng rừng thông qua ảnh hưởng đến tính chất vật lý như khả năng giữ nước, trữ nước và chứa những dinh dưỡng quan trọng. Sự phân hủy chất hữu cơ là nguồn dinh dưỡng yêu cầu chủ yếu của cây. Trường hợp dinh dưỡng bị rửa trôi thì chất hữu cơ phân giải chậm là nguồn dinh dưỡng chủ yếu cho cây.

N là dinh dưỡng đứng đầu tiên nhận được từ chất hữu cơ. Chất hữu cơ (C) và Đạm (N) có mối quan hệ chặt chẽ thể hiện qua tỉ lệ C/N và C/N phụ thuộc vào bất cứ sự thay đổi của C, N hoặc cả hai dưới tác động của hoạt động quản lý lập địa.

Theo IPEF (2004) [56] cho rằng, dinh dưỡng của hệ sinh thái rừng được phân bổ bởi 4 thành phần cơ bản: i) thành phần hữu cơ tạo thành bởi các cơ quan sống và chết; ii) thành phần dinh dưỡng dễ tiêu (trong dung dịch đất hoặc hút bám vào bề mặt keo đất; iii) phần khoáng ban đầu (dinh dưỡng không dễ tiêu); iv) phần khí quyển tạo lên bởi khí ga và những phân tử khác qua tích tụ. Có thể sơ bộ tổng hợp các yếu tố ảnh hưởng đến chu trình này như sau:

+ *Khí hậu và địa chất*: là khía cạnh quan trọng nhất trong bất kỳ sự xem xét về chu trình dinh dưỡng của rừng tự nhiên. Hình thức và tốc độ của chu trình dinh dưỡng liên quan chặt chẽ với điều kiện khí hậu và vật hậu học. Do đó, tổng vật liệu hữu cơ phân hủy của rừng trong 1 năm liên quan đến điều kiện khí hậu, phân hủy ít vào mùa lạnh và mạnh vào mùa nóng ẩm. Ví dụ: rừng ở nơi băng giá hoặc núi cao có khoảng 1 tấn vật rụng/ha hàng năm, thì rừng nơi nhiệt độ lạnh 3,5 tấn/ha, vùng nóng là 5,5 tấn/ha và vùng xích đạo là 11 tấn/ha. Ngoài ra, còn có mối liên quan giữa lượng rơi hàng năm phân hủy với tuổi cây, sự gia tăng lượng rơi phân hủy khi rừng lớn tuổi và khép tán. Khi nghiên cứu trên các loại rừng khác nhau trên thế giới về sản lượng vật rụng đã có kết luận rằng thành phần trung bình của lượng rơi gồm: 60 - 80% từ lá, 12 - 15% từ cành, 1 - 1,5% từ trái và 1 - 15% từ vỏ cây.

+ *Tác động môi trường*: Yếu tố môi trường cũng kích thích tác động đến chu trình dinh dưỡng. Thoái hóa rừng làm hàng loạt các biến đổi tiểu khí hậu, tác động đến sự cố định, rửa trôi, bốc hơi của N, nhìn chung dẫn đến đất và thoái hóa thực vật.

+ *Thâm canh nông nghiệp*, các hoạt động truyền thống ở Brazil cũng có thể kích hoạt sự căng thẳng đến diện tích tự nhiên còn lại. Ở Việt Nam và các nước nhiệt đới Đông Nam Á, việc đốt thực bì truyền thống trong dọn đất để trồng rừng hoặc “đốt trước” trong phòng chống cháy vào mùa khô hay trồng xen khoai mì để lấy ra khỏi đất một lượng lớn sinh khối củ...đều là những hoạt động ảnh hưởng rất lớn đến chu trình dinh dưỡng Đất - Cây. Ngoài ra, san ủi thực bì và cày đất toàn diện nơi đất có độ dốc để trồng rừng là những ảnh hưởng tiêu cực đến khả năng duy trì dinh dưỡng trong đất.

+ *Ảnh hưởng của cây cố định N*: Theo Nambiar (1997) [65], ước tính dựa trên một thực nghiệm cho thấy cố định N trong rừng nhiệt đới rất khá: 80 kg/ha/năm cho rừng Phi lao và 100 - 150 kg/ha/năm cho những cây họ đậu. Những cây cố định N lấy lượng dinh dưỡng từ đất nhiều hơn so với cây không cố định đạm. Tốc độ phân hủy thâm mục của những cây cố định đạm cũng cao hơn phân hủy thâm mục của

cây không cố định đạm. Phân hủy thảm mục nhanh là vì hàm lượng dinh dưỡng cao và thấp của hợp chất Cacbon chống lại sự phân rã.

+ *Sự phân hủy của thảm mục*: Quá trình mục nát của thảm mục cũng khác nhau tùy theo loài cây, loại rừng. Người ta đã đưa ra hệ số phân rã (K) từ 0,3 - 5,3 đối với các rừng nhiệt đới tự nhiên và 0,11 - 2,0 ở rừng trồng nhiệt đới và rừng ôn đới thì chậm hơn rừng nhiệt đới. Ở Ôxtrâylia hệ số K khoảng từ 0,19 - 0,68, ở rừng gỗ cứng miền Bắc nước Mỹ hệ số này là 0,47.

+ *Sự hô hấp của thảm mục - đất*: Sự hô hấp của đất đặc trưng bởi tất cả hoạt động trao đổi chất của đất mà trong đó CO₂ được hình thành, và nó được đề nghị như là một chỉ số đánh giá phản ứng của hệ sinh thái với khí quyển. Ba nguồn CO₂ tạo ra từ đất là vi khuẩn, hệ động vật và sự hô hấp của rễ cây. Một số yếu tố gồm nhiệt độ, ẩm độ, độ sâu của đất, oxy đất và quần thể vi khuẩn sẽ quyết định tỷ lệ khí CO₂ thải ra từ bề mặt đất. Trong rừng, sự hô hấp của vi khuẩn được chi phối bởi đất và nấm của thảm mục, nấm góp phần đến 44% và vi khuẩn là 5,5 % của sự hô hấp này.

+ *Động thái dinh dưỡng trong quá trình phân hủy*: Ba pha nối tiếp xuất hiện trong suốt quá trình khoáng hóa dinh dưỡng từ sự phân hủy các vật liệu hữu cơ để lại: i) pha đầu khi rửa trôi và dinh dưỡng được phóng thích chiếm ưu thế; ii) pha huy động khi dinh dưỡng được tích vào vật liệu hữu cơ để lại bởi vi khuẩn; iii) pha phóng thích khi mà lượng dinh dưỡng giảm đi. Trong mỗi pha, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sẽ tác động đến Chu trình dinh dưỡng Đất - Cây.

+ *Ảnh hưởng của thảm mục đến đất*: Nhìn tổng quát các số liệu trên phạm vi toàn cầu thì tổng lượng Cacbon trung bình trong đất rừng tăng từ rừng nhiệt đới, ôn đới đến bắc cực. Trung bình khoảng 1% của Cacbon trong phần diện đất được tích trong thảm mục ở bề mặt đất của rừng nhiệt đới so với 13% ở rừng Bắc cực. Ở phạm vi địa phương thì cây tác động đến tính chất lý, hóa tính của đất và sự phân bố không gian của chúng. Các yếu tố của độ phì đất như pH, dung trọng, hàm lượng chất hữu cơ, đạm tổng số, Cation trao đổi và khả năng trao đổi đều ảnh hưởng bởi phân bố Cacbon của cây.

+ *Ảnh hưởng của đốt vật liệu hữu cơ để lại*: Do bể dinh dưỡng lớn nằm trong vật liệu hữu cơ để lại, việc dùng kỹ thuật tối thiểu (không đốt vật liệu hữu cơ) có mối liên quan thuận với duy trì bể dinh dưỡng, đặc biệt ở nơi có độ phì đất thấp, có tích lũy thảm mục lớn (Goncalves, 1997) [51]. Việc đốt chất hữu cơ phân hủy trên đất gắn liền với sự mất một lượng lớn dinh dưỡng qua bốc hơi và dòng chảy gây lên bởi sự di chuyển khối không khí nóng - lạnh. Mất dinh dưỡng thông qua việc đốt còn đồng nghĩa việc tăng khí Mêtan và tiêu hóa của các vi dưỡng đất.

+ *Mối tương tác của sự tích lũy, phân hủy và quá trình khoáng hóa*: Đến nay, thảo luận để minh họa các quá trình độc lập như là sự gia nhập của thảm mục, phân hủy và tích lũy, sự hình thành chất hữu cơ và quá trình khoáng hóa chất dinh dưỡng từ vật liệu hữu cơ để lại đang chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như khí hậu, mức sinh trưởng, loài cây, độ phì lập địa và hoạt động quản lý rừng. Sự thống nhất của các quá trình này và sự giải thích tác động qua lại của chúng với những yếu tố trên là rất khó khăn. Các tác giả cho rằng: tìm kiếm mô hình đưa ra một phương pháp cho việc thống nhất những hiểu biết căn bản của quá trình và cho việc dự đoán ảnh hưởng của của các yếu tố quan trọng này đến sản phẩm bền vững lâu dài của rừng trồng là điều các nhà khoa học đang mong muốn, và đã có một số mô hình theo hướng này (ví dụ, mô hình hóa phân hủy và tích lũy thảm mục của Olson, 1963: $X_t = X_0 e^{-kt}$, trong đó X_0 và X_t là thể hiện lượng vật liệu để lại phân hủy lúc đầu và sau thời gian t và k là hệ số phân hủy).

Simpson J. A (2004) [79] khi nghiên cứu về chuẩn đoán tình trạng dinh dưỡng rừng *A. mangium* cho rằng: phân tích lá là công cụ hữu dụng để đánh giá tình trạng dinh dưỡng của rừng trồng keo; nghiên cứu trong nhà kính về hàm lượng dinh dưỡng trong lá cho biết biểu hiện triệu chứng của N, P, K; sự thiếu hụt lân là nghiêm trọng ở Kalimantan và Trung Quốc, nhưng bón 50 kg lân/ha khi trồng đã giúp giảm bớt sự căng thẳng thiếu lân ở các nước này. Đây là hoạt động phổ biến có tính thực tiễn ở các nước bón lân trong trồng rừng; thiếu hụt kali là vấn đề nghiêm trọng ở các rừng trồng được lấy mẫu ở Việt Nam, Kalimantan và Trung Quốc; đối

với Mg và B và Ca, Mg, Zn, Mn, Cu, tác giả cho rằng không thực sự thiếu hụt trong đất trồng rừng nói chung.

Theo Xuifang et al., 2006 [89] cho rằng Lân (P) và Kali (K) là các chất dinh dưỡng chính cần thiết cho sự phát triển và tăng trưởng sinh học. Tuy nhiên, nồng độ P và K hòa tan trong đất thường rất thấp, tỷ lệ lớn nhất của P và K trong đất là những loại đá không hòa tan khoáng chất và loại đá trầm tích khác. Mặc dù vậy, các nguồn tích trữ lớn nhất của P và K là trong đất, trong điều kiện thích hợp chúng có thể hòa tan và trở thành dạng dễ sử dụng cho cây trồng. Nghiên cứu cho thấy, vi sinh vật giữ vai trò quan trọng trong sự chuyển hóa lân và kali khó tan thành dạng dễ tan trong đất với mật độ đáng kể vi khuẩn hòa tan lân và kali trong đất và trong vùng rễ cây trồng. Có nhiều loại khác nhau như những loài thuộc chi *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Rhizobium* và *Flavobacterium* đã được thử nghiệm khả năng hòa tan hợp chất lân vô cơ và đá chứa lân.

Goncaves et al. (2008) [50] nghiên cứu chu trình dinh dưỡng cho Bạch đàn (*E.grandis*) cho thấy rằng: trung bình lá cây vận chuyển đến các cơ quan khác trong cây trước khi khai thác là khoảng 61% của N, 79% P, 50% K và 8% Mg; tương đương với 50kg/ha/năm đối với N; 6 kg với P; 15 kg với K; và chỉ có 1 kg với Mg và sử dụng 4,6 tấn/ha/năm bằng phân hủy vật rụng. Còn đối với cành cây khai thác, một lượng nhỏ dinh dưỡng đã được chuyển: 23% N, 67% P và 8% K, tương đương 4 kg/ha/ năm với N; 2 kg với P và 1kg với K và dùng 3,2 tấn/ha/năm qua phân hủy. Tổng dinh dưỡng cả hai chu trình Hóa - Sinh - Địa (phân hủy lá và cành) và chu trình Hóa - Sinh (luân chuyển dinh dưỡng trước khi phân hủy) có tổng là: 96 kgN/ha/năm; 10 kgP; 36 kgK; 47kgCa và 15 kgMg. Tổng số này là cao hơn so với những dinh dưỡng cùng loại ở trong cây. Như vậy, ở rừng *E.grandis* trưởng thành, phần lớn nhu cầu dinh dưỡng hàng năm đến từ chu trình dinh dưỡng, chúng tỏ sự phụ thuộc ít vào độ phì đất trong suốt giai đoạn từ 7 - 8 năm.

Hardiyanto E. B và cộng sự (2008) [53] khi nghiên cứu về lượng rơi của rừng *A. mangium* tại Sumatra Indonesia đã cho rằng, lượng rơi trung bình/2 năm của rừng có tuổi từ 2 - 5 năm là 10,6 tấn/ha và lượng dinh dưỡng để lại từ lượng rơi là: 143

kg N/ha, P 2,3 kg/ha, K 22,6 kg/ha, Ca 83,2 kg/ha và Mg là 17,4 kg/ha. Lượng dinh dưỡng này rất có ý nghĩa bổ sung cùng với dinh dưỡng từ VLHCSKT cho đất rừng.

Khi nghiên cứu về thảm mục dưới tán rừng, các nhà nghiên cứu cho thấy có sự khác nhau về lượng thảm mục giữa các rừng trồng nhiệt đới, nó phản chiếu ảnh hưởng rõ rệt của đặc tính loài cây, tuổi rừng, mức sinh trưởng, điều kiện khí hậu và độ phì đất. Nhìn chung, các loài Bạch đàn, Thông và Phi lao tích lũy thảm mục nhiều hơn các loài rừng trồng khác: Phi lao (Ấn độ, Senegan) trung bình 40,8 tấn/ha (từ tuổi 6 - 34); Thông (Nigeria, Indonesia, Mỹ) 14,5 tấn/ha từ tuổi 7 - 31; Bạch đàn (Ấn độ, Côngô, Úc) 8,2 tấn/ha tuổi 2 - 27; và Keo (Ấn độ, Malaysia, Công ô) 7,7 tấn/ha, tuổi 4 - 11. Theo nghiên cứu của A.M.O Connell và K.V.Sankaran (1997) [69], dinh dưỡng tích lũy từ tầng thảm mục rừng trồng nhiệt đới của các loài keo từ 4 - 8 tuổi tại Ấn Độ có lượng tích lũy dinh dưỡng trung bình là 96,8 kgN/ha; 5,7 kgP/ha; 14,1 kgK/ha; 31,6 kgCa/ha và 5,9 kgMg/ha thấp hơn so với các loài Tràm ở cùng độ tuổi.

1.3.4 Những nghiên cứu về sinh trưởng và sinh khối rừng

Nghiên cứu sinh trưởng cây rừng đã được đề cập từ thế kỷ XVIII. Về lĩnh vực này phải kể tới Danckelmann, Draudt, Hartig, Weise. Nhìn chung những nghiên cứu về sinh trưởng của cây rừng và lâm phần, hầu như được xây dựng thành các mô hình toán học chặt chẽ và được công bố trong các công trình của Meyer và Stevenson (1943), Schumacher và Coile (1960). Hàm sinh trưởng là mô hình sinh trưởng đơn giản nhất được sử dụng để mô tả quá trình sinh trưởng của cây cũng như lâm phần. Cho đến nay, số lượng hàm sinh trưởng được các tác giả đưa ra rất phong phú và một số hàm sinh trưởng được sử dụng rộng rãi như:

+ Hàm Gompertz: $y = a * \text{EXP} (-1/b * \text{EXP} (-c*x))$. Đây là một trong số các hàm sinh trưởng lâu đời nhất được sử dụng để mô tả quy luật sinh trưởng của loài sinh vật nói chung với cây rừng nói riêng. Hàm Gompertz được sử dụng để quy luật hóa quá trình phát triển về thể tích (V) của cây rừng đặc biệt từ giai đoạn trưởng thành, ở giai đoạn rừng non, hàm Gompertz thường cho các trị số về thể tích (V) thấp hơn thực tế

+ Hàm Schumacher: $y = a_0 * d^{a1} * h^{a2}$

+ Hàm Koff : $y = a * e^{(-b*t-c)}$

Trong các hàm sinh trưởng trên, có thể coi hàm sinh trưởng của Gompertz là hàm cơ sở ban đầu cho việc phát triển tiếp theo các hàm sinh trưởng khác. Qua các kết quả nghiên cứu, các nhà khoa học đã đưa ra rất nhiều dạng phương trình toán học khác nhau để mô tả một cách chính xác các qui luật sinh trưởng của mỗi loài cây rừng khác nhau ở từng vùng sinh thái, các dạng lập địa khác nhau trên toàn cầu. Nhìn chung các hàm sinh trưởng đều có dạng phức tạp của cây rừng hay lâm phần, dưới sự chi phối tổng hợp của các nhân tố nội tại và ngoại cảnh. Tuy nhiên, đây là nền tảng cơ bản cho các nghiên cứu tiếp theo phục vụ công tác điều tra nuôi dưỡng rừng (dẫn theo Giang Văn Thắng, 2003) [28].

Trong báo cáo của Liên hiệp các tổ chức Nghiên cứu Lâm nghiệp (IUFRO, 1984) tại hội thảo triển khai cho châu Á, cây Keo lá tràm là một trong những loài cây chủ yếu được giới thiệu để thâm canh ở các vùng đất thấp của khu vực nhiệt đới ẩm. Theo đó, tác giả Pinyopusarerk (1990) [73] cho rằng, những nghiên cứu hiện nay đối với Keo lá tràm ở các nước hướng tới là:

- + Nghiên cứu sinh trưởng và khảo nghiệm loài;
- + Chương trình cải thiện tính trạng dạng thân cong của cây;
- + Điều tra biến động di truyền của quần thể tự nhiên;
- + Nghiên cứu nhân giống cây lai giữa Keo lá tràm và Keo tai tượng;
- + Tiềm năng sử dụng của Keo lá tràm trong các hệ thống nông lâm;
- + Nghiên cứu về phẩm chất gỗ để tăng khả năng sử dụng.

Nghiên cứu của Prasad (1987) [71] về các loài keo và một số loài cây khác trên đất laterit hóa ở nhiều nơi khác nhau tại Ấn Độ cho thấy ,sinh trưởng của Keo lá tràm sau 10 năm chỉ đạt chiều cao 8,3m và có đường kính 7,1cm. Sankaran và cs (1993) [73] nghiên cứu về lượng rơi và sự phân hủy thực vật của loài Keo lá tràm cho thấy sau 4 năm tuổi lượng vật rụng đạt 10,1 tấn/ha/năm.

Ở Thái Lan, Bunyavechwin và Visetsiri (1990) [43] đã đưa ra kết quả nghiên cứu về sinh trưởng và sinh khối phần trên mặt đất ở các khoảng cách trồng khác

nhau đều cho sinh trưởng nhanh và cho sinh khối lớn hơn loài *Peltophorum pterocarpum*. Loài Keo lá trà có chiều cao lớn nhất ở cự ly trồng 1 x 2m và đạt đường kính ở cự ly trồng 1 x 1m. Sinh khối cao nhất ở cự ly 1 x 1m gấp 2 - 3 lần ở cự ly trồng 2 x 2m và 1 x 2m.

Theo Brewbaker (1986) [42] khi tổng kết tình hình sinh trưởng của Keo lá trà ở Indonesia cho thấy trong những điều kiện thuận lợi về khí hậu (lượng mưa bình quân > 2.000 mm) đất đai tốt thì Keo lá trà sinh trưởng mạnh ở tuổi 10 đến 12 cao từ 15 - 18m, đường kính 15 - 20cm và năng suất có thể đạt được 20 - 25 m³/ha/năm. Tuy vậy trên những vùng đất bạc màu bị xói mòn mạnh thì năng suất chỉ đạt 8 - 10 m³/ha/năm và ở những nơi có lượng mưa thấp, mùa khô kéo dài trồng không bón phân thì năng suất chỉ còn 2 - 4 m³/ha/năm. Điều này giống với năng suất rừng Keo lá trà trồng quảng canh ở nước ta hiện nay.

Sastroamidjojo (1990) [78] đã nghiên cứu về đặc điểm sinh trưởng, tầm quan trọng về mặt lâm sinh và kinh tế của loài cây Keo lá trà tại Indonesia cho thấy, sau 10 năm tuổi rừng tăng trưởng bình quân về trữ lượng trung bình đạt khoảng 16,8 m³/ha/năm thấp hơn nhiều so với sinh trưởng của rừng trồng Keo tại tượng.

Theo Turnbull (1992) [85] thì những nghiên cứu chuyên sâu đối với các loài keo được phân thành 3 nhóm chính: sinh vật học và sinh thái học; nguồn gen và cải thiện giống; kỹ thuật lâm sinh và sử dụng.

Nghiên cứu của Liang (1992) [58] so sánh khả năng sinh trưởng của 5 loài keo ở 4 địa điểm tại Sabah, Malaysia cho thấy sinh trưởng của Keo lá trà chỉ sau Keo lười liềm và Keo tai tượng nhưng lớn nhanh hơn loài Keo trắng và Keo đen. Sau 4 năm tuổi, Keo lá trà có đường kính là 11,6 cm và chiều cao là 10,2 m.

Nghiên cứu của Peng et al, 2005 [72] cho thấy Keo lá trà có tốc độ tăng trưởng thấp hơn so với Keo tai tượng. Tuy nhiên, nó cũng đã được trồng rộng rãi trên các khu vực đất bị suy thoái với mục đích phục hồi rừng. Keo lá trà cung cấp độ che phủ tốt hơn so với các loài bản địa trên đất cát bị suy thoái. Ở miền Nam Trung Quốc, Keo lá trà tăng trưởng tốt và là cây lý tưởng để phục hồi thảm thực vật trong vùng cận nhiệt đới thấp đã bị suy thoái, nó cải thiện điều kiện tiểu sinh cảnh

và độ phì của đất trong những khu vực bị suy thoái. Ngoài ra, rừng trồng Keo lá tràm còn tạo điều kiện sinh cảnh thích hợp cho các loài cây bản địa tái sinh.

1.3.5 Những nghiên cứu về sinh vật đất

Trong nghiên cứu của Norisada và các cộng sự năm 2005 cho thấy: Nguyên liệu dinh dưỡng hữu cơ đầu vào trong đất thông qua lượng vật rụng của rừng trồng Keo tai tượng trên lập địa đất cát thoái hóa ở vùng Malay ở Peninsula có thể làm tăng cường hoạt động của động vật đất và vi sinh vật của đất, điều này có thể tạo ra nguồn dinh dưỡng thúc đẩy cho cây trồng sinh trưởng và phát triển tốt ở giai đoạn tiếp theo (Norisada et al., 2005) [68].

Kết quả nghiên cứu của Schiavo et al., 2009 [77] về hệ vi sinh vật trong đất ở rừng trồng Keo tai tượng, Bạch đàn và đồng cỏ đã cho thấy: Số lượng vi sinh vật (vi khuẩn, nấm và solubilizers phosphate) trong mùa hè ở rừng trồng Keo tai tượng 3 tuổi cao hơn rất nhiều so với rừng trồng Bạch đàn 3 tuổi, 5 tuổi và trên đất trống cỏ. Điều này có thể là do Keo tai tượng rễ có nốt sần là cây có khả năng cố định đạm nên ngay khi ở giai đoạn cây con đã xuất hiện các nấm và vi khuẩn cộng sinh. Trong suốt mùa hè, rừng trồng Keo tai tượng có độ che phủ lớn từ sinh khối của lớp vật rụng, khả năng giữ ẩm tốt hơn, nhiệt độ không quá cao và đất được che phủ nên là điều kiện tốt để thúc đẩy sự tăng trưởng của vi khuẩn và nấm. Một sự khác biệt đáng kể giữa các vi sinh vật (tổng số vi khuẩn, nấm và tổng solubilizers phosphate) và hàm lượng hữu cơ trong đất qua quan sát đã chỉ ra rằng biến động về tổng số vi sinh vật là do hàm lượng và thành phần chất hữu cơ.

1.4 TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU Ở VIỆT NAM

1.4.1 Những nghiên cứu về quản lý lập địa và năng suất rừng trồng

Nhận thức được việc trồng rừng công nghiệp với các loài cây mọc nhanh sẽ bị giảm năng suất sau nhiều chu kỳ khai thác nếu như không có các biện pháp quản lý lập địa hợp lý. Ở Việt Nam, đã có một số nghiên cứu các biện pháp quản lý lập địa nhằm tăng năng suất rừng trồng ở Việt Nam, tuy nhiên số lượng nghiên cứu còn rất hạn chế.

Hoàng Xuân Tý và cs. (1985) [34] đã nghiên cứu trồng xen cây họ đậu vào rừng trồng Bồ đề, Bạch đàn và Keo lá tràm nhằm tăng năng suất và chất lượng rừng. Các yếu tố thổ nhưỡng quyết định sản lượng rừng là: thành phần cơ giới, độ sâu tầng đất, hàm lượng mùn và và đạm, cấu trúc của tầng đất mặt và tính chất lý tính của đất. So sánh nhiều kết quả nghiên cứu khác, tác giả cũng cho rằng Bồ đề không trực tiếp làm tiêu hao độ phì nhiêu đất mà chủ yếu bởi kỹ thuật trồng như việc đốt trên diện tích lớn đã làm giảm khả năng trữ và duy trì nước của đất, tăng xói mòn đất và tiêu hủy nhiều vi sinh vật, chất hữu cơ tích lũy trong đất bị tiêu hủy, đặc biệt trong điều kiện nắng, mưa của vùng nhiệt đới.

Trong nghiên cứu của Hoàng Xuân Tý (1988) [35] về điều kiện trồng rừng Bồ Đề làm nguyên liệu giấy sợi và ảnh hưởng của rừng trồng Bồ đề trồng thuần loài đến độ phì đất tại Hoàng Liên Sơn, Vĩnh Phú và Hà Tuyên cho thấy: Rừng trồng Bồ Đề có làm thoái hóa đất hay không tùy thuộc vào 3 yếu tố cơ bản là (i) tính chất đất và trạng thái thực bì ban đầu; (ii) trồng thuần loài hay hỗn loài và phương pháp tác động; (iii) chu kỳ kinh doanh ngắn hay dài. Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sự thoái hóa độ phì đất chủ yếu không phải do cây Bồ Đề đã tiêu thụ quá nhiều chất dinh dưỡng. Nguyên nhân chính là do quá trình phát đốt đất đã bị phơi trống và cấu trúc thưa của rừng Bồ Đề thuần loài đã không bảo vệ được nguồn dinh dưỡng và các thuộc tính vật lý của đất. Các yếu tố chủ đạo như: mùn, N, độ xốp, chế độ ẩm, ... bị suy giảm nhiều nhất, đặc biệt là trong những năm đầu.

Ngô Đình Quế (1985) [21] đã nghiên cứu về ảnh hưởng của rừng Thông ba lá đến tính chất đất ở Lâm Đồng cho thấy, sau 8 - 10 năm trồng rừng Thông ba lá, tính chất hóa học của đất bước đầu có sự thay đổi không nhiều, khả năng tích lũy mùn của đất thấp, độ chua thủy phân tăng, hàm lượng mùn tăng. Tuy nhiên tính chất lý học của đất được cải thiện rõ rệt, cụ thể độ xốp tầng đất mặt 0 - 20cm tăng từ 2 - 4%, độ ẩm tăng từ 1 - 3% so với đất trống.

Từ năm 2002 - 2007, Phân viện Nghiên cứu Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ đã hợp tác với Trung tâm Nghiên cứu Lâm nghiệp Quốc tế (CIFOR) thực hiện dự án: “Quản lý lập địa và năng suất rừng trồng cây Keo lá tràm tại các tỉnh phía Nam,

Việt Nam”. Kết quả của dự án cho thấy: việc quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác đã góp phần nâng cao năng suất rừng trồng Keo lá tràm từ 18,6 m³/ha/năm ở chu kỳ 1 lên 25,2 m³/ha/năm ở chu kỳ 2 và góp phần cải thiện tính chất lý hóa tính của của đất (Phạm Thế Dũng và cs., 2010) [5].

Xử lý thực bì cũng là một trong các biện pháp quản lý lập địa. Đối với trồng rừng ở Việt Nam việc xử lý thực bì trước khi trồng theo phương pháp truyền thống thường là phát trắng và đốt. Sau khi trồng, rừng được chăm sóc bằng cách phát dọn thực bì trong 3 năm đầu hoặc sử dụng cày chăm sóc. Việc sử dụng chất diệt cỏ để khống chế thảm tươi cây bụi cũng mới được áp dụng trong những năm gần đây. Tuy nhiên, ở một số địa phương việc áp dụng cũng chưa được sự đồng thuận cao bởi lo ngại các vấn đề về môi trường. Trong nghiên cứu của Phạm Thế Dũng và cộng tác (2005) [4] về kỹ thuật thâm canh rừng trồng Keo lai tại tỉnh Bình Phước cho thấy: dùng thuốc diệt cỏ phối hợp với cày lấp cỏ cho gia tăng 9,7 % trữ lượng so với không phun thuốc không cày đất và nếu chăm sóc 3 lần/năm trong 2 năm đầu sẽ tăng 3,5% trữ lượng so với chỉ chăm sóc 2 lần/năm. Cũng nghiên cứu về vấn đề này, Vũ Đình Hưởng (2007) [15] cho rằng sử dụng thuốc diệt cỏ để kiểm soát cỏ dại có ảnh hưởng rõ rệt tới sinh trưởng của Keo lá tràm tại Bình Phước. Tuy nhiên, không có sự khác biệt rõ rệt giữa phun thuốc theo băng trên hàng rộng 1,5m và phun toàn diện. Do đó, phun thuốc diệt cỏ theo băng sẽ giảm chi phí hơn và duy trì đa dạng sinh học ở dưới tán rừng tốt hơn so với phun thuốc toàn diện.

Theo Ngô Đình Quế và các cộng sự (2010) [23] trong phân hạng đất trồng rừng sản xuất một số loài cây chủ yếu ở các vùng trọng điểm đã giúp cho việc quản lý, sử dụng đất có hiệu quả và bền vững hơn. Tác giả cho rằng, tăng trưởng của rừng trồng Keo lá tràm phụ thuộc vào điều kiện lập địa và chất đất. Keo lá tràm vùng Đông Nam Bộ sinh trưởng tốt khi trồng trên các loại đất xám và nâu vàng trên đá Bazan có địa hình phẳng, độ dày tầng đất > 100cm có năng suất đạt trên 20 m³/ha/năm. Rừng sinh trưởng khá chủ yếu trên loại đất phát triển trên đá phiến thạch sét và phù sa cổ, độ dốc <10⁰, độ dày tầng đất trung bình từ 60 - 100cm cho năng suất từng đạt 15 - 20 m³/ha/năm. Rừng Keo lá tràm sinh trưởng trung bình có phân bố chủ yếu

trên đất vàng nâu trên phù sa cổ và đất feralit đỏ vàng trên phiến thạch sét, độ dốc > 15° và độ dày tầng đất mỏng từ 30 - 50cm cho năng suất rừng đạt từ 10 - 15 m³/ha/năm.

1.4.2 Những nghiên cứu về quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng

Dẫu rằng, việc nghiên cứu riêng biệt về ảnh hưởng của để lại VLHCSKT rừng ở Việt Nam chưa được thực hiện ngoài dự án CIFOR như đề cập trên, nhưng các nghiên cứu có liên quan đến VLHCSKT rừng cũng đã được quan tâm trong một số nghiên cứu của một số tác giả sau:

Phạm Thế Dũng (2005) [4] nghiên cứu trồng Keo lai (*Acacia hybrid*) ở Bình Phước, khi đốt thực bì và áp dụng cơ giới trong làm đất trồng rừng cũng cho thấy sinh trưởng không tốt bằng làm đất thủ công, mà nguyên nhân có thể là cày đất toàn diện đã dẫn đến sự xói mòn, rửa trôi làm suy giảm sức sản xuất của đất nơi có độ dốc.

Vũ Đình Hường và cộng tác viên (2007) [86] nghiên cứu cho rừng Keo lá tràm ở Bình Dương trong mạng lưới dự án quản lý lập địa (CIFOR) cho thấy: sau 4 năm, trữ lượng rừng tăng từ 7 - 10% tỷ lệ thuận với mức độ để lại VLHCSKT. Ngoài ra, đã làm tăng hàm lượng N và chất hữu cơ trên tầng đất mặt. Đặc biệt, khi kiểm soát thực vật cạnh tranh bằng sử dụng thuốc diệt cỏ đã cải thiện sinh trưởng tới 52% so với không làm cỏ. Việc bổ sung phân lân cũng góp phần làm tăng khoảng 8% về sinh trưởng đường kính thân cây. Đây cũng là nghiên cứu đầu tiên ở Việt Nam về việc để lại VLHCSKT cho chu kỳ sau, đã có được những số liệu cơ bản về sinh trưởng rừng và diễn biến độ phì đất. Trên thực tế, nhiều nơi không dùng VLHCSKT để lại rừng nhưng không được đo đếm, tính toán ngay cả việc đốt thực bì khi trồng rừng cũng chưa có công trình nào tính toán mất bao nhiêu dinh dưỡng từ việc đốt và ảnh hưởng thế nào đến động thái của đất.

Do vậy, việc nghiên cứu tiếp tục cho chu kỳ 3 đối với loài cây Keo lá tràm tại Phú Bình, tỉnh Bình Dương của luận án này sẽ góp phần khẳng định và làm sáng tỏ hơn phương pháp quản lý lập địa nhằm cải thiện độ phì đất và nâng cao năng suất rừng trồng bền vững ở Việt Nam.

1.4.3 Những nghiên cứu về dinh dưỡng và chu trình dinh dưỡng rừng trồng

Đất là kho dự trữ nguồn dinh dưỡng để cung cấp cho cây. Việc sử dụng nguồn dinh dưỡng này một cách có hiệu quả, bền vững, nghĩa là vừa sử dụng vừa duy trì, bổ sung và cải thiện nguồn dinh dưỡng trong đất là nhiệm vụ rất quan trọng của người trồng cây. Trong đất, dinh dưỡng có từ các nguồn: dự trữ vô cơ (chất khoáng từ đá mẹ, phân hóa học); dự trữ hữu cơ (mùn, phân chuồng) và dự trữ sinh học (thực vật, động vật, giun, vi sinh vật, vi khuẩn...). Người trồng rừng cần có hiểu biết về các nguồn dinh dưỡng có khả năng cung cấp này làm cơ sở cho các giải pháp lâm sinh nhằm bổ sung dinh dưỡng tùy theo điều kiện canh tác cụ thể.

+ Đối với đạm: việc giữ ẩm và giữ mùn là điều kiện tiên quyết để đạm hữu cơ có khả năng thủy phân và đạm khoáng có thể được bộ rễ trao đổi và hấp thu. Tốc độ phân giải hữu cơ nhanh và giải phóng NH_4^+ cao hơn vào mùa nóng là cơ sở của các khuyến nghị bón đạm vào mùa lạnh và ưu tiên dùng phân chuồng, phân rác ủ, phân xanh vào mùa nóng.

+ Đối với Lân: việc bón lân vào đất luôn luôn chuyển hóa từ dạng dễ tan sang dạng bị hấp phụ (bề mặt và nội tại), và cuối cùng bị cô kết lại, không còn trao đổi được với môi trường nước hoặc dịch rễ cây. Quá trình này rất nhanh và tốc độ chuyển hóa các nhóm photphat nhanh chóng hơn nhiều so với tốc độ cây hút được. Do đó, để bảo đảm nhu cầu lân cho cây thì nồng độ lân dễ tiêu phải có đủ trong dung dịch đất. Để luôn luôn có được cân bằng trao đổi liên tục lân dễ tiêu đối với đất chua, cần phải bón các dạng lân kiềm tính, phối hợp với sử dụng vôi, phân chuồng và phân hữu cơ khác. Như vậy, để duy trì cân bằng Lân dễ tiêu thì không chỉ đơn giản là bón Lân mà cần tạo ra môi trường thích hợp để rễ cây dễ hấp phụ.

+ Đối với kali, khả năng cây hấp phụ kali tốt và cũng dễ dàng trao đổi qua dung dịch đất. Nguồn Kali sinh học có ý nghĩa lớn trong việc bù đắp sự thiếu hụt Kali trong đất qua sử dụng vật liệu hữu cơ để phủ đất.

Tùy theo đặc điểm tự nhiên của đất và loài cây trồng, từ lâu con người luôn tìm cách bổ sung thêm nguồn dinh dưỡng cho đất để cung cấp cho cây trồng thông qua bón phân. Tuy nhiên, bón phân như thế nào cho hiệu quả, còn tùy thuộc hàng

loạt câu hỏi như: bón phân gì, liều lượng bao nhiêu, khi nào bón và cách bón ra sao...đây là vấn đề khó đối với cây dài ngày như cây rừng và cần phải có thời gian nghiên cứu.

Từ những năm 1990, phân bón bắt đầu được sử dụng trong các chương trình trồng rừng tại Việt Nam. Do điều kiện khí hậu, đặc điểm đất đai khác nhau giữa các vùng và tùy vào loài cây trồng mà phân bón được dùng rất đa dạng với liều lượng và loại phân khác nhau. Tuy nhiên, được sử dụng khá phổ biến là các loại phân NPK, đạm, lân, vôi bột, phân chuồng và phân lân hữu cơ vi sinh.

Hoàng Xuân Tý và cộng sự (1996) [36], nghiên cứu ở vùng Đông Nam Bộ cho thấy, chỉ nên bón lót cho Bạch đàn và Keo với lượng phân: 100g NPK (25:50:25) trộn với 160g than bùn /hố. Sau 2,5 tuổi, bón thúc 74g đạm Ure + 125g supe Lân/cây là tốt nhất và tác giả cũng ghi nhận rằng bón lót hỗn hợp 100g gồm 25g đạm Ure (N), 50g lân (P), 25g phân Kali (K) và 100g phân lân hữu cơ vi sinh cho sinh trưởng tốt nhất đối với Keo lai tại tỉnh Bình Phước.

Nguyễn Huy Sơn (2003) [25] đã kết luận rằng, tùy theo loại đất nhưng bón lót từ 100 - 150g NPK/hố hoặc 200 - 300g phân hữu cơ vi sinh sông Gianh/hố hoặc hỗn hợp 50g NPK + 100 -150g phân hữu cơ vi sinh/hố là phù hợp cho rừng trồng Keo. Nơi đất chua pH < 4,5 có thể bón thêm vôi bột hoặc phân lân nung chảy.

Nguyễn Đức Minh (2004) [19] khi nghiên cứu bón thúc với Keo lai tại Vĩnh Phúc gồm 5 công thức thí nghiệm là: (i) bón thúc 23g N, 6,98g P và 24,98g K; (ii) bón thúc 6,98g P; (iii) bón thúc 13,97g P; (iv) bón thúc 10g N, 8,73g P, và 4,98g K; và (v) không bón phân, cho thấy sau 3 năm, chiều cao và đường kính của rừng trong các thí nghiệm bón phân tốt hơn rõ rệt so với công thức không bón phân.

Phạm Thế Dũng và cs. (2005) [4] tiến hành so sánh sinh trưởng của Keo lai trồng trên đất phù sa cổ tại Bình Phước được bón lót các loại phân khác nhau cho các dòng Keo lai TB03, TB05, TB06 và TB12 cho thấy: chiều cao và trữ lượng lâm phần của các dòng Keo lai đều ảnh hưởng bởi phân bón lót. Đối với thí nghiệm bón thúc cho các dòng Keo lai TB05 và TB12 không gây ảnh hưởng rõ rệt đến sinh trưởng đường kính và chiều cao. Tuy nhiên, tỷ lệ sống và tỷ lệ cây đa thân ở các

công thức bón phân cho kết quả tốt hơn. Ngoài ra, với Keo lá tràm sinh trưởng tốt nhất được xác định tại công thức bón hỗn hợp 150g NPK (24g N, 10,48g P và 9,96g K) và 300g phân hữu cơ vi sinh.

Về việc bón lót phân trong trồng rừng, trong báo cáo của dự án CARD VIE: 032/05 về phát triển bền vững và hiệu quả kinh tế cho rừng trồng keo tại Việt Nam. Tác giả Đặng Thịnh Triều (2007) [31] cho rằng, hầu hết các thử nghiệm bón lót phân trong trồng rừng ở Việt Nam đều sử dụng NPK đã góp phần làm tăng tỷ lệ sống của cây và tăng sinh trưởng của rừng trồng. Một ví dụ điển hình trong nghiên cứu của Nguyễn Huy Sơn (2006) [26], bón 200g NPK/cây tương đương 28gN, 8gP và 10gK đã cho kết quả tăng 27% trữ lượng rừng so với không bón (với MAI = 36,7 m³/ha/năm so với 28,8 m³/ha/năm ở công thức không bón) sau 6 năm tuổi của trồng rừng Keo lai

Phạm Thế Dũng, và cs. (2012) [6] đã nghiên cứu bón phân cho rừng trồng Keo lai ở Bình Phước cho thấy: bón phân 3 lần, mỗi lần 100g NPK cho trữ lượng rừng tăng 7,5 % so không bón hoặc bón 3 lần mỗi lần 0,5 kg phân hữu cơ vi sinh Sông Gianh + NPK 100g/cây cho trữ lượng vượt so không bón 3,6%. Nghiên cứu trồng rừng cung cấp gỗ xẻ của loài Keo lai tại Bình Phước (2012) cho thấy chưa phát hiện ảnh hưởng của bón lót 50kg P/ha và 50kg P + phân vi lượng đến sinh trưởng cây sau 18 tháng trồng. Đối với Keo lá tràm, sinh trưởng tốt nhất được xác định tại công thức bón lót hỗn hợp 150g phân NPK (tương ứng 24g N, 10,48g P và 9,96g K) và 300g phân lân hữu cơ vi sinh.

Nguyễn Huy Sơn, Hoàng Minh Tâm (2012) [27] khi nghiên cứu rừng trồng Keo lá tràm ở Quảng Trị cho thấy: bón NPK phối hợp với phân hữu cơ vi sinh Sông Gianh ở các liều lượng khác nhau khi trồng và bón thúc lặp lại vào năm thứ hai cho thấy: chưa phát hiện sự ảnh hưởng của phân bón đến sinh trưởng 9,5 tuổi, ngoại trừ năm thứ hai có sự sai khác về đường kính. Sự khác biệt giữa các công thức chủ yếu là do mật độ cây còn lại sau 9,5 năm theo chiều hướng mật độ càng thưa, sinh trưởng cây đặc biệt là đường kính có xu thế cao hơn mật độ dày.

Đặng Văn Thuyết (2012) [29] trong nghiên cứu chuyển hóa rừng trồng Keo kinh doanh gỗ lớn cho thấy: khi bón NPK 150g + 150g phân hữu cơ vi sinh/cây cho năng suất 10,7 m³/ha/năm so với không bón chỉ 9,7 m³/ha/năm ở mật độ 400 cây/ha; tương tự là các chỉ số 12,9 m³/ha/năm so với 9,0 m³/ha/năm ở mật độ 500 cây/ha; 15,1 m³/ha/năm so với 12,4 m³/ha/năm ở mật độ 600 cây/ha và 16,1 m³/ha/năm so với 13,3 m³/ha/năm ở mật độ 800 cây/ha. Trên thực tế, kỹ thuật bón phân còn có một số tồn tại như: i) Việc xác định loại phân bón thường là “cảm tính” mà chưa làm rõ sự thiếu hụt dinh dưỡng trong đất là nguyên tố nào so với nhu cầu của cây qua phân tích hàm lượng dinh dưỡng. Do đó, sử dụng phân thường ít hiệu quả, đôi khi lại có tác dụng ngược; ii) thường sử dụng phân NPK là một loại phân hóa học tổng hợp, sản xuất công nghiệp sẽ không tốt với môi trường so với các loại phân hữu cơ; iii) còn có rất ít các nghiên cứu về cơ sở khoa học để xác định loại phân và liều lượng bón phân cho trồng rừng của hai loài Keo và Bạch đàn.

Những hiểu biết cơ bản về thành phần tham gia trong chu trình dinh dưỡng: Theo Hội Khoa học đất Việt Nam, (2000 [13] thì trong cây có khoảng 93 nguyên tố hóa học, trong đó 13 nguyên tố quan trọng gồm đa lượng NPK và trung lượng Ca, Mg, S chiếm 2 - 30g/kg chất khô; 7 nguyên tố vi lượng như Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl chiếm 0,3 - 50 mg/kg chất khô. Trong số các nguyên tố dinh dưỡng cần cho cây thì: nhóm đa, trung lượng mà cây có thể hấp thụ được là: N ở dạng NH₄⁺, NO₃⁻, P ở dạng ion HPO₄⁻², dạng K⁺ được cây hấp thụ ở dạng dễ tiêu, Ca ở dạng ion Ca⁺² cũng là ion được cây hấp thụ mạnh ở đất trung tính kiềm; Mg ở dạng ion Mg⁺², S ở dạng ion SO₄⁻² và SO₃⁻², nhưng SO₄⁻² hấp thụ được nhiều hơn. Nhóm vi lượng trong dạng ion Fe⁺², Fe⁺³, Mn⁺², Mn⁺⁴, Zn⁺², Cu⁺ và Cu⁺² cây hấp thụ được dưới dạng cation hóa trị hoặc hợp chất, dạng ion Mo được hấp thụ dưới dạng MO₄⁻², các phi kim B, Cl cây hấp thụ dưới dạng H₂BO⁻² và Cl⁻ để tăng khả năng chống nấm bệnh, Mo và Co chủ yếu cần cho cây họ đậu để tăng khả năng cố định đạm.

+ Chất hữu cơ (C): là chỉ tiêu quan trọng của độ phì đất, nó có liên quan với thành phần hóa học đất. Hợp chất mùn đất giàu các nhóm chức năng CH₂ và CH₃, độ bão hòa kiềm thấp và dễ dàng tham gia liên kết với kim loại (Al⁺³, Fe⁺³) để vô hiệu hóa

chúng và giúp ngăn ngừa sự cố định lân. Tương quan C/N tổng số trong đất cho phép sử dụng chất hữu cơ như một chỉ số tốt để đánh giá khả năng cung cấp N của đất. Nghiên cứu còn cho thấy có liên quan chặt chẽ giữa C với độ ẩm ($r = 0,77$), với N ($r = 0,85$), với P dễ tiêu ($r = 0,57$), với K trao đổi ($f = 0,52$), với dung tích hấp thu ($r = 0,62$) và với tỉ lệ kim loại kiềm của CEC ($r = 0,68$). Do vậy, sử dụng trực tiếp chất hữu cơ làm phân bón là hết sức thuyết phục.

+ Dung tích hấp thu (CEC): là dung lượng cation trao đổi, là dung lượng hấp thu cation của phức hệ keo đất. Lượng và chất của CEC là một chỉ tiêu quan trọng của đất phản ánh khả năng chứa đựng và điều hòa dinh dưỡng có liên quan đến phương pháp bón phân. Đất giàu chất hữu cơ thì có CEC cao và cũng là đất có khả năng bảo quản cao chất dinh dưỡng cây trồng.

+ Đạm (N): là nguyên tố quyết định năng suất cây trồng. N trong đất phụ thuộc vào hàm lượng chất hữu cơ trong đất.

+ Lân (P_2O_5): P là nguyên tử đánh dấu trong nghiên cứu đất, phân và cây trồng. P là chỉ số về độ phì nhiêu của đất.

+ Kali (K_2O): là nguyên tố quan trọng thứ ba đối với cây trồng sau N và P.

Đỗ Đình Sâm (1985) [24] nghiên cứu về sự thay đổi độ phì đất khi khai thác chọn, khai thác trắng có giới hạn tại Kon Hà Nừng và Nghệ An đã chỉ ra rằng: trong suốt quá trình làm giàu rừng bằng khai thác theo băng chặt và chừa lại, che phủ đất giai đoạn ban đầu là rất quan trọng, do đó không cắt và di chuyển tất cả thảm tươi và cây tái sinh đi nơi khác vì nó không ảnh hưởng đến sinh trưởng cây chính.

Ngô Đình Quế, 2004) [22] cho rằng, bón phân cho cây rừng là một trong những biện pháp kỹ thuật thâm canh quan trọng nhằm làm ổn định, tăng năng suất rừng trồng. Thực tế cho thấy, bón phân nhằm bổ sung dinh dưỡng cho đất và hỗ trợ cho cây trồng sinh trưởng nhanh chóng trong giai đoạn đầu, làm tăng sức đề kháng của cây đối với các điều kiện bất lợi của môi trường. Ở các nước có nền Lâm nghiệp phát triển cao đều áp dụng bón phân cho rừng trồng và đạt được chỉ số sử dụng phân bón cao, từ 40 - 50% đối với phân đạm và khoảng 30% đối với phân lân

Ngô Đình Quế và cộng sự (2010) [23] khi nghiên cứu về rừng thông tác giả cho thấy: lượng rơi rụng của rừng từ 6 - 26 tuổi là 3 - 14,2 tấn/ha. Rừng Thông 6 tuổi trở lên đã có nhiều tác động tích cực đến môi trường. Trong cuốn phân hạng đất trồng rừng sản xuất một số loài cây chủ yếu ở các vùng trọng điểm, nhóm tác giả đã xây dựng các tiêu chí phân chia và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến sự xác định rừng phòng hộ thoái hóa. Theo đó, các yếu tố này đều liên quan đến các chu trình dinh dưỡng của rừng như: độ tàn che, tổ thành, tầng tán, thảm tươi, thảm mục; về hoàn cảnh tự nhiên là địa hình, độ dày tầng đất, thành phần cơ giới, lượng mưa; tác động của con người và phương thức quản lý,...

Võ Đại Hải (2011) [10], đã nghiên cứu về khả năng hấp thụ Cacbon của rừng Keo cho thấy: Tỷ lệ Cacbon (C) trung bình của 4 cấp đất được tích lũy hàng năm từ giai đoạn tuổi 1 - 7 (Keo lai) của các thành phần như sau: Tầng cây gỗ 21,73 tấn /ha (27,51%); cây bụi thảm tươi 1 tấn/ha (1,54%); Vật rơi rụng 2,17 tấn /ha (3,18%); đất rừng 44,02 tấn/ha (67,74%). Tương tự với Keo lá tràm tuổi 1 - 12 thì tầng cây gỗ là 21,44 tấn/ha (35,16%); cây bụi thảm tươi 3,19 tấn/ha (6,41%); vật rơi rụng 1,17 tấn/ha (2,44%); đất rừng 26,11 tấn/ha (55,99%).

Nhìn chung, nghiên cứu về chu trình dinh dưỡng của rừng trồng tại Việt Nam gần như chưa có một nghiên cứu chính thống, hoàn chỉnh mà phần lớn là những nghiên cứu tản mạn về đất, cây rừng, kỹ thuật trồng, bón phân, lâm nông kết hợp và gần đây có một số nghiên cứu về sinh khối rừng theo hướng xác định khả năng tích lũy Cacbon trước biến đổi khí hậu mà không đi vào nghiên cứu về chu trình dinh dưỡng. Nghiên cứu về chu trình dinh dưỡng của rừng trồng rất tỉ mỉ và tốn kém, nên trong luận án này cũng chỉ dừng ở mức nghiên cứu về khả năng cung cấp, nhu cầu sử dụng và cân đối dinh dưỡng cho rừng trồng Keo lá tràm ở tỉnh Bình Dương. Theo đó, giới hạn của nghiên cứu là về chu trình sinh học (biological cycle), mà chưa có điều kiện đi sâu nghiên cứu cả chu trình Hóa- Địa- Sinh (biogeochemical cycle) như đã đề cập ở các nghiên cứu kể trên.

1.4.4 Những nghiên cứu về sinh trưởng và sinh khối rừng

Nghiên cứu về sinh trưởng của cây rừng ở Việt Nam cũng được nhiều nhà khoa học quan tâm và có những thành tựu to lớn mang tính lý luận và thực tiễn cao.

Vũ Tiến Hình (1996) [12] đã nghiên cứu sinh trưởng Keo lá tràm trên phạm vi 7 địa phương ở miền Bắc. Sau khi khảo sát 84 ô rừng trồng thuần loài Keo lá tràm từ 4 đến 10 tuổi thuộc 7 địa phương đại diện cho các vùng sinh thái khác nhau và giải tích 117 cây đại diện cho các ô quan sát từ đó thiết lập được các biểu: (i) Biểu thể tích cây đứng Keo lá tràm; (ii) Biểu cấp đất rừng trồng Keo lá tràm; (iii) Xây dựng một số mô hình dự đoán sản lượng của Keo lá tràm; và (iv) Biểu quá trình sinh trưởng của Keo lá tràm. Theo kết quả trong biểu sinh trưởng ở một số vùng được nghiên cứu, lượng tăng trưởng bình quân của Keo lá tràm ở cấp tuổi 8 có thể đạt sản lượng bình quân 129 m³/ha (cấp đất I) và 44 m³/ha (cấp đất IV). Tác giả cũng đưa ra kết luận là tuổi thành thực công nghệ của rừng trồng Keo lá tràm phải sau tuổi 12 (vì lúc đó chưa có rừng Keo lá tràm thuần loài cao tuổi hơn). Từ đó, tác giả đề xuất việc ứng dụng kết quả này cho sản xuất và nghiên cứu vì đây là những căn cứ quan trọng giúp cho các đơn vị trồng Keo lá tràm tham khảo, tra cứu tính toán trong sản xuất.

Trong nghiên cứu của Bùi Việt Hải (1998) [11] về qui luật sinh trưởng của loài cây Keo lá tràm tại khu vực miền Đông Nam Bộ, tác giả đã đưa ra được các hàm toán học về tương quan giữa $D_{1,3}$, H_{vn} và $D_{tán}$ theo tuổi rừng (A) cho toàn vùng nghiên cứu có dạng hàm Shumacher như sau:

+ Sinh trưởng $D_{1,3}$ theo tuổi rừng có dạng hàm: $\ln D_{1,3} = \ln 3,973 - 3,195/A^{0,35}$

+ Sinh trưởng H_{vn} theo tuổi rừng có dạng hàm: $\ln H_{vn} = \ln 3,355 - 2,588/A^{0,64}$

+ Sinh trưởng $D_{tán}$ theo tuổi rừng có dạng hàm: $\ln D_t = \ln 2,324 - 2,337/A^{0,3}$

Năm 2000 Hoàng Văn Dưỡng [9] đã nghiên cứu cấu trúc và sản lượng rừng Keo lá tràm ở khu vực miền Trung. Kết cho thấy các hàm toán học Koft, hàm Shumacher, hàm Gomperts và hàm Sless đều biểu thị tốt quy luật sinh trưởng h_0/A rừng Keo lá tràm, trong đó hàm Shumacher với $k = 1$ là thích hợp nhất. Trữ lượng

lâm phần được xác định thông qua phương trình: $\ln(M) = - 6,26021 + 2,64127 \times \ln(h_0) + 0,5319 \times \ln(N)$

Trong đó M là trữ lượng, h_0 là chiều cao tầng trội và N là mật độ. Bên cạnh đó, tác giả đã nghiên cứu sinh khối 183 cây Keo lá trầm khu vực các tỉnh miền Trung, kết quả cho thấy mối quan hệ giữa tổng sinh khối tươi với đường kính và chiều cao được thiết lập bằng phương trình: $P_{tclt} = 0,191077 \times D_{1.3}^{(1.971069)} \times H^{(0.539092)}$. Trong đó: P_{tclt} : tổng sinh khối tươi, $D_{1.3}$ là đường kính và H là chiều cao vút ngọn cây.

Phạm Thế Dũng và Hồ Văn Phúc (2004) [3], khi đề xuất phương pháp tạm thời để đánh giá sản lượng rừng Keo lai vùng Đông Nam Bộ đã có kết luận về tương quan giữa các chỉ tiêu $CV_{1.3}$ (chu vi 1.3 cm), f là hệ số thon cây có dạng phương trình:

$f = b_0 + b_1/CV_{1.3} + b_2/CV_{1.3}^2$; và tương quan giữa $CV_{1.3}$ và chiều cao vút ngọn (H) có dạng phương trình $H = b_0 + b_1 e^{b_2 CV_{1.3}}$.

Hà Văn Tuế (1994) [33] cho rằng, sinh khối là tổng lượng chất hữu cơ có được trên một đơn vị diện tích tại một thời điểm và có đơn vị là tấn/ha theo trọng lượng khô. Sinh khối bao gồm tổng trọng lượng thân, cành, lá, hoa, quả và rễ trên mặt đất và dưới mặt đất. Việc nghiên cứu sinh khối cây rừng có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá, quản lý và sử dụng nguồn tài nguyên rừng. Trên thế giới đã được rất nhiều phương pháp nghiên cứu sinh khối và năng suất rừng nhưng phương pháp “cây mẫu” của Newbould (1967) để nghiên cứu năng suất, sinh khối một số quần xã từ các ô tiêu chuẩn được cho là phù hợp và tác giả đã áp dụng phương pháp này trong nghiên cứu rừng trồng ở tỉnh Vĩnh Phú. Trong luận án tác giả cũng áp dụng phương pháp này để nghiên cứu về sinh khối và năng suất rừng.

Trong luận văn thạc sĩ, Nguyễn Thùy Mỹ Linh (2010) [17] đã nghiên cứu mối quan hệ tương hỗ giữa sinh trưởng Keo tai tượng trồng thuần loài với một số tính chất đất tại Tuyên Quang và Thừa Thiên Huế. Kết quả cho thấy rằng, sinh khối rừng trồng Keo tai tượng trung bình ở Tuyên Quang là $100,87 \pm 2,84$ tấn/ha, tăng trưởng bình quân hàng năm đạt 8,48 tấn/ha. Trong khi đó, Keo tai tượng ở Thừa Thiên Huế là $56,11 \pm 2,65$ tấn/ha và lượng tăng trưởng bình quân hàng năm đạt 8,24 tấn/năm.

Đất ở khu vực nghiên cứu đều nghèo lân dễ tiêu (P_2O_5 biến thiên từ $8,39 \pm 1,43$ đến $26,31 \pm 7,75$ mg/kg đất và đều rất chua đến chua (pH từ 3,73 - 4,79). Hàm lượng Cacbon trong đất rừng trồng tích lũy được biến đổi từ 1,55 - 2,69%, hàm lượng Nito tổng số dưới đất rừng trồng từ 0,18 - 0,24%, tổng cation trao đổi biến động từ 0,33 - 1,16 cmol_c/kg đất.

Võ Đại Hải (2013) [10] đã nghiên cứu khả năng hấp thụ và giá trị thương mại Cacbon của một số dạng rừng trồng chủ yếu ở Việt Nam. Tác giả đã tiến hành nghiên cứu cho 8 loài cây gồm Keo lai, Keo tai tượng, Keo lá tràm, Thông mã vĩ, Thông nhựa, Thông ba lá, Mỡ và Bạch đàn *Urophylla* với những ưu điểm vượt trội như sinh trưởng nhanh, năng suất cao,... đã nhanh chóng trở thành loài cây trồng rừng chính trên khắp các vùng sinh thái Lâm nghiệp nước ta. Kết quả nghiên cứu cho thấy: sinh khối rừng Keo lá tràm tập trung vào tầng cây gỗ chiếm trung bình 76,35%, vật rơi rụng 16,92% và thấp nhất là cây bụi thảm tươi 6,74%. Trong cùng một tuổi, tổng sinh khối toàn lâm phần có xu hướng giảm dần theo cấp đất, từ cấp đất tốt đến cấp đất xấu (I > II > III > IV). Cấu trúc lượng Cacbon hấp thụ trong rừng trồng Keo lá tràm chủ yếu tập trung trong đất rừng: chiếm 55,99%; tầng cây gỗ là 35,16 %; cây bụi thảm tươi 6,41%; thấp nhất là vật rơi rụng chỉ chiếm 2,44%. Lượng Cacbon hấp thụ trong tầng cây gỗ dao động khá mạnh theo các cấp đất, tuổi và mật độ khác nhau, từ 1,03 - 59,36 tấn/ha; cây bụi thảm tươi dao động từ 1,58 - 5,96 tấn/ha; vật rơi rụng dao động từ 0,46 - 2,55 tấn/ha; trong đất rừng dao động từ 23,17 - 30,77 tấn/ha. Tổng lượng Cacbon hấp thụ trong 1ha rừng trồng Keo lá tràm dao động trong khoảng từ 27,05 - 87,68 tấn/ha (trung bình là 51,91 tấn/ha).

Nhìn chung, những công trình đề cập trên đã giải quyết về phương pháp luận trong nghiên cứu sinh trưởng, tăng trưởng, sinh khối cây và khả năng hấp thụ Cacbon của rừng trồng. Mô phỏng quá trình sinh trưởng bằng định lượng của cá thể hay quần thể cây rừng, tiến tới lựa chọn mô hình tối ưu là nền tảng trong khoa học điều tra rừng nhằm xây dựng hệ thống các biện pháp kỹ thuật tác động có hiệu quả trong quản lý, nuôi dưỡng và kinh doanh rừng.

1.4.5 Những nghiên cứu về sinh vật đất

Trong đất thường tồn tại nhiều nhóm sinh vật sống có ích đã góp phần đáng kể trong việc cải tạo và nâng cao độ phì của đất. Các sinh vật sống trong đất có quan hệ chặt chẽ với sự hình thành và phát triển của đất và được chia thành 2 nhóm là: Các động vật và các vi sinh vật.

Nhóm động vật trong đất: ở đây không kể đến các động vật chỉ sống trong hang, các loài chỉ tồn tại trong đất vào thời kỳ trứng, các loài vào đất để ngủ đông, để tránh khô hoặc để lột xác và các loài hiện diện trong đất một cách ngẫu nhiên. Trừ các động vật kể trên, động vật sống trong đất được chia thành 3 nhóm tùy thuộc theo kích thước của chúng. Nhóm động vật cực to có chiều dài đến trên 1cm, nhóm động vật nhỏ có chiều dài từ 0,2mm – 1cm và nhóm động vật cực nhỏ < 0,2mm.

Nhóm vi sinh vật trong đất: Trong đất có rất nhiều vi sinh vật sống chung, chúng ta xếp vào 5 nhóm chính là: Nhóm nấm, Xạ khuẩn, Vi khuẩn, Tảo và nguyên sinh động vật (protozoa).

+ Nhóm nấm: Thường gặp ở các chi *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, vv...

+ Nhóm xạ khuẩn: Thường gặp là các *Streptomyces*, có nhiều loài có khả năng tiết ra kháng sinh chống lại sự phát triển của các loại vi sinh vật khác như *Frankia* sống cộng sinh ở các loài cây Phi lao.

+ Nhóm vi khuẩn: Nhóm này rất đa dạng và giữ vai trò quan trọng trong quá trình chuyển hóa vật chất trong đất. Tùy theo vai trò của chúng có thể phân ra làm các tiểu nhóm như: Vi khuẩn hiếu khí (*acrobic bacteria*); Vi khuẩn yếm khí (*anaerobic bacteria*); Vi khuẩn phân hủy celluloz (*cellulose decomposer*); Vi khuẩn hóa Amom (*ammonifer*) phân hủy N hữu cơ và vi khuẩn hóa Nitrat.

Ở nước ta các nghiên cứu về sinh vật đất chủ yếu tập trung vào lĩnh vực cây nông nghiệp như Lúa, Bắp, Đậu, Mía, ... và sản xuất phân bón mà chưa có nghiên cứu nào chuyên sâu về sinh vật đất trong lĩnh vực Lâm nghiệp.

Năm 1985 tác giả Ngô Đình Quế [21] khi đánh giá tác động đến môi trường dưới đất rừng Thông 21 tuổi so sánh với nơi đất trống cho thấy: lượng vi sinh vật

tổng số đã tăng đáng kể ($7,94 \times 10^5$) so với nơi đất trống (trảng cỏ, cây bụi) ($0,76 \times 10^5$). Số lượng vi khuẩn cố định đạm khoảng $1,3 \times 10^3$, trong khi nơi đất trống thì không tìm thấy vi sinh vật này.

Trong nghiên cứu của Phạm Ngọc Mậu, (2006) [18] về ảnh hưởng của rừng trồng công nghiệp Bạch đàn và Keo tai tượng đến một số yếu tố môi trường tại vùng trung tâm Bắc Bộ đã cho thấy: vi sinh vật rất nhạy cảm với điều kiện đất đai và lớp phủ thực vật. Trong cùng điều kiện thì dưới rừng Bạch đàn *Urophylla* có lượng VSV tổng số và vi khuẩn cố định đạm thấp hơn so với rừng trồng Keo tai tượng. Cụ thể, ở Đại Lải, Vĩnh Phúc có lượng VSV tổng số dưới rừng Keo tai tượng là $8,11 \times 10^5$ CFU/g đất và ở rừng Bạch đàn là $7,1 \times 10^5$, còn ở Đoan Hùng, Phú Thọ thì VSV tổng số dưới rừng Keo tai tượng là $45,3 \times 10^5$ và ở rừng Bạch đàn là $36,7 \times 10^5$. Tuổi rừng càng cao thì lượng VSV tổng số và vi khuẩn cố định đạm tự do cũng tăng lên.

1.5 THẢO LUẬN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu các biện pháp quản lý lập địa đã được thực hiện ở các nước có nền lâm nghiệp tiên tiến từ 30 năm về trước và tiếp tục nghiên cứu cho tới ngày nay. Các nghiên cứu đã tập trung vào các nội dung chính như: (i) Nghiên cứu quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng; (ii) Nghiên cứu quản lý dinh dưỡng đất qua bón phân cho rừng trồng và (iii) Nghiên cứu về quản lý thực vật qua kiểm soát thực vật cạnh tranh dưới tán rừng, ... cho một số loài cây mọc nhanh như: Thông, Bạch đàn và Keo tai tượng.

Ở Việt Nam nghiên cứu về cây Keo lá tràm ở nước ta đã rất thành công về công tác chọn giống nhằm nâng cao năng suất rừng trồng. Nhưng việc nghiên cứu về quản lý lập địa nhằm duy trì, nâng cao độ phì của đất và năng suất rừng trồng ở các chu kỳ sau thì chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ ngoại trừ nghiên cứu của mạng lưới dự án CIFOR thực hiện từ năm 2002 – 2007 ở Bình Dương. Do vậy, tác giả đã tiếp tục phát triển nghiên cứu ở chu kỳ 3 và có sự kế thừa một phần về phương pháp cũng như kết quả của 2 chu kỳ trước đó. Luận án đã bổ sung các

nghiên cứu mới về phân hủy VLHCSKT, đánh giá các chỉ tiêu sinh học của đất cũng như khả năng cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng.

Nghiên cứu cơ sở bón phân cho rừng trồng đã được Trung tâm Nghiên cứu Lâm nghiệp Quốc tế (CIFOR) thực hiện trên 16 dạng lập địa khác nhau ở vùng Nhiệt đới và Á Nhiệt đới cho thấy hầu hết đất rừng trồng ở các nước Nhiệt đới đều thiếu Lân dễ tiêu. Bên cạnh đó, các nghiên cứu bón phân cho rừng trồng cũng đã được nhiều tác giả trong và ngoài nước nghiên cứu và cho rằng; các loài Keo là cây có khả năng cố định đạm (N) nên nhu cầu bón phân Lân (P) cho rừng trồng sẽ làm cải thiện sinh trưởng và năng suất rừng trồng. Tùy từng điều kiện lập địa khác nhau mà nhu cầu phân bón và liều lượng bón cũng khác nhau các nghiên cứu bón phân cho Keo tai tượng ở Indonesia với liều lượng biến động từ 10 - 150 kgP/ha thì sinh trưởng rừng đều có sự khác biệt so với đối chứng và đã khuyến cáo liều lượng bón lót tối đa chỉ 50 kgP/ha. Do vậy, đề tài đã tiến hành bón lót 300g super lân Lâm thao có hàm lượng 16,5% P_2O_5 /cây ở mật độ trồng 1.667 cây/ha sẽ tương đương khoảng 36 kgP/ha cho công thức mà ở chu kỳ 2 để lại gấp đôi lượng VLHCSKT sẽ khó áp dụng trong thực tiễn trồng rừng hiện nay ở nước ta.

Các nghiên cứu về độ phì đất đối với rừng trồng các cây mọc nhanh Thông, Keo và Bạch đàn chỉ nghiên cứu ở tầng đất từ 0 - 50cm, nhưng ở tầng đất từ 30 - 50cm thì ít bị biến động bởi các kỹ thuật lâm sinh tác động cũng như tác động của các yếu tố môi trường tự nhiên. Vì vậy, đề tài chỉ đi sâu nghiên cứu ở hai tầng đất mặt từ 0 - 10cm và 10 - 20cm mà không xem xét ở các tầng đất sâu hơn.

Nghiên cứu về sinh trưởng, tăng trưởng cây rừng đã được rất nhiều tác giả trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu và đã tìm kiếm một số dạng hàm số toán học như: Gompertz, Korsun, Meyer, Schumacher, .. là nền tảng cho nghiên cứu sinh trưởng cây rừng. Trong nghiên cứu sinh khối rừng tác giả đã sử dụng phương pháp “cây mẫu” của Newbould (1967). Từ số liệu sinh khối các cây mẫu tiến hành xây dựng mô hình toán học làm cơ sở để ước tính sinh khối phần trên mặt đất mà không nghiên cứu phần sinh khối dưới đất.

Nghiên cứu về sinh vật đất trên thế giới đã có một số công trình nghiên cứu đối rừng trồng Keo, Bạch đàn và trảng cỏ. Ở trong nước các nghiên cứu về sinh vật đất chỉ tập trung ở lĩnh vực cây nông nghiệp và trong sản xuất phân bón, còn trong lĩnh vực Lâm nghiệp chưa có một nghiên cứu toàn diện nào. Do vậy, tính mới của luận án là đánh giá bước đầu về mức độ cải thiện độ phì sinh học của đất bằng việc nghiên cứu về hệ sinh vật đất và vi sinh vật đất, cụ thể là: đánh sự xuất hiện của các loài và cá thể là các động vật nhỏ có chiều dài $> 0,2\text{mm}$; đánh giá vi sinh vật tổng số và vi sinh vật phân giải lân cho các công thức khác nhau khi áp dụng để lại VLHCSKT.

Nghiên cứu về chu trình dinh dưỡng rừng trồng đã được thực hiện ở các nước có nền lâm nghiệp tiên tiến như Úc, Brazil. Các nghiên cứu đòi hỏi rất chuyên sâu, tỉ mỉ và cần các trang thiết bị hiện đại. Trong luận án này, tác giả không có tham vọng xây dựng chu trình dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm mà chỉ nghiên cứu một số mắt xích quan trọng làm cơ sở tính toán và cân đối dinh dưỡng của rừng trồng dựa trên lượng tích lũy dinh dưỡng của rừng trồng ở các tuổi khác nhau và khả năng cung cấp dinh dưỡng trong đất cũng như dinh dưỡng trả lại cho đất thông qua lượng vật liệu hữu cơ để lại sau khai thác và lượng vật rụng hàng năm.

Chương 2

ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN - KINH TẾ XÃ HỘI KHU VỰC NGHIÊN CỨU

2.1 ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN

2.1.1 Vị trí địa lý

Bình Dương là một tỉnh miền Đông Nam Bộ có diện tích tự nhiên 2.694,43km² chiếm khoảng 12% tổng diện tích tự nhiên của vùng Đông Nam Bộ nhưng lại có vị trí địa lý hết sức thuận lợi. Thành phố Thủ Dầu Một nằm cách Thành phố Hồ Chí Minh 30km theo trục Quốc lộ 13, phía Bắc giáp tỉnh Bình Phước, phía Nam giáp Thành phố Hồ Chí Minh, phía Đông giáp tỉnh Đồng Nai và phía Tây giáp Tây Ninh và Thành phố Hồ Chí Minh. Tỉnh gồm 7 đơn vị hành chính, trong đó có 6 huyện là Thuận An, Dĩ An, Tân Uyên, Bến Cát, Phú Giáo, Dầu Tiếng và Thành phố Thủ Dầu Một. Do vị trí địa lý thuận lợi trong giao lưu với các tỉnh thành Đông Nam Bộ, Tây Nguyên và Tây Nam Bộ nên rất thuận lợi cho tỉnh phát triển công nghiệp.

Vị trí thực hiện nghiên cứu tại Trạm Thực nghiệm Lâm nghiệp Phú Bình, thuộc Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ, trên phần đất do công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Bình Dương quản lý thuộc huyện Phú Giáo, tỉnh Bình Dương có vị trí tọa độ địa lý: 10⁰ 52' 12" đến 11⁰ 30' vĩ độ Bắc và 106⁰ 20' đến 107⁰ 06' kinh độ.



Hình 2.1. Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu của luận án

2.1.2 Địa hình, địa mạo

- **Địa hình**

Bình Dương là dạng đồi trung bình và thấp, độ dốc trung bình từ 2° - 5° , nhìn chung tương đối bằng phẳng, độ cao trung bình 20 - 25m so với mực nước biển và được chia theo 3 kiểu địa hình chính là: địa hình vùng đồi; địa hình bậc thềm phù sa cổ (Phistocene) và địa hình đồng bằng tích tụ có nguồn gốc trầm tích phù sa hiện đại (Halocene) của sông biển và dốc tụ, bề mặt khá bằng phẳng, độ chênh cao thấp biểu hiện các chỉ tiêu sau:

- + Độ dốc $< 3^{\circ}$ chiếm 82,2% tổng diện tích tự nhiên.
- + Từ 3° - 8° chiếm 10,6% tổng diện tích tự nhiên
- + Từ 8° - 15° chiếm 4,9% tổng diện tích tự nhiên.
- + Độ dốc $> 15^{\circ}$ chiếm 2,3% tổng diện tích tự nhiên.

Độ cao tuyệt đối cao nhất là 284m và độ cao tuyệt đối thấp nhất 15m.

Khu vực nghiên cứu thuộc địa hình bậc thềm phù sa cổ dạng đồi núi thấp có độ dốc từ 1° - 3° , hướng dốc theo chiều hướng từ phía Bắc xuống phía Nam và độ cao trung bình so với mặt nước biển xấp xỉ 80m.

- **Địa mạo**

Lịch sử hình thành và phát triển địa mạo tỉnh Bình Dương mang những điểm chung của địa mạo khu vực Đông Nam Bộ. Bề mặt đất gồm các đồi thoải, có đỉnh bằng, sườn lồi hoặc thẳng nối tiếp nhau tạo nên cảnh quan đồng bằng đồi. Độ cao tuyệt đối của các đồi dao động từ 60 - 75m ở phía bắc Chơn Thành đến 80 - 90m thuộc khu vực giữa Bình Long và Lộc Ninh, Đồng Xoài cho đến gần 100m ở phần giáp biên giới Việt Nam và Campuchia. Phần lớn diện tích của bề mặt này được phủ bởi lớp trầm tích: Bột kết hoặc bột kết chứa vôi của hệ tầng Dray Linh tuổi Jura hạ (J_{1dl}), vùng ven rìa đồi bát úp phát hiện sạn gắn kết bởi ximent sắt (laterite) là sản phẩm phong hoá của các đá sạn kết, cát, bột kết thuộc điệp Bà Miêu (N_2^2 bm). Đồng thời, các trầm tích bờ rời này còn là sản phẩm rửa trôi, xâm thực các bề mặt cao hơn hoặc rửa trôi từ đỉnh xuống tích đọng ở sườn hay chân đồi (Cục địa chất VN, 1996).

Mạng lưới dòng chảy chia cắt bề mặt chủ yếu là dòng chảy tạm thời, ít sông suối lớn. Mật độ chia cắt ngang từ 0,5 - 1km². Mật độ chia cắt sâu trung bình từ 10m đến 30m (Liên đoàn địa chất 6, 1990).

Vùng nghiên cứu có dạng đồi bát úp, bề mặt đất khá bằng phẳng với độ dốc từ 1-3⁰ có xu hướng chung nghiêng dần từ Bắc xuống Nam. Địa mạo ở khu vực thí nghiệm nằm ở phần đỉnh tương đối bằng phẳng, nhưng ở phần sườn dốc mạnh và địa hình bị phân cắt bởi hệ thống sông suối và các rãnh xói hình chữ V thể hiện độ dốc lòng khá lớn.

2.1.3 Khí hậu

Bình Dương mang đặc trưng khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo với tổng lượng bức xạ năm và tổng lượng nhiệt năm cao và ổn định. Biên độ nhiệt năm không đáng kể. Đây chính là nhân tố sinh thái thuận lợi có ý nghĩa đối với việc tăng trưởng thực vật. Một số chỉ tiêu chủ yếu về chế độ nhiệt ẩm như sau:

- Chế độ nhiệt: cán cân bức xạ năm từ 75 - 80 Kcal/cm². Tổng tích ôn từ 9.468⁰C/năm đến 9.684⁰C/năm. Nhiệt độ bình quân năm 26,6⁰C. Số giờ nắng cả năm 2.330,7 giờ. Độ ẩm tương đối trung bình các tháng trong năm từ 80 - 87%.
- Chế độ mưa: Tổng lượng mưa trung bình năm đo được ở các trạm quan trắc trong tỉnh và vùng phụ cận cho thấy lượng mưa trung bình năm trong nhiều năm gần đây biến động từ 1.671,3 - 2.319,7 mm.

Sự phân bố mưa theo vùng thể hiện xu hướng giảm dần từ Tây sang Đông và tăng dần từ Nam lên Bắc. Phân bố theo mùa cũng biểu hiện những đặc trưng khá rõ nét Tổng số ngày mưa thực sự từ 158 – 174 ngày nhưng lại tập trung tới 82,4 - 92,8% tổng lượng mưa cả năm (từ 10 - 20 tháng 5, kết thúc 26 - 30 tháng 10. Phần lớn diện tích canh tác hiện tại đối với sản xuất nông nghiệp ở Bình Dương vẫn dựa vào nước mưa là chủ yếu, mỗi năm chỉ làm được một vụ lúa, hệ số quay vòng đất thấp, chính vì vậy ở những nơi không có điều kiện thủy lợi thì việc lựa chọn cây trồng lâu năm được xem như một giải pháp hợp lý. Đối với sản xuất Lâm nghiệp mùa mưa hàng năm cũng chính là mùa vụ trồng rừng.

2.1.4 Thủy văn

- **Nước mặt**

Nguồn nước mặt ở Bình Dương ảnh hưởng bởi 3 hệ thống sông chính là sông Đồng Nai, Sông Bé và sông Sài Gòn. Ngoài ra, còn có một số sông suối nhỏ có khả năng cung cấp nguồn nước mặt như sông Thị Tính, suối Giai, suối Cái, suối Sia. Tuy nhiên, do lưu lượng dòng chảy có hạn đặc biệt về mùa khô nên việc khai thác nguồn nước mặt của các sông suối này vẫn còn rất hạn chế.

- **Nước ngầm**

Theo kết quả nghiên cứu thuộc chương trình 60G của Liên đoàn địa chất 6 và báo cáo bản đồ địa chất - thủy văn tỉnh Sông Bé cũ do đoàn địa chất 801 thực hiện năm 1994 thì nguồn nước ngầm tỉnh Bình Dương được chia làm 3 khu vực với các mức độ khác nhau gồm : (i) khu vực giàu nước phân bố ở phía Tây huyện Bến Cát đến bờ sông Sài Gòn, bề dày tầng chứa nước 15 - 20 m, có khả năng tàng trữ và vận động tốt ; (ii) khu vực giàu nước trung bình thuộc huyện Thuận An, Tân Lập và (iii) khu nghèo nước: nằm ở phía Đông và Đông Bắc Thủ Dầu Một và Nam Bến Cát thuộc trầm tích đệ tứ, có thành phần cát mịn là chủ yếu. Cùng với nguồn tài nguyên nước mặt, nước ngầm góp phần quan trọng vào trữ lượng nguồn nước ngọt trong vùng, khai thác để phục vụ sản xuất và đời sống nhân dân.

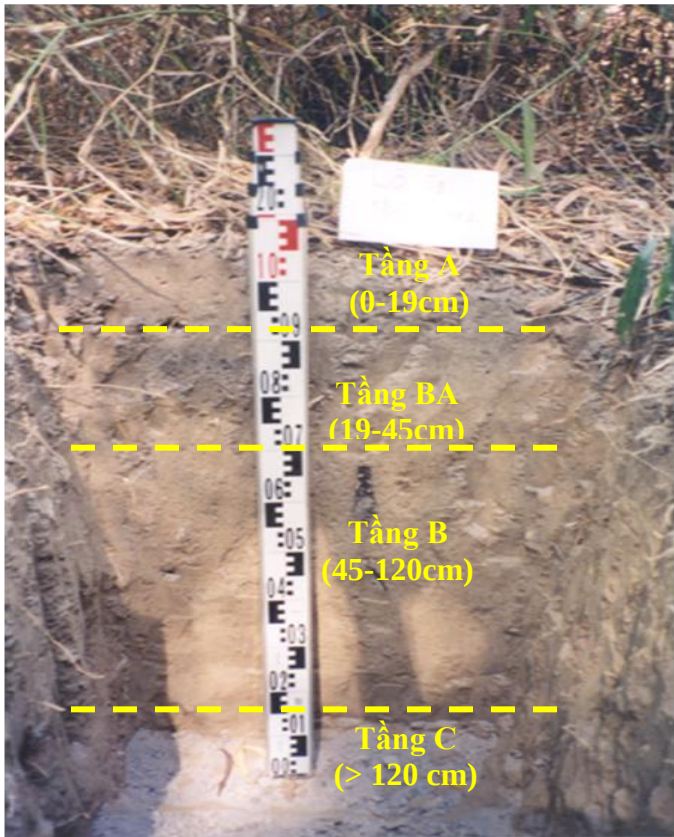
2.1.5 Đặc điểm chung về loại đất và tính chất đất

- **Đặc điểm về loại đất**

Vùng Đông Nam Bộ có 3 nhóm đất chính khá phù hợp cho trồng rừng Keo là: Đất phù sa cổ (Fluvisol), đất xám (Acrisol) và đất nâu đỏ (Ferrossol). Lịch sử hình thành và phát triển đất ở khu vực nghiên cứu cũng giống như toàn vùng Đông Nam Bộ. Căn cứ vào hai nguyên tắc cơ bản dựa trên tính chất đất và quá trình thổ nhưỡng thì khu vực Trạm Thực nghiệm Lâm nghiệp Phú Bình gồm 2 nhóm đất cơ bản là nhóm đất phù sa cổ (Fluvisols) và nhóm đất xám (Acrisols)

Đất nơi thí nghiệm thuộc loại đất xám vàng trên phù sa cổ (Acrisol chromic), mẫu chất đá phiến, nơi địa hình cao, đỉnh đồi khá bằng phẳng có độ dốc từ 1 - 3°. Trong kết quả nghiên cứu của luận án đã đánh giá rất chi tiết tính chất vật lý, tính

chất hóa học và các đặc điểm sinh học của đất ở các công thức thí nghiệm. Do vậy, phần đặc điểm chung này tác giả chỉ giới thiệu và mô tả phẫu diện đất điển hình trong khu vực nghiên cứu như sau:

Phẫu diện đất điển hình	Mô tả
	Khu vực thí nghiệm tương đối bằng phẳng, độ dốc 1 - 3°, nơi địa hình cao, đỉnh đồi bằng, thuộc nhóm đất xám vàng trên phù sa cổ (Acrisol chromic), mẫu chất đá phiến thạch sét. Mô tả phẫu diện đất theo bảng màu Musell như sau: - Tầng A (0 - 19cm) (Hue 10 YR 6/2) màu vàng sang màu nâu xám, sét pha cát. - Tầng BA (19 - 45cm) (Hue 10 YR 6/2) màu vàng sang màu nâu xám, thịt pha cát. - Tầng B (45 - 120cm) (Hue 10 YR 5/4) màu nâu vàng đến nâu đậm, cát pha sét, - Tầng C: (> 120cm) (Hue 10 YR 5/4), màu nâu đậm, càng xuống sâu lượng kết von chiêm càng nhiều (60 - 70%) (Nguồn: Lê Thanh Quang 2008)

Hình 2.2. Mô tả phẫu diện đất điển hình khu vực nghiên cứu

- **Tính chất của đất**

Về tính chất vật lý: Đất có cấu trúc thịt sét pha cát ở tầng mặt và trong khoảng 0 - 20cm, không có biến đổi nhiều về cấu trúc, tầng đất dày, địa hình tương đối bằng, bề mặt đất bị xói mòn.

Về tính chất hóa học: Phản ứng môi trường đất trung bình giao động pH = 4,0 và không thay đổi nhiều giữa các tầng. Độ chua trao đổi biến động 3,98 - 4,0 cho thấy đất hơi chua. Hàm lượng cation trao đổi Ca^{+2} ở mức trung bình (0,38 - 0,40

cmol_c/kg), kể đến là K⁺ và Mg⁺². Hàm lượng dinh dưỡng nghèo, Cacbon hữu cơ biến động trong khoảng 2%, N < 0,2%, lân dễ tiêu từ 3 - 8 mg/kg.

2.2 ĐIỀU KIỆN KINH TẾ - XÃ HỘI

2.2.1 Dân số, dân tộc, lao động và thu nhập

- Dân số :

Theo niên giám thống kê năm 2013 thì dân số tỉnh Bình Dương là 1.748.001 người, mật độ dân số khoảng 649 người/km². Đặc điểm cơ cấu dân số và phân bố dân cư trên địa bàn tỉnh không đồng đều, dân cư chủ yếu tập trung ở TP.Thủ Dầu Một, Thị xã Dĩ An, Thị xã Thuận An, Huyện Tân Uyên, Huyện Bến Cát. Bình Dương là tỉnh có khu công nghiệp phát thu hút rất nhiều lao động nhập cư từ các tỉnh, thành trong cả nước. Bình Dương có tổng cộng hơn 1.000 công ty, nhà máy, cơ sở chế biến gỗ các loại nên nhu cầu nguyên liệu cho ngành chế biến gỗ rất lớn trong khi diện tích đất trồng rừng rất ít mà chủ yếu là cây công nghiệp

Huyện Phú Giáo có tổng diện tích đất tự nhiên 543,78 km² với dân số năm 2010 là 81.840 người, mật độ dân cư trung bình 151 người/km². Khu vực nghiên cứu tại trạm thực nghiệm lâm nghiệp Phú Bình nằm trên địa bàn huyện Phú Giáo với mật độ dân cư thưa và đời sống của các hộ gia đình chủ yếu vẫn là trồng cây công nghiệp (cao su, điều) và phát triển chăn nuôi gia súc, gia cầm. Tuy nhiên, thu nhập bình quân đầu người cũng ở mức trung bình đến khá so với toàn tỉnh nên áp lực vào tài nguyên rừng không lớn, công tác quản lý bảo vệ rừng thuận lợi ngay cả khi để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác rừng.

- Dân tộc

Tỉnh Bình Dương có 14 dân tộc sinh sống. Trong đó chiếm chủ yếu là người Kinh, người Hoa và người Khơme còn các dân tộc khác chiếm tỷ lệ rất ít tập trung sinh sống ở 2 xã An Bình – huyện Phú Giáo và Minh Hoà - huyện Dầu Tiếng. Trên địa bàn nghiên cứu chủ yếu là người Kinh, chiếm tỷ lệ 98,9% dân số. Do đó, nhận thức, cách tổ chức sản xuất và khả năng ứng dụng những tiến bộ kỹ thuật trong sản xuất Nông lâm nghiệp rất tốt và mang lại hiệu quả kinh tế cao.

- Lao động

Trong toàn tỉnh số người trong độ tuổi lao động chiếm khoảng 67,7%. Trong đó, số người đang làm việc trong lĩnh vực Nông lâm thủy sản chỉ chiếm khoảng 12,8%; công nghiệp - xây dựng: chiếm 36,7% và các ngành khác chiếm khoảng 50,5%.

- **Kinh tế và thu nhập**

Trong những năm gần đây, tốc độ tăng trưởng kinh tế của tỉnh Bình Dương luôn ở mức cao, GDP tăng bình quân khoảng 12,5%, năm 2013 GDP toàn tỉnh đạt 12,8%. Cơ cấu kinh tế trên địa bàn tỉnh chuyển biến tích cực theo hướng công nghiệp, dịch vụ tăng trưởng nhanh và chiếm tỷ trọng cao, cụ thể tỷ lệ công nghiệp - xây dựng chiếm 63%, dịch vụ chiếm 34,2% và nông lâm nghiệp chiếm 3,8%; tổng thu ngân sách năm 2012 đạt 24.000 tỷ đồng; tổng vốn đầu tư phát triển toàn xã hội tăng 24,8%. Hiện nay, Bình Dương có 28 khu công nghiệp tập trung với diện tích 9.073 ha và 8 cụm công nghiệp tổng diện tích 600 ha, hơn 13.386 doanh nghiệp trong nước và khoảng 2.117 dự án đầu tư nước ngoài. Kim ngạch xuất khẩu năm 2013 ước đạt 14,44 tỷ USD, thu hút đầu tư nước ngoài đạt 1,23 tỷ USD. Thu nhập bình quân đầu người năm 2013 của toàn tỉnh đạt 52,7 triệu đồng. Cơ cấu kinh tế Công nghiệp chiếm 61,3% ; dịch vụ 35,3% và Nông nghiệp chiếm 3,4%.

Đối với huyện Phú Giáo Trong giai đoạn 2005-2010, GDP tăng trưởng bình quân hàng năm 12,1%, trong đó khu vực Nông-Lâm nghiệp và Thủy sản tăng bình quân 6,16 %/năm; Công nghiệp-Xây dựng tăng khá 14,92 %, thương mại dịch vụ tăng nhanh và đạt 23,9 %/ năm. Chỉ tiêu GDP/người liên tục tăng, từ 6,6 triệu đồng/người/năm (năm 2005) lên 15 triệu đồng/người/năm (năm 2010), tăng 2,2 lần so năm 2005. Năm 2010, bình quân GDP ngành công nghiệp 60 triệu đồng/lao động, ngành dịch vụ thương mại (22 triệu đồng/lao động) và ngành nông nghiệp đạt gần 14 triệu đồng/lao động.

2.2.2 Tài nguyên rừng

Trên toàn tỉnh Bình Dương, Phú Giáo là một trong hai huyện có quỹ đất rừng lớn nhất trong toàn tỉnh. Đất lâm nghiệp chủ yếu thuộc quản lý của công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Bình Dương, với tổng diện tích tự nhiên được giao quản lý là 5.683,6 ha, trong đó đất có rừng là 4.978,5 ha (Rừng tự nhiên 385,9 ha và rừng

trồng là 4.592,6 ha với loài cây chủ yếu là các loài Keo, Xà cừ, Sao, Dầu, Điều và Cao su; đất chưa có rừng: 75,3 ha và các loại đất khác là 629,8 ha. Đối với tỉnh Bình Dương thì đây là một diện tích đất lâm nghiệp rất quan trọng để phát triển trồng rừng cung cấp gỗ nguyên liệu gia tăng giá trị sản phẩm rừng trồng và tạo cảnh quan môi trường sinh thái hỗ trợ cho phát triển công nghiệp.

Khu vực nghiên cứu của luận án tại trạm thực nghiệm lâm nghiệp Phú Bình thuộc huyện Phú Giáo có lợi thế về vị trí địa lý có giao thông đi lại thuận lợi, nằm trong khu vực tiếp giáp giữa khu đô thị và khu công nghiệp phát triển với khu vực nông nghiệp nông thôn. Nguồn lao động dồi dào, có kinh nghiệm trong tổ chức sản xuất và kinh doanh nông nghiệp. Có khí hậu ôn hoà không có biến động lớn về thời tiết như: bão lụt, hạn hán... địa hình trung du tương đối bằng phẳng. Do đó việc triển khai thí nghiệm của luận án cho rừng trồng Keo lá tràm qua các chu kỳ kinh doanh trên địa bàn rất phù hợp.

Chương 3

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

3.1.1 Nghiên cứu ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến độ phì của đất qua các chu kỳ kinh doanh

- Đánh giá các tính chất vật lý của đất thông qua các chỉ tiêu: Dung trọng và Thành phần cơ giới của đất
- Đánh giá các tính chất hóa học của đất thông qua các chỉ tiêu: pH_{kcl} , hàm lượng Cacbon hữu cơ (C%), Đạm tổng số (N%), Lân dễ tiêu ($Pdt\%$) và các Catitron trao đổi K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} .
- Đánh giá các đặc điểm sinh học của đất thông qua các chỉ tiêu: Động vật đất, vi sinh vật tổng số và vi sinh vật phân giải lân.

3.1.2 Nghiên cứu ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến sinh trưởng, trữ lượng, năng suất và sinh khối rừng qua các chu kỳ kinh doanh

- Đánh giá ảnh hưởng của quản lý VLHCSKT đến sinh trưởng, năng suất và trữ lượng rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3 và so sánh với 2 chu kỳ kinh doanh trước đó.
- Xác định sinh khối rừng theo tuổi và từng bộ phận thân cây ở chu kỳ 3 và so sánh với 2 chu kỳ kinh doanh trước đó.

3.1.3 Nghiên cứu tích lũy các chất dinh dưỡng và khả năng cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3.

- Lượng hóa nguồn cung cấp các chất dinh dưỡng từ: Đất; VLHCSKT; tầng cây bụi, thảm tươi, thảm mục để lại ở chu kỳ 2; và lượng vật rụng hàng năm trả lại cho đất ở chu kỳ 3.
- Đánh giá khả năng sử dụng thông qua lượng tích lũy các chất dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3
- Cân đối nguồn cung cấp và khả năng sử dụng dinh dưỡng rừng trồng ở chu kỳ 3 làm cơ sở đề xuất cân bằng dinh dưỡng cho rừng trồng Keo lá tràm.

3.2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.2.1 Quan điểm và cách tiếp cận

Thực hiện luận án này, tác giả đã áp dụng hai phương pháp nghiên cứu tổng quát là: (i) Phương pháp sinh thái mô tả thông qua việc điều tra, thu thập thông tin, tài liệu thứ cấp làm cơ sở cho việc thiết kế các thí nghiệm và (ii) Phương pháp sinh thái thực nghiệm bằng việc tiến hành thiết kế và xây dựng các “thí nghiệm định vị trên đồng ruộng” tại hiện trường nghiên cứu.

Cách tiếp cận của luận án là nghiên cứu định vị lâu dài qua các chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm nên việc bố trí thí nghiệm cũng như thu thập số liệu có sự kế thừa ở chu kỳ 1 & 2. Các số liệu về đất, sinh trưởng, năng suất và sinh khối rừng được kế thừa từ kết quả nghiên cứu của dự án “*Quản lý lập địa và năng suất rừng trồng Keo ở Việt Nam*” thực hiện từ 2002 – 2007 do tổ chức CIFOR tài trợ. Rừng thí nghiệm này được gọi là chu kỳ 2 được thiết lập năm 2002 và khai thác năm 2008 gồm 3 công thức thí nghiệm và 5 lần lặp lại với các công thức F1 (lấy đi toàn bộ VLHCSKT); Fm (để lại VLHCSKT) và Fh để lại gấp đôi lượng VLHCSKT (di chuyển toàn bộ VLHCSKT từ F1 sang).

Luận án đã tiếp tục thực hiện nghiên cứu từ năm 2008 (cuối chu kỳ 2) trước khi khai thác rừng để thiết lập thí nghiệm ở chu kỳ 3 và theo dõi đến năm 2013. Bên cạnh đó, có sự thay đổi và bổ sung thêm các nội dung nghiên cứu cho phù hợp, cụ thể là: (i) Công thức Fh khi để lại gấp đôi lượng VLHCSKT sẽ không còn phù hợp với điều kiện thực tế sản xuất và được thay đổi ở chu kỳ 3 bằng việc để lại VLHCSKT và bón bổ sung thêm 300g Lân/cây; (ii) Bổ sung thêm nội dung nghiên cứu mới về quá trình phân hủy VLHCSKT, nghiên cứu hệ động vật đất, VSV trong đất, đánh giá cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng, ...

3.2.2 Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm của đề tài luận án được gọi là rừng trồng chu kỳ 3, được bố trí trên nền của rừng trồng chu kỳ 2 theo kiểu khối đầy đủ ngẫu nhiên (*The Randomized Complete Block Design - RCBD*), gồm 3 công thức và 5 lần lặp lại. Phương pháp bố trí thí nghiệm này dựa theo phương pháp nghiên cứu trong quản lý lập địa rừng

trồng Nhiệt đới của Trung tâm Nghiên cứu Lâm nghiệp Quốc tế (CIFOR), (Tiarks và cs., 1998). Thí nghiệm gồm các công thức sau:

Fl: Lấy đi toàn bộ vật liệu hữu cơ sau khai thác ở chu kỳ 1 và 2.

Fm: Để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác ở cả chu kỳ 1 và chu kỳ 2.

Fh: Để lại gấp đôi vật liệu hữu cơ sau khai thác ở chu kỳ 1; để lại VLHCSKT rừng chu kỳ 2 và đồng thời bón lót 300g super phosphate 16,5% P_2O_5 /cây.

Ghi chú: Gấp đôi VLHCSKT ở chu kỳ 2 được di chuyển từ công thức Fl sang. Loại phân bón super phosphate hàm lượng 16,5% P_2O_5 , thì trong 100g lân thương phẩm chỉ có 7,2gP. Cách tính như sau:

$P = 16,5\% \times (31 \times 2) / [(31 \times 2) + (16 \times 5)]$. Với mật độ trồng 1.667 cây/ha và bón 300 g P_2O_5 thì lượng phân lân nguyên tố là: $300g P_2O_5/cây \times 7,2 gP \times 1.667 \text{ cây/ha} = 36 \text{ kgP/ha}$

Toàn bộ gốc và rễ cây cũng được để lại sau khai thác rừng để trồng mới ở chu kỳ 2 & 3. Cây trồng ở chu kỳ sau được bố trí trồng ở giữa hàng của chu kỳ trước để huy động tối đa nguồn dinh dưỡng cho cây hấp thụ. Tổng diện tích rừng trồng thí nghiệm là 4 ha, được chia làm 2 phần cụ thể như sau:

+ Ô chính gồm 3 công thức thí nghiệm được bố trí 5 lần lặp lại. Tổng diện tích của 15 ô thí nghiệm là 17.280 m², diện tích mỗi ô là 1.152 m² (12 hàng x 16 cây/hàng), trong đó diện tích ô đo đếm là 576 m² (8 hàng x 12 cây/hàng = 96 cây), diện tích vùng đệm là 576 m² gồm 2 hàng cây bao xung quanh ô đo đếm (96 cây). Với kích thước ô và cách thu thập số liệu như vậy sẽ hạn chế được sự tác động của các yếu tố bên ngoài làm ảnh hưởng tới kết quả nghiên cứu của luận án.

+ Ô phụ được thiết kế để lấy mẫu sinh khối hàng năm diện tích 720 m² (108 cây/ô)

Vườn điều	Rừng Tẻch		Rừng Cao su					Rừng cao su
	Đường đi	Sơ đồ bố trí thí nghiệm chính						
		Lặp I	Lặp II	Lặp III	Lặp IV	Lặp V		
		Fm	Fh	Fh	Fl	Fl		
		Fh	Fm	Fl	Fm	Fh		
		Fl	Fl	Fm	Fh	Fm		
		Thí nghiệm phụ: Khu vực lấy mẫu sinh khối hàng năm						
	Fh		Fl	Fm				

Hình 3.1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

3.2.3 Phương pháp thu thập và phân tích số liệu theo nội dung nghiên cứu

- **Phương pháp nghiên cứu độ phì của đất qua các chu kỳ kinh doanh**

- *Lấy mẫu đất*

+ Mẫu đất phân tích tính chất vật lý và hóa học: Mẫu được lấy ở các công thức khác nhau bằng khoan tay loại có độ khoan sâu tối đa 50cm, đường kính mũi khoan 3,0cm. Mỗi ô thí nghiệm được lấy từ 10 điểm (10 mũi khoan) dải đều trên ô với 2 độ sâu tầng đất là từ 0 - 10cm và 10 - 20cm. Những mẫu của cùng độ sâu tầng đất được trộn lại thành



Hình 3.2. Lấy mẫu đất hàng năm

một mẫu hỗn hợp. Từ mỗi mẫu hỗn hợp, lấy hai mẫu phụ ngẫu nhiên và phơi khô không khí. Một nửa của mẫu phụ sẽ được dùng cho phân tích và nửa còn lại được lưu trữ. Mẫu đất sau khi nghiền, có kích cỡ hạt đất nhỏ hơn 2mm sẽ được dùng để phân tích hóa học. Thời gian lấy mẫu đất định kỳ vào tháng 7 hàng năm. Lấy mẫu để xác định dung trọng đất: Sử dụng ống kim loại hình trụ đường kính 10cm, thể tích 1dm^3 lấy mẫu ở phần đất chính không bị tác động từ mỗi điểm tại mỗi ô thí nghiệm ở 2 tầng phát sinh 0 – 10cm và từ 10 - 20cm.

+ Mẫu đánh giá động vật đất: Trên mỗi ô thí nghiệm, mẫu đất được lấy từ 3 công thức x 3 lần lặp x 2 lần/năm = 18 mẫu/năm, diện tích ô mẫu 1 x 1m sâu 0,1m. Đất được lấy toàn bộ và làm nhỏ để đếm toàn bộ động vật đất có kích thước $> 0,2\text{cm}$ như: kiến, giun, dế, mối, sâu, bọ, ...

+ Mẫu phân tích vi sinh vật tổng số và vi sinh vật phân giải lân: Mẫu đánh giá tổng số vi sinh vật trong đất và vi sinh vật phân giải lân: Trên mỗi ô thí nghiệm, mẫu đất đất được lấy từ 3 công thức x 3 lần lặp x 3 vị trí lấy khác nhau x 2 lần/năm = 54 mẫu/năm, diện tích ô mẫu 10 x 10 x 10cm.



Hình 3.3. Lấy mẫu phân tích VSV đất

Vị trí lấy mẫu cách gốc cây 0 - 30cm, 30 - 80cm và 80 - 150cm tương ứng với địa điểm gần gốc cây, giữa tán cây và ngoài tán cây. Mẫu sau khi lấy được bảo quản tươi trong thùng đá và đem về phân tích ngay tại phòng thí nghiệm. Thời gian lấy mẫu định kỳ 2 lần/năm vào mùa khô (tháng 3) và mùa mưa (tháng 8 hàng năm).

- *Phương pháp phân tích mẫu đất*

Phương pháp phân tích mẫu trong phòng, được thực hiện theo các qui trình phòng thí nghiệm. Phương pháp phân tích đất theo sổ tay phân tích đất, nước, phân bón cây trồng của Viện Nông hóa thổ nhưỡng, 1998 [39] và có tham khảo tài liệu từ trung tâm thông tin và đất Quốc tế (International soil reference and information centre, ISRIS/FAO của tác giả *van Reeuwijk*, 1995), cụ thể như sau:

C-tổng số	Phương pháp Walkley-Black
N- tổng số	Công phá mẫu bởi hỗn hợp sulphuric acid –selenium và hydrogen peroxide 30% và chưng cất bằng phương pháp Kjeldahl.
P- dễ tiêu	Phương pháp so màu theo dãy màu tiêu chuẩn, trích bằng dung dịch Bray-I (0.03M NH_4F và 0.025M HCl).
K trao đổi	Trích bằng dung dịch NH_4Cl (1M) và đo bằng phương pháp quang kế ngọn lửa.
Ca và Mg trao đổi	Trích bằng dung dịch NH_4Cl (1M) và phương pháp hấp phụ nguyên tử (AAS).
pH	Hòa tan đất trong dung dịch KCl nồng độ 1M với tỷ lệ 1: 2,5
Dung trọng	Dung trọng được xác định bằng phương pháp xác định thể tích, các mẫu được sấy khô ở 105^0C để xác định trọng lượng khô.
Thành phần cơ giới	Dùng phương pháp phân tích thành phần cấp hạt. Sử dụng công cụ là ống hút Robinson để xác định tỷ lệ 3 cấp hạt.

Phương pháp phân tích vi sinh vật tổng số (*CFU/g*) áp dụng tiêu chuẩn TCVN 4881-1989 và TCVN 4884:2001 về “Vi sinh vật học – hướng dẫn chung về định lượng vi sinh vật – kỹ thuật đếm khuẩn lạc ở 30^0C ”

Phương pháp phân tích vi sinh vật phân giải lân (*CFU/g*) áp dụng TCVN 6167:1996 về “Phân bón vi sinh vật phân giải hợp chất photpho khó tan Phosphat-solubling microbial fertilizer”.

Phương pháp tính thành phần dinh dưỡng trong đất qui đổi ra (ha) được thể hiện ở các công thức (3.1); 3.2) và 3.3) dưới đây :

- Đối với *Organic Cacbon (OC)* và *Đạm tổng số (N_{ts})*

$$X \text{ (kg/ha)} = BD \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 10.000 \text{ (m}^2\text{)} \times SD \text{ (m)} \times TPDD \text{ (\%)} \quad (3.1)$$

- Đối với lân dễ tiêu (P_{dt}):

$$X \text{ (kg/ha)} = BD \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 10.000 \text{ (m}^2\text{)} \times SD \text{ (m)} \times TPDD \text{ (mg/kg)} \quad (3.2)$$

- Đối với các cation trao đổi K^+ , Ca^{2+} và Mg^{2+}

$$X \text{ (kg/ha)} = BD \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 10.000 \text{ (m}^2\text{)} \times SD \text{ (m)} \times TPDD \text{ (Cmol}_c\text{/kg)} \times ME \text{ (mg/100g)} \quad (3.3)$$

Trong đó: X: thành phần dinh dưỡng trong đất cần tìm;

BD: dung trọng theo tầng đất;

10.000m² là diện tích cho 1ha;

SD: độ sâu tầng đất;

TPDD: Thành phần dinh dưỡng chất X ở trong đất;

ME là đương lượng gam của các cation trao đổi mg/100 gram đất.

($K^+ = 39$, $Ca^{2+} = 20$, và $Mg^{2+} = 12$)

- **Phương pháp nghiên cứu sinh trưởng, trữ lượng, năng suất và sinh khối trên mặt đất của rừng trồng qua các chu kỳ kinh doanh**

- *Đánh giá sinh trưởng rừng:*

- + Số liệu về sinh trưởng, trữ lượng, năng suất, sinh khối rừng ở chu kỳ 1, 2 đề tài luận án kế thừa số liệu của dự án CIFOR (2002 - 2007) làm cơ sở để đánh giá qua các chu kỳ kinh doanh.

- + Đo rừng trồng thí nghiệm ở cuối



Hình 3.4. Lấy mẫu sinh khối hàng năm

chu kỳ 2 trước khi khai thác, đo sinh trưởng rừng ở chu kỳ 3 định kỳ 1 lần/năm, đo định vị toàn bộ số cây trong các công thức thí nghiệm theo các lần lặp, các chỉ tiêu gồm: Tỷ lệ sống (%), H_{vn} (m), $D_{1.3}$ (cm).

- *Xác định năng suất và trữ lượng rừng:*

- + Xác định trữ lượng rừng ở chu kỳ 2 trước khi tiến hành thí nghiệm: Đo toàn bộ đường kính ($D_{1.3}$), chiều cao cây (H_{vn}) và giải tích 15 cây tiêu chuẩn đại diện cho các cấp kính khác nhau ở lô phụ làm cơ sở xác định trữ lượng của lâm phần để xác định tổng lượng lấy ra và lượng VLHC để lại sau khai thác.
- + Xác định trữ lượng rừng trồng chu kỳ 3: Hàng năm, rừng trồng thí nghiệm chu kỳ 3 cũng được đo đếm các tiêu sinh trưởng $D_{1.3}$ và H_{vn} làm cơ sở xác định trữ lượng của lâm phần.

- *Lấy mẫu sinh khối hàng năm:*

- + Đối với rừng trồng ở chu kỳ 2:

Trước khi khai thác rừng tiến hành đo sinh trưởng các chỉ tiêu: $D_{1.3}$; H_{vn} tất cả các cây trong lâm phần, sau đó chọn ra 15 cây mẫu tiêu chuẩn đại diện cho các cấp kính được chặt hạ để tính sinh khối phần trên mặt đất, tính toán lượng lấy ra và để lại. Trong 15 cây mẫu chọn ra 6 cây để phân tích thành phần dinh dưỡng. Mỗi cây được cắt làm 5 đoạn bằng nhau,

các bộ phận cây như thân, vỏ, cành, lá và hoa quả được xác định trọng lượng tươi ngay tại hiện trường và được lấy mẫu đại diện có trọng lượng 0,5kg cho từng bộ phận. Số liệu giải tích cây từ năm 2002 - 2007 luận án kế thừa kết quả nghiên cứu của dự án CIFOR.

- + Đối với rừng trồng chu kỳ 3: Hàng năm tiến hành đo sinh trưởng và cũng chọn ra 15 cây tiêu chuẩn đại diện cho các cấp kính để giải tích và lấy mẫu sinh khối và 6 cây được chọn để phân tích thành phần hóa học trong thân, vỏ, cành, lá và hoa quả.

- Áp dụng công thức (3.4) dưới đây để tính toán trữ lượng rừng:

$$M = \sum_{i=1}^n [3.14 \times (D_i/2)^2 \times H_i \times 0.5] \times 10.000/S \quad (3.4)$$

Trong đó:

M Trữ lượng rừng (m^3/ha)

Di	Đường kính của cây i ở vị trí 1,3m
Hi	Chiều cao vút ngọn cây i (m)
n	Số cây trong ô thí nghiệm
0,5	Hình số f (hệ số độ thon thân cây)
S	Diện tích ô thí nghiệm (m ²)

Tính toán sinh khối: Từ 15 cây tiêu chuẩn giải tích lấy mẫu sinh khối sẽ lập phương trình tương quan giữa đường kính và trọng lượng khô của cây cá thể có dạng hàm: $Y = aX^b$. Trong đó Y trọng lượng khô và X là đường kính ngang ngực, a và b là các hệ số để ước tính sinh khối khô của cây rừng từ đó để xác định sinh khối theo từng công thức thí nghiệm và cho cả lâm phần.

- **Phương pháp nghiên cứu tích lũy các chất dinh dưỡng và khả năng cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng ở chu kỳ 3**

- *Xác định tốc độ phân huỷ vật liệu hữu cơ sau khai thác*

Vật liệu được lấy từ rừng khai thác ở chu kỳ 2 bao gồm: Lá; Cành < 1 cm; Cành từ 1 - 5cm được cắt thành các đoạn dài 1cm. Khối lượng mỗi mẫu khô là 25g, khối lượng này được cho vào túi lưới nylon kích thước 20 x 20cm có mắt lưới rộng 2mm. Tổng cộng gồm 210 mẫu các loại (5 lần lặp lại x 14 lần khảo sát x 3 loại vật liệu). Các mẫu được đặt rải đều trên ô thí nghiệm dưới mặt đất ở công thức Fm của rừng trồng chu kỳ 3. Thời gian khảo sát 14 lần vào các thời điểm tháng thứ: 0, ½, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 18, 21, 24. Mỗi lần thu 5 mẫu x 3 loại vật liệu = 15 mẫu, rửa sạch để lấy phần vật liệu chưa phân huỷ mang về sấy khô ở nhiệt độ 76⁰C cho đến khi trọng lượng không đổi và cân để xác định khối lượng khô và đánh giá lượng mất đi do quá trình phân huỷ.

- *Xác định nguồn dinh dưỡng có khả năng bổ sung cho đất*

Các nguồn dinh dưỡng có khả năng bổ sung cho đất từ 3 nguồn chính là: lượng chất dinh dưỡng tích lũy trong VLHCKT; dinh dưỡng của tầng thảm mục, cây bụi thảm tươi để lại và lượng vật rụng hàng năm của rừng ở chu kỳ 3. Phương pháp bố trí thí nghiệm, thu thập mẫu và phân tích cụ thể như sau:

+ Xác định lượng VLHC để lại sau khai thác bằng việc tính trọng lượng sinh khối của toàn bộ cành, ngọn có đường kính $< 5\text{cm}$ lá cây, hoa, quả,... ở chu kỳ 2. Phương pháp xác định sinh khối tươi, khô và lấy mẫu phân tích thành phần dinh dưỡng các chất trong từng loại VLHC để lại sau khai thác đã trình bày ở trên.

+ Xác định sinh khối cây bụi, thảm tươi và thảm mục dưới tán rừng bằng việc bố trí đặt các lưới ô vuông kích thước 1m^2 ($1 \times 1\text{m}$), tổng số gồm 25 lưới ô vuông rải đều trên các ô thí nghiệm. Tại đây phân loại và thu gom tất cả các thành phần như : cây bụi, cỏ, cành, lá, quả (tươi và khô). Mẫu sau khi thu được đem về sấy khô ở nhiệt độ 76°C trong 48 giờ đến khi trọng lượng không đổi để tính sinh khối khô và phân tích hàm lượng các chất dinh dưỡng.

+ Xác định lượng vật rụng ở chu kỳ 3 bằng việc thu thập mẫu vật rụng hàng năm ở các bẫy lượng rơi có kích thước 1m^2 ($1 \times 1\text{m}$) đặt cách mặt đất 50cm tại 5 ô của công thức thí nghiệm Fm, trong mỗi ô đặt ngẫu nhiên 5 bẫy. Tổng số bẫy lượng rơi là 25 cái. Thời gian thu mẫu từ khi rừng có lượng vật rụng đáng kể (bắt đầu thu ở tuổi 2 đến tuổi 5); mẫu được thu 2 lần/tháng vào ngày 15 và 30 hàng tháng. Để xác định trọng lượng khô bằng cách sấy mẫu ở nhiệt độ 76°C trong 48 giờ khi trọng lượng khô không còn thay đổi. Hàng năm, mẫu lượng rơi được trộn đều và lấy mẫu để phân tích thành các chất dinh dưỡng gồm: N, P, K, Ca và Mg.

- *Xác định nguồn dinh dưỡng tích lũy trong cây*

+ Lấy mẫu phân tích: Để xác định nguồn dinh dưỡng tích lũy trong cây của rừng thí nghiệm chu kỳ 3 thông qua giải tích 15 cây tiêu chuẩn/năm rải đều theo cấp kính để xác định sinh khối tươi, khô và phân tích hàm lượng các chất dinh dưỡng tích lũy trong cây.

+ Phương pháp phân tích các mẫu thực vật: Phân tích thành phần các chất dinh dưỡng trong thực vật gồm 5 chất dinh dưỡng chủ yếu là N, P, K, Ca, Mg. Phương pháp công phá mẫu thực vật bằng acid sulphuric (H_2SO_4) đậm đặc kết hợp với peroxide (H_2O_2) cho đến khi mẫu trắng hoàn toàn và lấy một lượng được xác định để phân tích N, P, K, Ca và Mg tổng số theo tác giả áp dụng theo Lowther, 1980 như sau:

N: phương pháp Kjeldahl;

P: phương pháp so màu;

K: Xác định bằng máy quang kế ngọn lửa;

Ca và Mg: Xác định bằng máy hấp thụ nguyên tử.

+ Tính toán số liệu: Từ tổng sinh khối theo từng bộ phận thân cây của các công thức thí nghiệm được tính toán cho từng thành phần các chất dinh dưỡng và qui đổi ra 01 ha. Áp dụng công thức (3.5) dưới đây để tính toàn thành phần các dinh dưỡng C, N, P, K, Ca, Mg trong cây:

$$X \text{ (kg/ha)} = \sum [SK_{BPI} \text{ (tấn/ha)} \times NC \text{ (kg/ha)}] \quad (3.5)$$

Trong đó: X: thành phần dinh dưỡng trong cây cần tìm;

SK_{BPI} : Tổng sinh khối bộ phận của cây;

BPI: Bộ phận là thân, cành lớn, cành nhỏ, vỏ hoặc lá cây;

NC: Hàm lượng dinh dưỡng của X theo từng bộ phận của cây.

3.2.4 Phương pháp xử lý số liệu

- Phân tích tính chất vật lý, hóa học của đất và phân tích mẫu vật liệu hữu cơ sau khai thác, vật rụng, phân hủy thực vật, sinh khối và thành phần các chất dinh dưỡng trong thực vật được thực hiện tại phòng phân tích của bộ môn sinh thái môi trường rừng thuộc Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ.
- Phân tích VSV tổng số và VSV phân giải lân được thực hiện tại phòng thí nghiệm vi sinh của Viện Khoa học Nông nghiệp Miền Nam
- Số liệu đánh giá ở các công thức được tính từ giá trị trung bình của các lần lặp của mỗi công thức thí nghiệm.
- Số liệu thu thập được xử lý theo phương pháp thống kê sinh học với phần mềm Genstat version 12.0 và Excel 7.0 để tính toán. Sử dụng trắc nghiệm Duncan để xếp hạng các chỉ tiêu đánh giá theo mức độ khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê. Phương pháp tính và phân tích hồi qui tương quan theo Nguyễn Ngọc Kiểng (1996).

Chương 4

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1 Ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến độ phì đất qua các chu kỳ kinh doanh

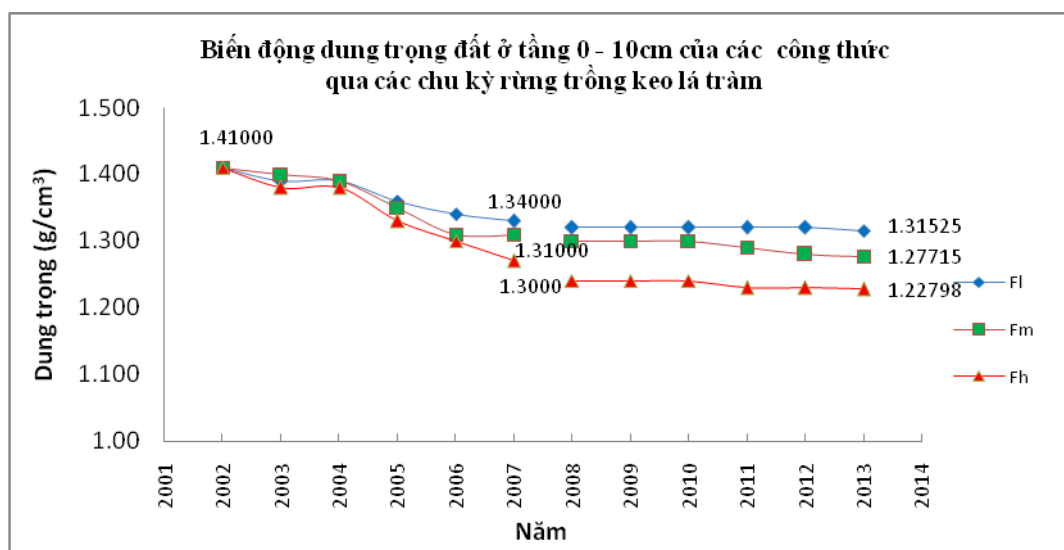
4.1.1 Tính chất vật lý của đất

a) Chỉ tiêu dung trọng đất

Dung trọng đất là một chỉ tiêu rất quan trọng để đánh giá độ tơi xốp của đất. Kết quả đánh giá diễn biến chỉ tiêu dung trọng đất ở tầng đất từ 0 – 10cm và từ 10 – 20cm của trồng rừng Keo lá tràm qua các chu kỳ sau của các công thức thí nghiệm khi để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác như sau :

+ Ở tầng đất từ 0 - 10cm

Dung trọng đất biến động theo thời gian qua hai chu kỳ kinh doanh, ở tầng đất từ 0 - 10cm được thể hiện ở hình 4.1 dưới đây:



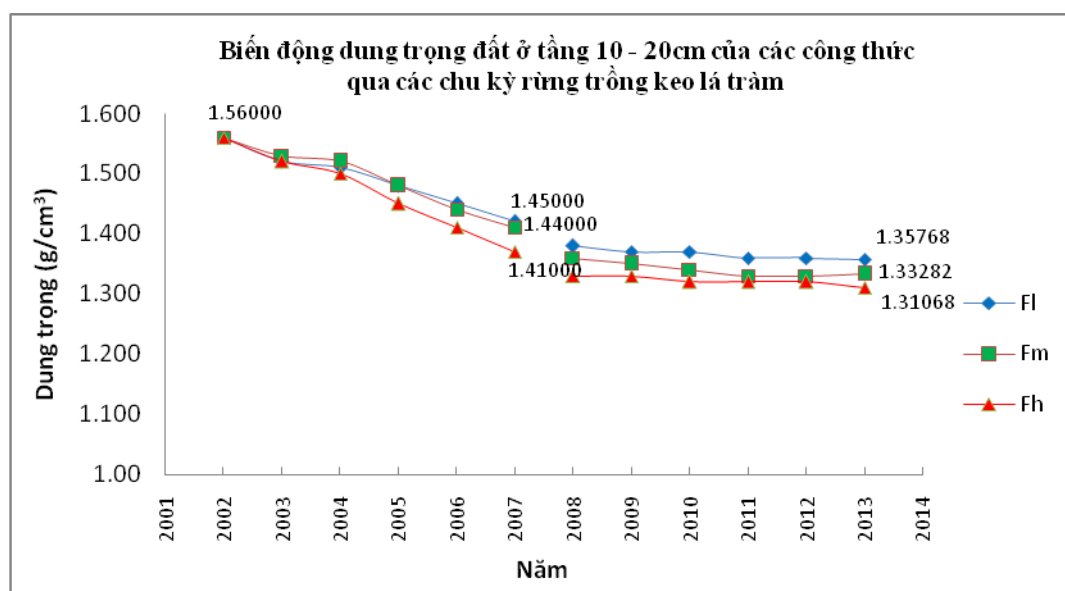
Hình 4.1. Biến động dung trọng đất ở tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau

Kết quả ở hình 4.1 cho thấy: Dung trọng của đất đã được cải thiện qua 2 chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm. Ở tầng đất từ 0 - 10cm đã có sự khác biệt khá rõ rệt giữa các công thức. Cụ thể, ở đầu chu kỳ 2 dung trọng đất là 1,41 g/cm³ nhưng đến giai đoạn 5 tuổi của rừng trồng chu kỳ 3 (sau 11 năm) thì công thức Fh có dung trọng nhỏ nhất (1,23 g/cm³), kế đến là công thức Fm (1,28 g/cm³) và thấp nhất là

công thức Fl ($1,32 \text{ g/cm}^3$). Điều này chứng tỏ độ xốp của đất đã được cải thiện khi để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác qua 2 chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm và ở chu kỳ 3 dung trọng của đất đã được cải thiện rõ rệt so với rừng trồng ở 2 chu kỳ trước đó.

+ Ở tầng đất từ 10 - 20cm

Kết quả đánh giá diễn biến dung trọng đất ở tầng đất từ 10 - 20cm theo thời gian, được thể hiện ở hình 4.2 dưới đây :



Hình 4.2. Biến động dung trọng đất ở tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau

Dung trọng đất ở tầng từ 10 - 20cm cũng có sự khác biệt khá rõ rệt giữa các công thức, cụ thể $F_h < F_m < F_l$. Như vậy, khi để lại VLHCSKT thì dung trọng đất cũng được cải thiện góp phần làm tăng độ xốp của đất qua các chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm.

b) Chỉ tiêu thành phần cơ giới đất

Thành phần cơ giới của đất là hàm lượng phần trăm của các cấp hạt có kích thước khác nhau khi đoàn lạp đất trong trạng thái bị phá hủy. Thành phần cơ giới đặc trưng cho kết cấu đất và rất ít biến đổi trong thời gian ngắn. Trong phạm vi nghiên cứu của luận án, tác giả chỉ đánh giá ở công thức Fh có cường độ tác động mạnh nhất thông qua việc để lại VLHCSKT ở 2 chu kỳ sau. Kết quả đánh giá ở 3

giai đoạn là cuối chu kỳ 1 (năm 2002), cuối chu kỳ 2 (năm 2008) và chu kỳ 3 (năm 2013) được tổng hợp ở bảng 4.1 dưới đây:

Bảng 4.1. Chỉ tiêu thành phần cơ giới của đất qua các chu kỳ kinh doanh

TPCG	Tầng đất từ 0 - 10cm (tỉ lệ % cấp hạt)			Tầng đất từ 10 - 20cm (tỉ lệ % cấp hạt)		
	Sét (<0,002mm)	Limon (0,002-0,05mm)	Cát (0,05-2mm)	Sét (<0,002mm)	Limon (0,002-0,05mm)	Cát (0,05-2mm)
Chu kỳ 1 (2002)	17,96	24,24	57,58	13,75	19,85	66,40
Chu kỳ 2 (2008)	17,70	25,80	56,50	12,70	21,20	66,00
Chu kỳ 3 (2013)	17,04	27,29	55,67	13,58	22,67	63,75

Từ kết quả ở bảng 4.1 cho thấy: Sau 11 năm thành phần cơ giới của đất không bị xáo trộn nhiều do không có tác động cày xới ở cả 3 chu kỳ rừng trồng. Tuy nhiên, xu hướng hàm lượng cát giảm và hàm lượng đất thịt (hạt limon) tăng lên ở cả 2 tầng đất từ 0 - 10cm và từ 10 - 20cm. Điều này chứng tỏ rằng, khi để lại VLHCSKT qua nhiều chu kỳ kinh doanh có thể góp phần cải thiện kết cấu của đất.

4.1.2 Tính chất hóa học của đất

a) Chỉ tiêu pH của đất

Mức độ pH (hay nồng độ H^+) của đất ít khi có ảnh hưởng trực tiếp trên sinh trưởng cây trồng, nhưng rất quan trọng vì nó xác định sự hữu dụng của các dinh dưỡng khoáng cho cây. Khi pH thấp có ảnh hưởng xấu đến sự hữu dụng của N, K, Ca, Mg. Tuy nhiên, phản ứng độ chua của đất còn dựa vào nhiều nguyên nhân khác như: (i) Khí hậu, khi nhiệt độ càng cao, lượng mưa càng lớn thì quá trình phá hủy đá và rửa trôi vật chất diễn ra càng mạnh, làm cho lượng chất kiềm giảm nên đất chua ; (ii) Quá trình hoạt động của sinh vật, thực vật, động vật và vi sinh vật đất ; (iii) hay ảnh hưởng của phân bón, ...

Trong luận án này, tác giả đánh giá phản ứng độ chua của đất diễn biến ở chu kỳ 2 và 3 của rừng trồng Keo lá tràm ở các công thức khác nhau khi để lại vật liệu hữu

cơ sau khai thác được thông qua pH_{kcl} . Kết quả đánh giá ở tầng đất từ 0 - 10cm được tổng hợp ở bảng 4.2 dưới đây:

Bảng 4.2. Chỉ tiêu pH_{kcl} đất ở tầng đất 0 - 10cm của các công thức

Công thức	F1	Fm	Fh
Chu kỳ 2 (2002 – 2008)			
2002	4,00±0,14	4,05±0,12	4,01±0,09
2003	3,84±0,11	3,88±0,12	3,89±0,08
2004	3,69±0,12	3,68±0,20	3,79±0,11
2005	3,96±0,14	3,96±0,15	3,95±0,15
2006	3,94±0,20	3,99±0,12	3,96±0,19
2007	3,95±0,20	4,00±0,12	3,97±0,10
Chu kỳ 3 (2008-2013)			
2008	3,98±0,14	3,98±0,18	3,99±0,22
2009	4,05±0,17	4,06±0,18	4,01±0,14
2010	3,93±0,15	4,01±0,16	3,90±0,21
2011	3,81±0,14	3,81±0,16	3,82±0,19
2012	3,84±0,19	3,83±0,15	3,84±0,14
2013	3,84±0,02	3,84±0,03	3,81±0,03

Chỉ tiêu pH_{kcl} đất ở tầng đất 0 - 10cm của cả 3 công thức thí nghiệm đều ở mức chua. Qua 2 chu kỳ kinh doanh thì độ chua trao đổi (pH_{kcl}) ít có sự biến động. Từ kết quả bảng 4.2 cho thấy: Giữa các công thức thí nghiệm không có sự khác biệt nhiều về chỉ tiêu pH_{kcl} đất và sau 2 chu kỳ trồng rừng Keo lá tràm có áp dụng các kỹ thuật quản lý VLHCSKT không làm đất bị chua.

+ Ở tầng đất từ 10 - 20cm

Chỉ tiêu pH_{kcl} ở tầng đất từ 10 - 20cm của các công thức ở chu kỳ 2 và 3 được tổng hợp ở bảng 4.3 dưới đây:

Bảng 4.3. Chỉ tiêu pH_{kcl} đất ở tầng đất 10 - 20cm của các công thức

Công thức	F1	Fm	Fh
Chu kỳ 2 (2002 - 2008)			
2002	4,00±0,08	4,07±0,08	4,01±0,14
2003	3,88±0,16	3,89±0,09	3,90±0,12
2004	3,71±0,13	3,72±0,18	3,72±0,20
2005	4,00±0,11	4,00±0,20	3,97±0,14
2006	3,94±0,14	3,97±0,16	3,96±0,21
2007	3,95±0,14	3,98±0,11	3,97±0,12
Chu kỳ 3 (2008-2013)			
2008	4,00±0,17	3,91±0,13	3,99±0,18
2009	4,00±0,19	4,09±0,13	4,00±0,11
2010	3,95±0,17	4,17±0,18	3,89±0,19
2011	3,85±0,17	3,82±0,15	3,86±0,22
2012	3,87±0,15	3,85±0,12	3,88±0,17
2013	3,87±0,02	3,88±0,02	3,87±0,02

Như vậy, ở tầng đất từ 10 - 20cm thì độ chua (pH_{kcl}) của đất cũng khá ổn định, không có sự thay đổi lớn và chưa có sự khác biệt giữa các công thức thí nghiệm.

Trong cả 2 chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm khi áp dụng kỹ thuật quản lý VLHCSKT ở tầng đất từ 0 - 10cm thì cả 3 công thức đều có phản ứng của môi trường đất chua. Sự biến động về chỉ tiêu pH không lớn giữa các công thức thí nghiệm. Trong những năm đầu trồng rừng ở cả 2 chu kỳ kinh doanh thì pH_{kcl} đều có xu hướng giảm và tăng dần trở lại ở những năm sau.

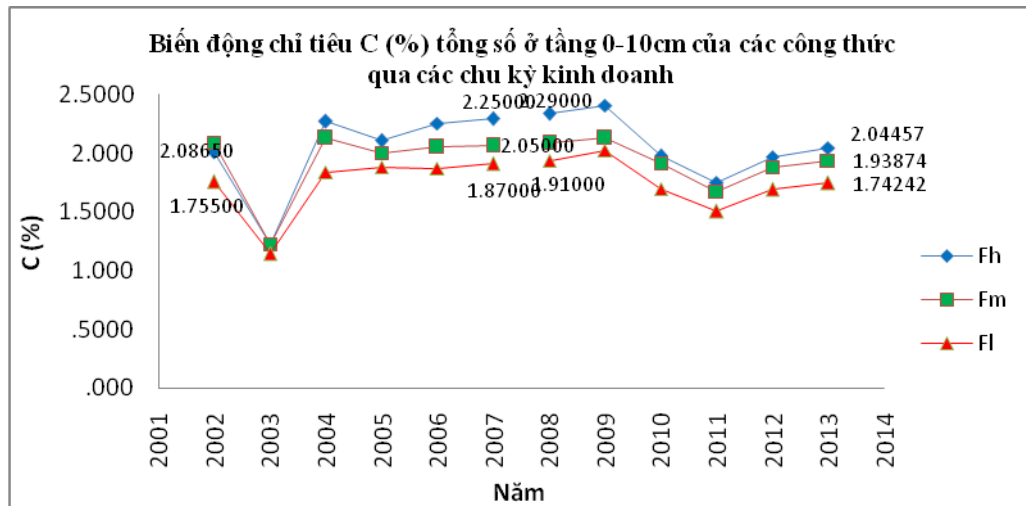
Khu vực nghiên cứu có tính chất đất chua và khá ổn định qua các chu kỳ kinh doanh. Độ chua pH_{kcl} của đất ở cả 2 tầng 0 - 10cm và từ 10 - 20cm chưa có sự khác biệt giữa các công thức qua cả 2 chu kỳ kinh doanh. Xu hướng pH_{kcl} có phần giảm nhẹ trong những năm đầu mới trồng rừng có thể do nguyên nhân là sau khi khai thác và trồng mới lại rừng do mất thảm thực vật che phủ hoặc rừng chưa kịp khép tán nên đã có sự xói mòn, rửa trôi tầng đất mặt nhưng ở mức độ thấp.

b) Chỉ tiêu Cacbon hữu cơ

- Tỷ lệ % Cacbon hữu cơ trong đất

+ Tầng đất từ 0 - 10cm

Kết quả đánh giá lượng Cacbon hữu cơ ở tầng đất từ 0 - 10cm qua 2 chu kỳ kinh doanh được thể hiện ở hình 4.3 dưới đây:

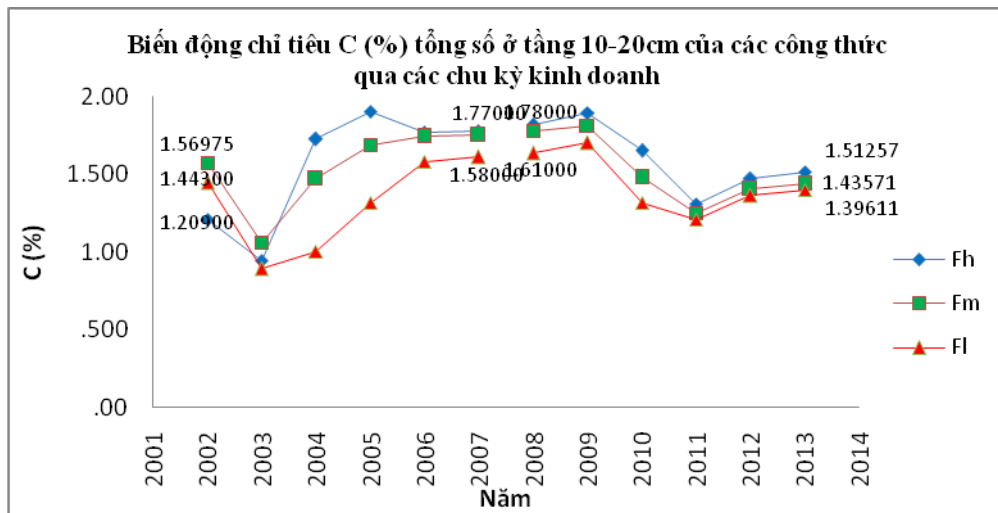


Hình 4.3. Biến động Cacbon hữu cơ tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau

Như vậy, ở tầng đất từ 0 - 10cm chỉ cần để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác đã làm cải thiện lượng Cacbon hữu cơ trong đất so với công thức đối chứng Fl khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT. Điều này được thể hiện ở cả 2 chu kỳ kinh doanh 2 và 3. Khi công thức Fh tối đa về dinh dưỡng luôn có mức độ cải thiện lượng Cacbon hữu cơ trong đất là tốt nhất. Sự khác biệt giữa các công thức thí nghiệm đều có ý nghĩa về mặt thống kê.

+ Tầng đất từ 10 - 20cm

Lượng Cacbon hữu cơ ở tầng đất từ 10 - 20cm được thể hiện ở hình 3.4 dưới đây:



Hình 4.4. Biến động Cacbon hữu cơ tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau

Khi so sánh 3 công thức về để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác ở các mức độ khác nhau cho thấy: Lượng Cacbon hữu cơ của công thức Fh ở tầng đất từ 10 - 20cm luôn cho giá trị tốt nhất, kế tiếp là công thức Fm và thấp nhất là công thức Fl, nhưng sự khác biệt giữa các công thức không lớn.

Ở cả 2 tầng đất từ 0 - 10cm và 10 - 20cm, trong cả 2 chu kỳ sau của rừng trồng Keo lá tràm thì 1 - 3 năm đầu tiên cả 3 công thức có lượng chất hữu cơ Cacbon (C%) có phần giảm xuống và bắt đầu từ năm thứ 4 có xu hướng tăng dần theo tuổi cây. Điều này có thể được giải thích rằng, khi cây còn nhỏ thì lượng sinh khối thấp nên nhu cầu dinh dưỡng chưa nhiều. Sau 3 năm khi rừng khép tán hay lượng sinh khối đủ lớn, điều kiện cải thiện đất nhờ giữ ẩm, hoạt động của vi sinh vật và khả năng cố định đạm của hệ rễ cây, nên chất hữu cơ trong đất đã được cải thiện và hàm lượng Cacbon có xu hướng tăng dần trở lại.

- **Tổng lượng tích lũy Cacbon trong đất qua các chu kỳ kinh doanh**

Kết quả đánh giá biến động về lượng tích lũy Cacbon trong đất của các công thức thí nghiệm ở tầng đất từ 0 - 10cm và 10 - 20cm cho thấy việc để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác đã có sự khác biệt về tổng lượng cacbon hữu cơ trong đất giữa các công thức thí nghiệm, chi tiết được tổng hợp ở bảng 4.4 dưới đây:

Bảng 4.4. Tổng lượng Cacbon tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm

Công thức	Tầng đất từ 0 - 10cm (tấn/ha)			Tầng đất từ 10 - 20cm (tấn/ha)		
	Fh	Fm	Fl	Fh	Fm	Fl
Chu kỳ 1	27,7	27,7	27,7	20,6	20,6	20,6
Chu kỳ 2	30,5	27,0	24,3	25,3	24,7	22,1
Chu kỳ 3	27,0	24,8	21,4	20,6	19,1	18,3

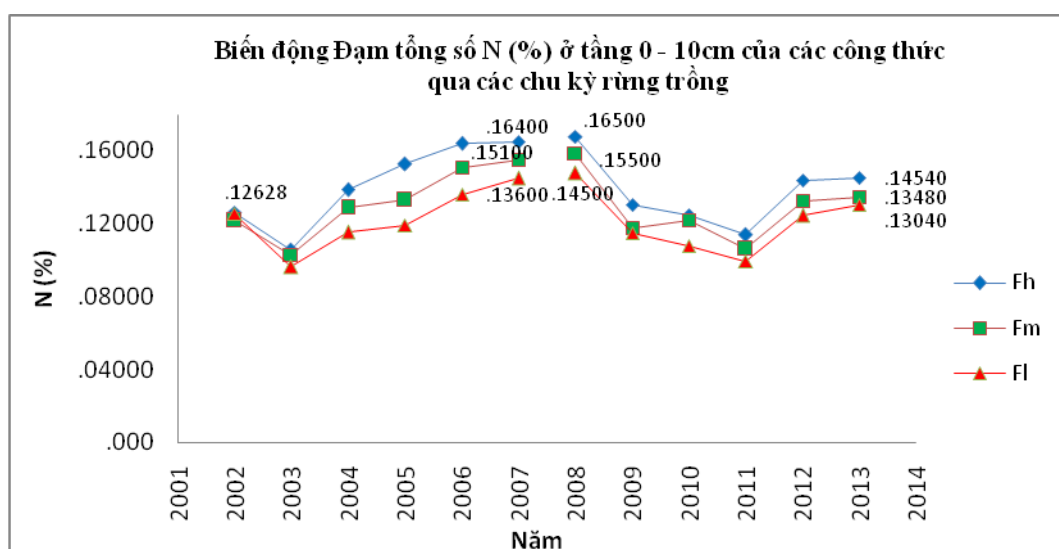
Kết quả ở bảng 4.4 cho thấy: ở tầng đất từ 0 - 10 cm có lượng Cacbon trung bình trong đất trước khi thí nghiệm (năm 2002) khoảng 27,7 tấn/ha. Qua 2 chu kỳ rừng trồng tiếp theo thì công thức Fl giảm mạnh nhất và Fm có giảm nhẹ. Đối với công thức Fh ở chu kỳ 2 có xu hướng tăng nhưng đến chu kỳ 3 lại sụt giảm. Các công thức Fm, Fh khi để lại VLHCSKT ở chu kỳ 2 & 3 có lượng cao hơn so với công thức Fl. Ở chu kỳ 3 sau 5 năm thì Fh với có lượng Cacbon cao nhất (27,0 tấn/ha), công thức Fm (24,8 tấn/ha) và thấp nhất là Fl (21,4 tấn/ha).

Ở tầng đất từ 10 - 20cm thì tổng lượng Cacbon trong đất trước khi thí nghiệm (năm 2002) là 20,6 tấn/ha. Sau 6 năm rừng trồng ở chu kỳ 2 thì tổng lượng Cacbon tích lũy ở tầng 10 - 20cm được tăng lên và công thức Fh, Fm tốt hơn so với Fl. Đến chu kỳ 3 sau 5 năm tuổi thì có sụt giảm hơn so với chu kỳ trước. Qua cả 2 chu kỳ kinh doanh 2 & 3 của rừng trồng thí nghiệm khi để lại VLHCSKT ở các mức độ khác nhau đã có sự khác biệt về tổng lượng tích lũy Cacbon trong đất ở tầng từ 10 - 20cm, với công thức thí nghiệm Fh tốt nhất sau đó đến Fm và thấp nhất là Fl.

c) Chỉ tiêu Đạm

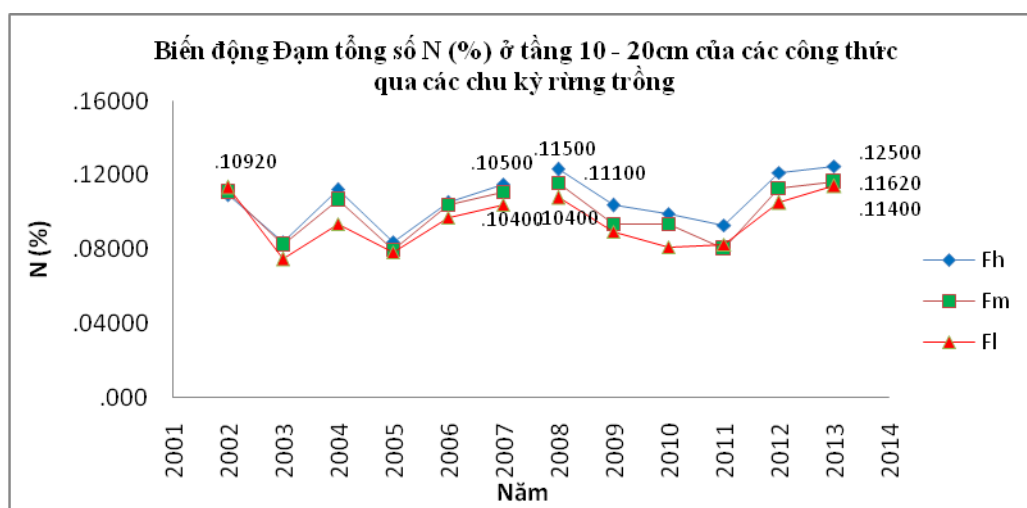
• Đạm tổng số (N%)

Đạm là một chỉ tiêu rất quan trọng giúp cho cây trồng sinh trưởng và phát triển. Sự biến động chỉ tiêu Đạm tổng số ở tầng đất từ 0 - 10cm qua các chu kỳ kinh doanh được thể hiện ở hình 4.5 dưới đây:



Hình 4.5. Biến động chỉ tiêu Đạm tổng số ở tầng đất 0 - 10cm qua các chu kỳ

Hàm lượng Đạm tổng số trong đất ở tầng đất từ 10 - 20cm qua các chu kỳ kinh doanh được thể hiện ở hình 4.6 dưới đây:



Hình 4.6. Biến động chỉ tiêu Đạm tổng số ở tầng đất 10 - 20cm qua các chu kỳ

Từ kết quả ở hình 4.5 và 4.6 cho thấy: Ở chu kỳ 2 thì hàm lượng đạm (N%) đều giảm ở hai năm đầu theo độ sâu tầng đất. Điều này có thể lý giải rằng, sau khai thác rừng và tái trồng rừng đã có sự xói mòn, rửa trôi là mất đi một lượng đạm khá lớn. Khi rừng bắt đầu khép tán ở tuổi 3 trở đi thì hàm lượng đạm có xu hướng tăng lên rõ rệt. Ở chu kỳ 3 cũng tương tự như lượng Cacbon hữu cơ, ở cả 3 công thức và hai tầng đất, hàm lượng đạm tổng số trong đất giảm trong những năm đầu và sau đó tăng dần theo tuổi rừng. Điều khác biệt ở đây là, trong 1- 2 năm đầu lượng đạm

giảm nhanh hơn Cacbon, đây cũng là đặc điểm của dưỡng chất này trong điều kiện đất trồng rừng chưa khép tán nên các chất dinh dưỡng rất dễ bị rửa trôi, xói mòn hoặc mất do quá trình bốc hơi tự nhiên. Khi so sánh giữa 3 công thức thì Fh có tỷ lệ % đạm tổng số cao nhất, kế đến là công thức Fm, thấp nhất là công thức Fl và sự khác biệt này xuất hiện ở cả 2 tầng đất từ 0 – 10cm và 10 – 20cm.

- **Tổng lượng tích lũy Nitơ tổng số trong đất qua các chu kỳ kinh doanh**

Kết quả đánh giá lượng tích lũy Nitơ tổng số trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm và 10 – 20cm được tổng hợp ở bảng 4.5 dưới đây:

Bảng 4.5. Tổng lượng Nitơ tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm

Công thức	Tầng đất từ 0 - 10cm (kg/ha)			Tầng đất từ 10 - 20cm (kg/ha)		
	Fh	Fm	Fl	Fh	Fm	Fl
Chu kỳ 1	1.704	1.704	1.704	1.606	1.606	1.606
Chu kỳ 2	2.195	2.031	1.842	1.633	1.565	1.425
Chu kỳ 3	1.919	1.725	1.604	1.649	1.505	1.387

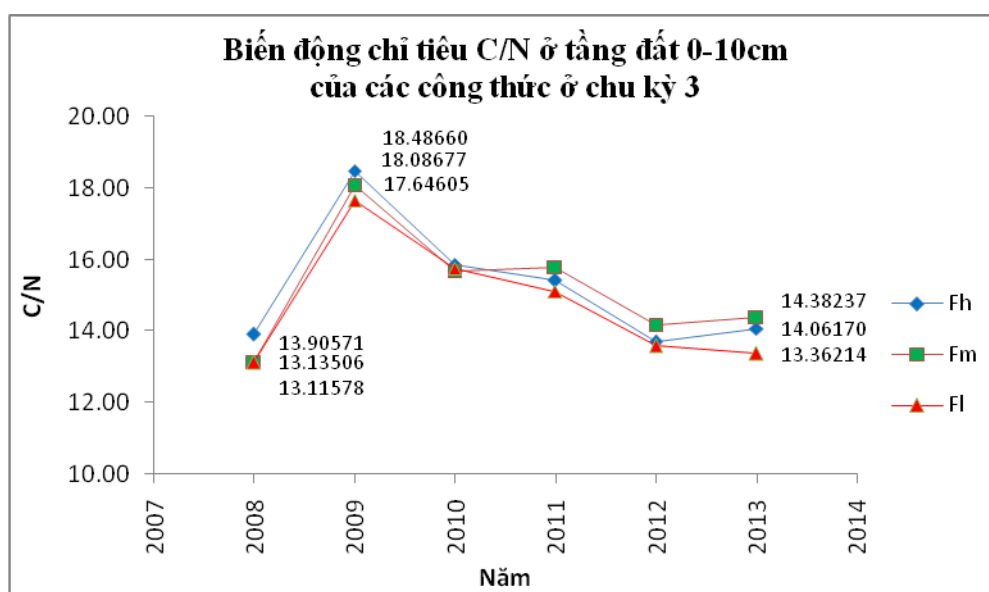
Kết quả nghiên cứu cho thấy, mối tương quan mật thiết giữa đạm và chất hữu cơ luôn luôn song song và tỷ lệ thuận. Quá trình tích lũy Nitơ tổng số ở chu kỳ 2 và 3 thì công thức Fh khá ổn định và có xu hướng tăng, Fm giảm nhẹ và công thức Fl giảm mạnh qua các chu kỳ kinh doanh. Ở chu kỳ 2 và 3 các công thức để lại VLHCKT (Fh, Fm) đều có lượng tích lũy Nitơ cao vượt trội so với đối chứng (Fl). Cụ thể khi so sánh giữa 3 công thức thí nghiệm trong chu kỳ 3 ở tầng đất 0 - 10cm và 10 - 20cm thì Fh có Nts tăng từ 18,9 - 19,7% so với đối chứng và Fm tăng từ 7,6 - 8,5% so với công thức đối chứng Fl.

d) Chỉ tiêu C/N

Tỷ lệ C/N thể hiện sự phân giải và khoáng hóa các vật liệu hữu cơ tạo ra mùn và các chất dinh dưỡng giúp cho cây trồng có thể sử dụng được. Vai trò của chất hữu cơ và mùn trong đất giúp cải thiện tính chất vật lý của đất. Hàm lượng mùn cao giúp cải thiện kết cấu đất và thành phần cơ giới của đất làm cho đất tơi xốp giúp tăng khả năng giữ nước, tăng tính thấm nước của đất, hạn chế dòng chảy bề mặt, làm giảm quá trình xói mòn, rửa trôi đất. Bên cạnh đó, mùn cũng quyết định những tính chất

hóa học quan trọng của đất. Số lượng và thành phần mùn ảnh hưởng đến số lượng keo đất và phản ứng pH của dung dịch đất. Đất càng giàu mùn thì khả năng hấp phụ càng cao đảm bảo các phản ứng hóa học và oxy hóa khử xảy ra bình thường, không gây hại cho cây trồng.

Kết quả đánh giá tỷ lệ C/N theo thời gian của các công thức ở tầng đất từ 0 – 10cm đối với rừng trồng chu kỳ 3 được thể hiện ở hình 4.7 dưới đây:



Hình 4.7. Biến động chỉ tiêu C/N ở tầng đất từ 0 – 10cm của rừng trồng chu kỳ 3

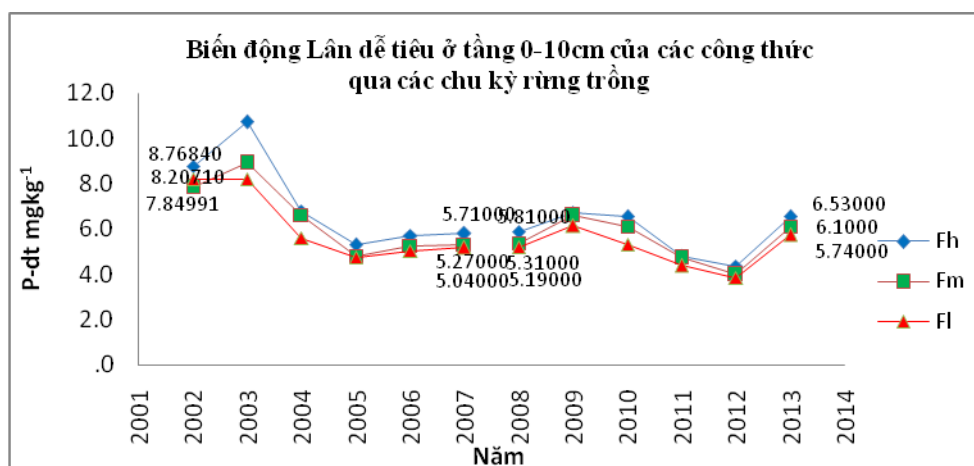
Như vậy, tỷ lệ C/N của cả 3 công thức đều khá thấp ở năm đầu khi mới khai thác rừng (13,1 - 13,9). Điều này cho thấy, quá trình phân hủy VLHCSKT và lớp vật rụng ở chu kỳ trước khá triệt để và sau khai thác rừng đã có hiện tượng xói mòn rửa trôi dinh dưỡng với cường độ thấp. Sau 1 năm khi vật liệu hữu cơ để lại bắt đầu phân hủy chuyển hóa thành mùn thì tỷ lệ C/N tăng mạnh và vẫn ở dạng mùn thô. Khi tuổi rừng ngày càng lớn quá trình phân giải VLHCSKT càng triệt để và chuyển sang dạng mùn nhuyễn ($C/N < 15$) đây là giai đoạn khoáng hóa tạo nguồn dinh dưỡng để cây có thể sử dụng được, tỷ lệ C/N ở những năm sau có xu hướng giảm dần theo thời gian. Ở chu kỳ 3 tỷ lệ C/N không có sự khác biệt lớn giữa các công thức khi để lại hay lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

e) Chỉ tiêu Lân

- Lân dễ tiêu (Pdt - mg/kg đất)

+ Tầng đất từ 0 - 10cm

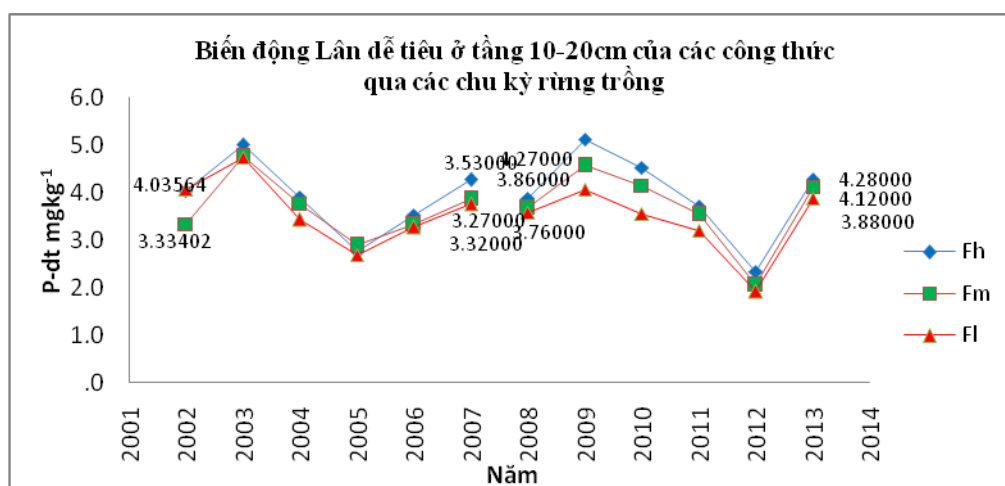
Kết quả đánh giá lượng tích lũy Lân dễ tiêu trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm được thể hiện ở hình 4.8 dưới đây:



Hình 4.8. Biến động Lân dễ tiêu tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau

Ở cả chu kỳ 2 và 3 thì hàm lượng lân dễ tiêu trong đất đều ở mức nghèo. Chu kỳ 2 lượng Lân dễ tiêu ở tầng đất từ 0 - 10cm giảm rất mạnh trong 3 năm đầu sau khi trồng rừng và đến tuổi rừng càng cao thì lượng Lân dễ tiêu dần ổn định. Đến chu kỳ 3 thì lượng Lân biến động ít hơn so với chu kỳ 2, tuy có giảm trong những năm đầu trên cả 3 công thức thí nghiệm và đến giai đoạn rừng 5 tuổi thì có xu hướng tăng trở lại. Khi so sánh ở 2 chu kỳ sau thì công thức Fh và Fm có lượng tích lũy lân trong đất cao hơn so với công thức Fl.

+ Tầng đất từ 10 – 20cm



Hình 4.9. Biến động Lân dễ tiêu tầng đất 10-20cm ở 2 chu kỳ sau

Lượng tích lũy lân trong đất ở tầng 10 – 20 cm ở mức rất nghèo. Xu hướng lượng tích lũy Lân trong đất ở tầng đất từ 10 - 20cm cùng giống như tầng đất mặt từ 0 - 10cm ở cả 2 chu kỳ sau. Sự giảm lượng Lân dễ tiêu trong đất được thấy rất rõ sau khi khai thác và trồng mới lại rừng Keo lá tràm. Khi rừng đến tuổi 4 - 5 thì hàm lượng Lân trong đất lại tăng dần do quá trình tích phân giải các VLHCSKT và lượng vật rụng hàng năm trả lại cho đất. Chỉ tiêu Lân dễ tiêu này lại ngược lại so với hàm lượng Cacbon hữu cơ và đạm tổng số trong đất. Mức độ giảm lượng Lân dễ tiêu của công thức Fh là chậm nhất, kế đến là Fm và Fl. Điều này cho thấy, rừng trồng Keo lá tràm trong những năm đầu thì lượng thiếu hụt lân rất lớn. Do đặc tính là cây có khả năng cố định đạm nên vai trò của lân rất quan trọng và đây cũng là cơ sở cho việc cần thiết phải bón lân trong trồng rừng keo ở Việt Nam.

- **Tổng lượng Lân tích lũy trong đất qua các chu kỳ kinh doanh**

Kết quả đánh giá lượng tích lũy Lân trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm và 10 – 20cm được tổng hợp ở bảng 4.6 dưới đây:

Bảng 4.6. Tổng lượng Lân tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm

Công thức	Tầng đất từ 0 - 10cm (kg/ha)			Tầng đất từ 10 - 20cm (kg/ha)		
	Fh	Fm	Fl	Fh	Fm	Fl
Chu kỳ 1	12,1	12,1	12,1	11,7	11,7	11,7
Chu kỳ 2	7,7	7,0	6,6	6,1	5,4	5,2
Chu kỳ 3	8,6	7,8	7,1	5,8	5,5	5,1

Đối với đất rừng trồng nhiệt đới hầu hết là thiếu Lân dễ tiêu trong đất và qua các chu kỳ rừng trồng thì xu hướng thiếu hụt lân ngày càng thể hiện rõ rệt. Trong kết quả nghiên cứu này cho thấy, khi để lại VLHCSKT (Fh, Fm) ở các chu kỳ sau thì tổng lượng Lân tích lũy ở tầng đất từ 0 - 10cm khá ổn định và được cải thiện hơn tốt hơn so với công thức đối chứng (Fl). Ở chu kỳ 1 khi khai phá rừng tự nhiên nghèo kiệt để trồng rừng có lượng tích lũy Lân trong đất ở cuối chu kỳ còn lại khoảng 12,1 kg/ha, đến chu kỳ 2 thì lượng Lân tích lũy giảm mạnh nhưng đến chu kỳ 3 đã dần ổn định và có phần tăng trở lại. Sự sụt giảm về lượng Lân dễ tiêu trong đất giảm mạnh hơn so với lượng Đạm tổng số và Cacbon hữu cơ. Việc để lại VLHCSKT đã

làm cho lượng tích lũy lân dễ tiêu trong đất ở tầng đất từ 10 - 20cm có sự khác biệt giữa các công thức ở chu kỳ kinh doanh 2 và 3 nhưng sự khác biệt này không rõ rệt so với tầng đất mặt từ 0 - 10cm. Ở tầng đất 10 - 20cm thì tổng lượng lân tích lũy thấp hơn so với tầng đất mặt từ 0 - 10cm.

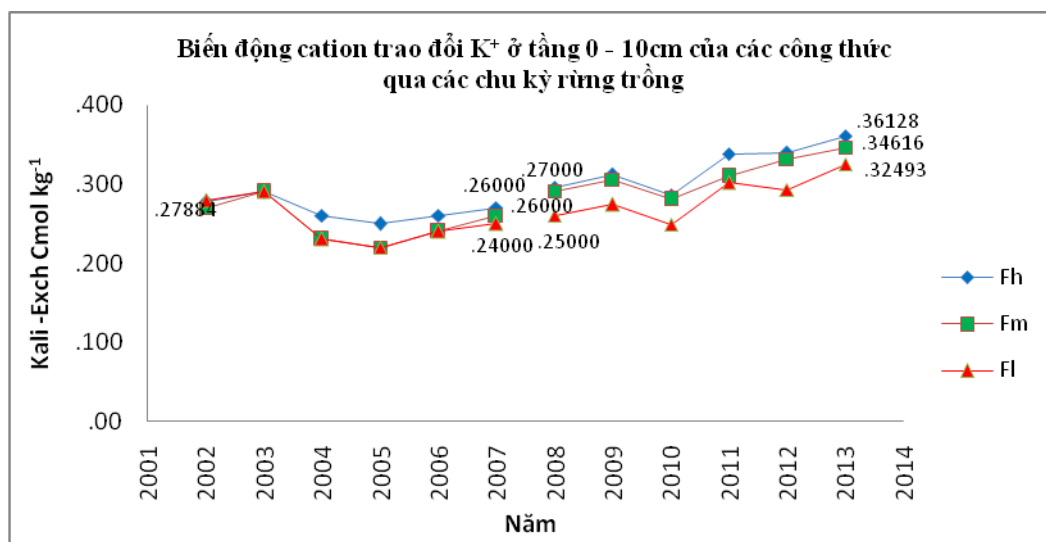
f) Chỉ tiêu Kali

• Cation Kali trao đổi (K^+ -CEC-Cmol/kg)

Các cation trao đổi có tác dụng keo tụ đất làm gắn kết hạt đất tạo nên cấu trúc đoàn lạp của đất. Chúng cũng là những cation kiềm trao đổi quyết định phản ứng của đất và khả năng hấp thụ của đất, các đặc tính vật lý, hóa học liên quan cũng như đến độ no kiềm trong đất. Kết quả nghiên cứu các cation trao đổi K^+ trong đất ở 2 tầng đất từ 0 - 10cm và 10 - 20cm qua các chu kỳ kinh doanh rừng trồng được đánh giá như sau:

+ Tầng đất từ 0 - 10cm

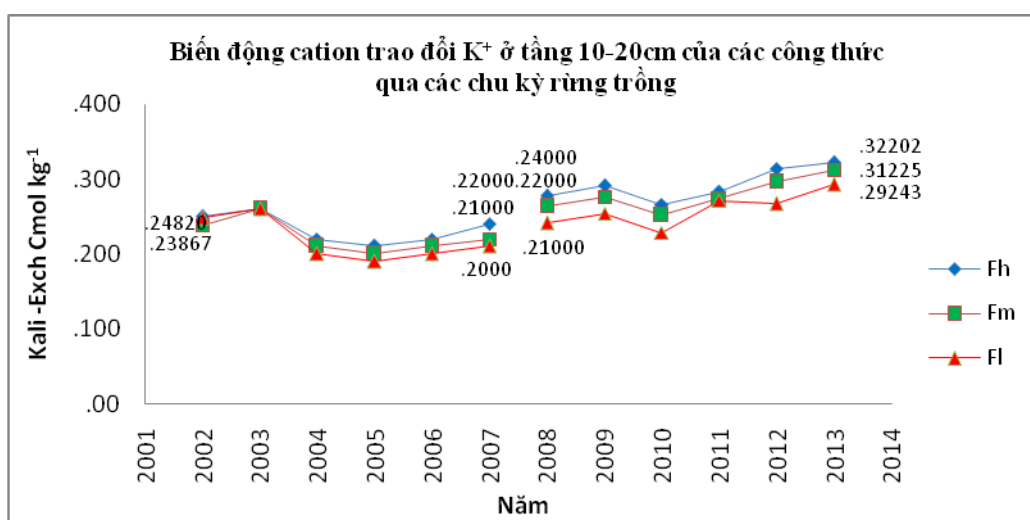
Biến động lượng tích lũy lượng Kali trao đổi trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm được thể hiện ở hình 4.10 dưới đây:



Hình 4.10. Biến động cation trao đổi K^+ tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau

+ Tầng đất từ 10 - 20cm

Kết quả đánh giá sự biến động cation trao đổi K^+ ở tầng đất từ 10 - 20cm của các công thức được thể hiện ở hình 4.11 dưới đây:



Hình 4.11. Biến động cation trao đổi K^+ tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau

Từ kết quả ở hình 4.10 và 4.11 cho thấy: Khả năng trao đổi cation K^+ ở hầu hết các mẫu phân tích đều tương đối khá, các trị số đều $> 0,21 \text{ Cmol}_c/\text{kg}$ đất, đây là ngưỡng được đánh giá là trung bình đến khá cao của nhóm đất phù sa (Hội Khoa học đất Việt Nam, 2000). Qua cả 2 chu kỳ kinh doanh cho thấy đều có sự khác biệt rõ rệt giữa 3 công thức. Khi để lại VLHCSKT làm cải thiện hàm lượng Kali trong đất ở cả 2 tầng đất, cao nhất là công thức Fh sau đó đến Fm và thấp nhất là công thức đối chứng Fl. Sự biến động của cation trao đổi K^+ giữa các chu kỳ kinh doanh là không lớn nhưng ở chu kỳ 3 cũng được cải thiện hơn so với chu kỳ trồng rừng trước đó ở cả 2 tầng đất 0 - 10cm và từ 10 - 20cm.

- **Tổng lượng tích lũy Kali trong đất qua các chu kỳ kinh doanh**
+ Ở tầng đất từ 0 - 10cm

Kết quả đánh giá lượng tích lũy Kali trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm và 10 - 20cm được tổng hợp ở bảng 4.7 dưới đây:

Bảng 4.7. Tổng lượng Kali tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm

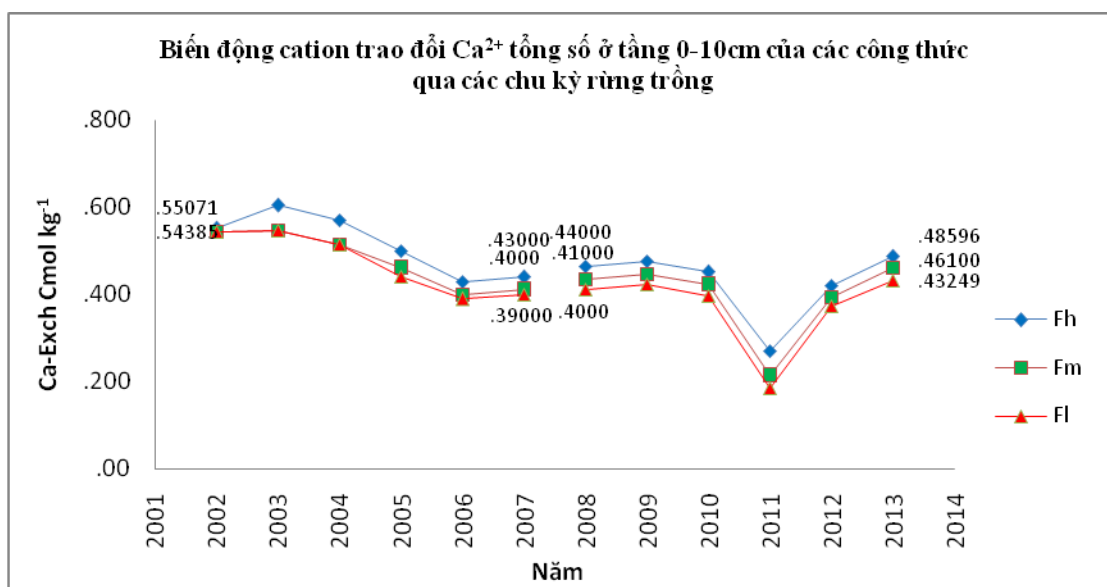
Công thức	Tầng đất từ 0 - 10cm (kg/ha)			Tầng đất từ 10 - 20cm (kg/ha)		
	Fh	Fm	Fl	Fh	Fm	Fl
Chu kỳ 1	156,0	156,0	156,0	140,4	140,4	140,4
Chu kỳ 2	140,1	132,8	123,8	132,9	121,0	112,2
Chu kỳ 3	186,0	172,8	155,9	170,8	162,0	149,4

Từ kết quả ở bảng 4.7 cho thấy: Ở chu kỳ 2 lượng cation trao đổi K^+ có giảm so với chu kỳ 1. Sau 6 năm áp dụng quản lý VLHCSKT ở chu kỳ 2 và 5 năm của rừng trồng chu kỳ 3 thì lượng cation trao đổi K^+ đã tăng mạnh. Giữa 3 công thức đã có sự khác biệt rõ rệt về lượng Kali trong đất ở chu kỳ kinh doanh 2 và 3. Các công thức Fh, Fm khi để lại VLHCSKT có tổng lượng Kali tích lũy cao hơn so với công thức đối chứng (Fl). Ở chu kỳ 3 thì lượng Cation Kali trong đất có xu hướng tăng so với 2 chu kỳ kinh doanh trước đó ở cả 2 tầng đất từ 0 - 10cm và từ 10 - 20cm.

g) Chỉ tiêu Cation Canxi

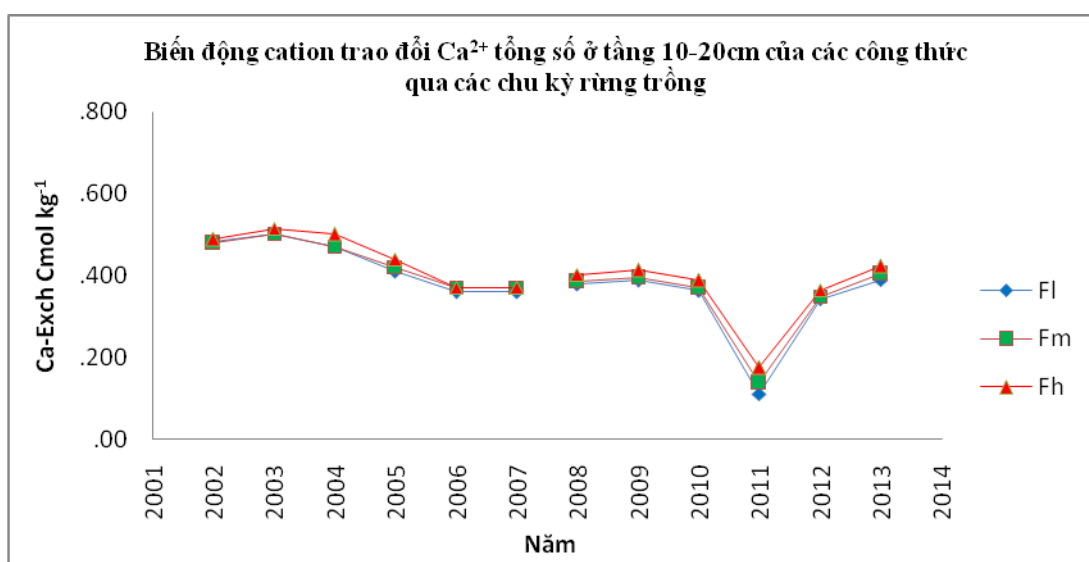
- Cation Canxi trao đổi (Ca^{2+} - CEC-Cmol/kg)

Biến động chỉ tiêu cation Canxi trao đổi của 3 công thức ở tầng đất từ 0 – 10cm được thể hiện ở hình 4.12 dưới đây:



Hình 4.12. Biến động cation trao đổi Ca^{2+} tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau

Ở tầng đất từ 10 - 20cm thì sự biến động cation trao đổi Ca^{2+} giữa 3 công thức ở cả 2 chu kỳ kinh doanh không có sự khác biệt lớn. Kết quả được thể hiện ở hình 4.13 dưới đây:



Hình 4.13. Biến động cation trao đổi Ca^{2+} tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau

Như vậy, từ kết quả ở hình 4.12 và 4.13 cho thấy: Hàm lượng cation trao đổi Ca^{2+} ở cả 2 chu kỳ trồng rừng thay đổi rất ít và có xu hướng giảm qua các chu kỳ kinh doanh. Ở chu kỳ 3 trong 3 năm đầu có xu hướng giảm mạnh, đến giai đoạn rừng đạt 4 - 5 tuổi thì lượng cation Ca^{2+} có xu hướng tăng trở lại. Đối với tầng 0 - 10cm hàm lượng cation trao đổi Ca^{2+} ở công thức Fh và Fm đều cao hơn so với Fl. Ở tầng đất từ 10 - 20cm sự khác biệt này rất ít và không có ý nghĩa về mặt thống kê.

- **Tổng lượng tích lũy Canxi trong đất qua các chu kỳ kinh doanh**

Kết quả đánh giá lượng tích lũy Cation Canxi trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm và 10 - 20cm được tổng hợp ở bảng 4.8 dưới đây:

Bảng 4.8. Tổng lượng Canxi tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm

Công thức	Tầng đất từ 0 - 10cm (kg/ha)			Tầng đất từ 10 - 20cm (kg/ha)		
	Fh	Fm	Fl	Fh	Fm	Fl
Chu kỳ 1	156,0	156,0	156,0	136,0	136,0	136,0
Chu kỳ 2	117,0	107,4	101,6	105,1	104,3	98,6
Chu kỳ 3	128,3	118,0	106,4	114,9	107,4	102,1

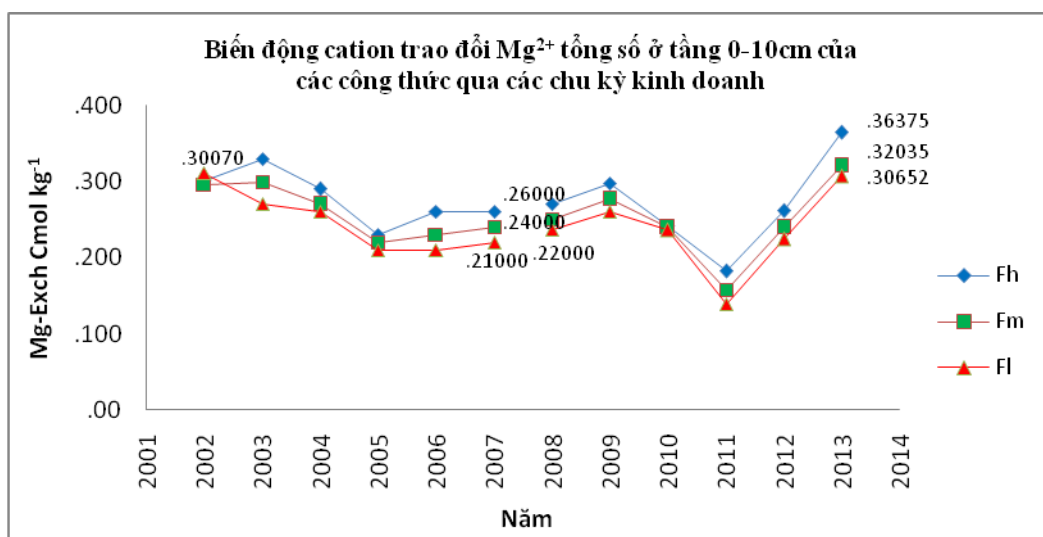
Từ kết quả ở bảng 4.8 cho thấy: Ở chu kỳ 2 thì tổng lượng tích lũy cation trao đổi Ca^{2+} đều có xu hướng giảm. Đến chu kỳ 3 sau 11 năm áp dụng để lại VLHCSKT thì lượng tích lũy cation trao đổi Ca^{2+} khá ổn định ở cả 2 tầng đất và có

xu hướng tăng. Khi so sánh giữa các công thức thí nghiệm thì Fh và Fm (để lại VLHCKT) ở cả 2 chu kỳ kinh doanh có lượng cation trao đổi Ca^{+2} cao hơn so với công thức đối chứng Fl (lấy đi toàn bộ VLHCKT).

h) Chỉ tiêu Cation Magiê

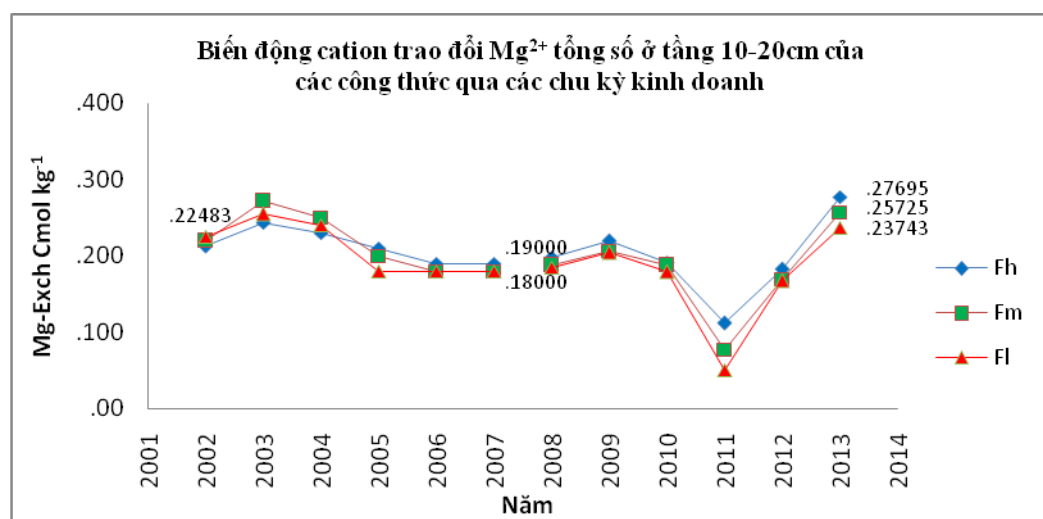
- **Cation Magiê trao đổi (Mg^{2+} -CEC-Cmol/kg)**

Kết quả đánh giá lượng Cation Magiê trao đổi trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm được tổng hợp ở hình 4.14 dưới đây :



Hình 4.14. Biến động cation trao đổi Mg^{2+} tầng đất 0 - 10cm ở 2 chu kỳ sau

Ở tầng đất từ 10 - 20cm lượng Cation Magiê trao đổi trong đất của các công thức được đánh giá và tổng hợp ở hình 4.15 dưới đây :



Hình 4.15. Biến động cation trao đổi Mg^{2+} tầng đất 10 - 20cm ở 2 chu kỳ sau

Như vậy từ hình 4.14 và 4.15 cho thấy: Cation trao đổi Mg^{2+} cũng giống như K^+ , và Ca^{+2} đều có xu hướng giảm ở giai đoạn rừng < 3 năm tuổi và đến giai đoạn rừng trên 4 năm tuổi lại bắt đầu phục hồi và có xu hướng tăng lên. Lượng Cation trao đổi Mg^{2+} ở tầng đất từ 0 - 10cm của cả 3 công thức đều thấp hơn so với tầng đất mặt từ 0 - 10cm. Qua 2 chu kỳ kinh doanh cho thấy, công thức Fh có Cation trao đổi Mg^{2+} cao nhất, sau đó đến công thức Fm, thấp nhất là công thức đối chứng Fl và sự khác biệt này càng thể hiện rõ ở tầng đất từ 0 - 10cm.

- **Tổng lượng tích lũy Magiê trong đất qua các chu kỳ kinh doanh**

Kết quả đánh giá lượng tích lũy Cation Magiê trong đất của các công thức ở tầng đất từ 0 - 10cm và 10 – 20cm được tổng hợp ở bảng 4.9 dưới đây:

Bảng 4.9. Tổng lượng Magiê tích lũy ở tầng đất từ 0 - 20cm

Công thức	Tầng đất từ 0 - 10cm (kg/ha)			Tầng đất từ 10 - 20cm (kg/ha)		
	Fh	Fm	Fl	Fh	Fm	Fl
Chu kỳ 1	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6	51,6
Chu kỳ 2	41,5	37,7	33,5	32,4	30,5	29,6
Chu kỳ 3	57,6	49,2	45,2	45,2	41,1	37,3

Như vậy, ở chu kỳ 2 lượng tích lũy cation trao đổi Mg^{2+} giảm so với chu kỳ 1. Đến chu kỳ 3 có xu hướng tăng ở cả 2 tầng đất. Khi để lại VLHCSKT (Fh, Fm) ở cả 2 chu kỳ kinh doanh sau thì hàm lượng cation trao đổi Mg^{2+} được cải thiện hơn so với công thức đối chứng Fl (lấy đi toàn bộ VLHCSKT). Sự khác biệt này thể hiện rõ rệt hơn ở tầng đất mặt từ 0 - 10cm.

i) Đánh giá tổng hợp sự biến đổi tính chất hóa học của đất ở chu kỳ 3

Kết quả so sánh diễn biến độ phì đất ở tầng đất 0 - 10cm và từ 10 - 20cm để thấy được sự chênh lệch và khác biệt giữa các công thức thí nghiệm ở chu kỳ 3 được tổng hợp ở bảng 4.10 dưới đây:

Bảng 4.10. Tổng hợp sự biến đổi tính chất hóa học của đất sau 5 năm ở chu kỳ 3

Công thức	Tầng đất (cm)	OC (tấn/ha)	Nts (kg/ha)	Pdt (kg/ha)	Cation trao đổi (kg/ha)		
					K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Fh	0-10	27,0	1.919	8,6	186,0	128,3	57,6
	10-20	20,6	1.649	5,8	170,8	114,9	45,2
Fm	0-10	24,8	1.725	7,8	172,8	118,0	49,2
	10-20	19,1	1.505	5,5	162,0	107,4	41,1
Fl	0-10	21,4	1.604	7,1	155,9	106,4	45,2
	10-20	18,3	1.387	5,1	149,4	102,1	37,3
Độ vượt giữa Fm và Fh so đối chứng Fl theo tỷ lệ %							
Fm/Fl	0-10	13,64	7,04	9,58	9,80	9,85	8,06
	10-20	4,22	7,84	7,24	7,76	5,00	9,09
Fh/Fl	0-10	20,59	16,43	18,09	16,19	17,07	21,48
	10-20	11,09	15,88	12,68	12,53	11,17	17,42

Như vậy, khi so sánh về thành phần dinh dưỡng trong 1ha đất ở tầng 0 - 10cm nếu giữ lại VLHCSKT (Fm) thì hàm lượng các chất dinh dưỡng trong đất cũng tăng ở cả 2 tầng đất với tỷ lệ tăng từ 7,04% – 13,64% ở tầng đất 0 – 10cm và tăng từ 4,22% - 9,09% ở tầng đất từ 10 – 20cm so với đối chứng, tùy theo các chất dinh dưỡng. Khi để lại VLHCSKT có kết hợp với bón lót 300g lân/cây (Fh) đã làm tăng 20,59 % lượng Cacbon hữu cơ, 16,43% đạm tổng số, 18,09% lân dễ tiêu, 16,19% cation kali, 17,07% cation canxi và 21,48% cation magiê trong đất ở tầng đất từ 0 - 10cm và ở tầng đất từ 10 – 20cm các chất dinh dưỡng trong đất cũng tăng từ 11,09% đến 17,42% so với công thức đối chứng (Fl) khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

Ở nước ta, vấn đề đốt xử lý thực bì sau khai thác trong công tác làm đất cũng như phòng ngừa lửa để bảo vệ rừng diễn ra rất phổ biến. Từ kết quả trên cho thấy, khi đốt hay lấy đi vật liệu hữu cơ sẽ làm mất các chất dinh dưỡng mà lẽ ra các chất này sẽ bồi hoàn cho đất sau chu kỳ khai thác. Sau khai thác rừng, nếu đốt vật liệu hữu cơ hoặc lấy đi nơi khác sẽ làm hàm lượng đạm mất đi rất lớn, thiếu lân hay các cation khó trao đổi sẽ làm cho đất ngày càng kém tươi tốt, nghèo dinh dưỡng. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy nếu công tác quản lý lập địa bằng việc giữ lại vật liệu hữu cơ sau khai thác được thực thi tốt sẽ duy trì được độ phì cho đất qua các chu kỳ kinh doanh rừng trồng.

Kết quả trên cho thấy, khi để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác đã làm tăng lượng Cacbon và hàm lượng Đạm trong đất, từ đó làm tăng sức sản xuất cho đất. Sự tích trữ hàm lượng Cacbon hữu cơ sau 5 năm trồng rừng Keo lá tràm ở chu kỳ 3, tầng đất từ 0 - 10cm của công thức Fm là 24,8 tấn/ha tương đương với tổng lượng chất dinh dưỡng gồm: Đạm 1.725 kg/ha; Lân 7,8 kg/ha; Kali 172,8 kg/ha; Canxi 112,0 kg/ha và Magiê là 49,2 kg/ha.

Trong Lâm nghiệp truyền thống, sau khi khai thác rừng thì toàn bộ VLHCSKT được lấy ra, hoặc phát đốt toàn diện và cày xới trước khi trồng rừng đã làm mất đi lớp thảm thực bì bao phủ sau khai thác dẫn đến quá trình khoáng hóa trong đất diễn ra nhanh chóng, khi gặp điều kiện không thuận lợi đất sẽ nhanh bị thoái hóa. Với kỹ thuật để lại cành nhánh và thảm mục ngoài thực địa sau khai thác, qua một thời gian chúng phân hủy tạo ra một lượng dưỡng chất cho đất, hạn chế quá trình mất hàm lượng Cacbon và Đạm nên có thể đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng cần thiết cho rừng mới trồng ở chu kỳ sau.

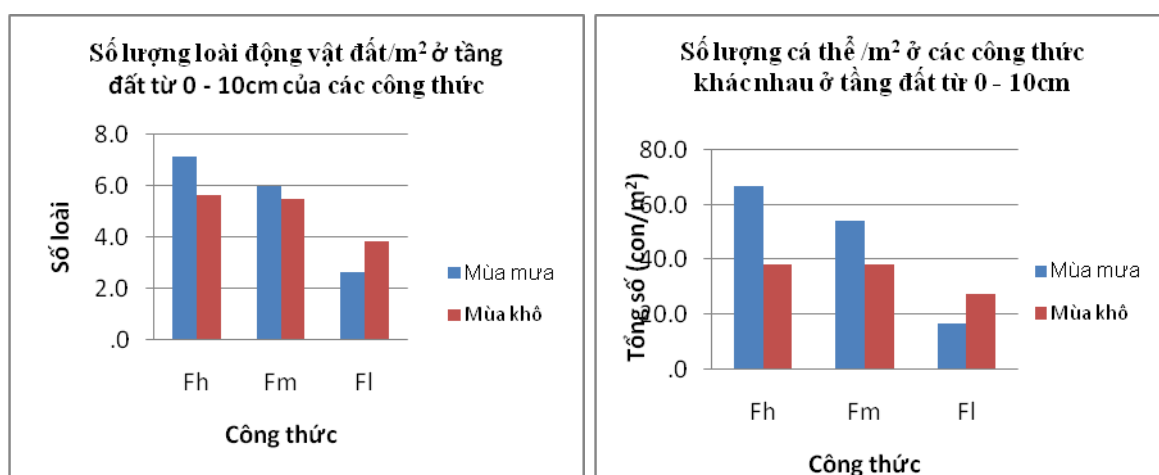
4.1.3 Chỉ tiêu sinh học của đất

a) Động vật đất

Trong nghiên cứu này, tác giả không có điều kiện đi sâu vào đánh giá nhóm động vật cực nhỏ mà chỉ nghiên cứu về động vật đất có kích thước nhỏ từ 0,2 - 1cm và động vật to có kích thước trên 1cm. Kết quả điều tra số lượng loài động vật đất xuất hiện ở tầng đất từ 0 - 10cm qua theo dõi từ năm 2011 - 2013 của các công thức thí nghiệm được tổng hợp ở bảng 4.11 dưới đây:

Bảng 4.11. Số lượng loài động vật đất ở tầng đất 0 - 10 cm của các công thức

Thời gian/ Công thức	Mùa mưa (số loài/cá thể)			Mùa khô (số loài/cá thể)		
	Fh	Fm	Fl	Fh	Fm	Fl
2011 - 2012	7,0	6,0	2,3	6,0	5,3	3,7
	(65,0)	(56,7)	(14,7)	(34,3)	(43,7)	(31,0)
2012 - 2013	7,3	6,0	3,0	5,3	5,7	4,0
	(68,7)	(52,3)	(19,3)	(42,0)	(33,3)	(24,7)
Trung bình	7 (67)	6 (55)	3 (17)	6 (38)	5 (39)	4 (28)



Hình 4.16. Số loài/cá thể động vật đất ở các công thức trong mùa khô và mưa

Kết quả ở bảng 4.11 và hình 4.16 cho thấy: Công thức Fh có số lượng loài động vật đất xuất hiện nhiều nhất khoảng 7 loài, kế đến là công thức Fm (6 loài) và thấp nhất là công thức Fl chỉ có khoảng 3 loài. Số lượng cá thể động vật đất có sự khác biệt rất lớn ở công thức, cụ thể công thức Fh và Fm nhiều hơn so với công thức Fl khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT. Vào mùa mưa động vật đất xuất hiện nhiều hơn mùa khô cả về số lượng loài và số lượng cá thể. Thành phần loài chủ yếu là kiến, mối, gián đất, nhện, bọ cánh cứng, sâu đất, cuốn chiếu và giun đất. Số lượng cá thể chiếm tỷ lệ nhiều nhất là Kiến và Mối xuất hiện các tổ nhỏ với số lượng từ 10 - 52 cá thể, đặc biệt là 2 công thức Fh và Fm khi để lại VLHCSKT. Khi để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác thì số lượng động vật đất nhiều hơn so với công thức lấy đi toàn bộ vật liệu hữu cơ sau khai thác.

Sự phong phú về thành phần loài động vật đất góp phần cải thiện độ phì của đất, đặc biệt là các động vật đất có ích như giun đất, cuốn chiếu. Tuy nhiên, đối với những lập địa có mối nhiều thì cũng là mối đe dọa cho cây ở giai đoạn mới trồng. Trong nghiên cứu này thì mối không ảnh hưởng lớn đến cây trồng được thể hiện thông qua tỷ lệ sống của rừng ở chu kỳ 2 & 3 là rất cao.

b) Vi sinh vật tổng số

Hoạt động của hệ vi sinh vật đất đóng góp rất lớn cho quá trình phân hủy, khoáng hóa và chuyển hóa các chất dinh dưỡng trong đất. Vi sinh vật tổng số theo phân loại của Zviaghinxep và cộng sự (1978) thì tổng số vi sinh vật từ $1 - 2 \times 10^6$

CFU/g đất là rất nghèo, từ $3 - 4 \times 10^6$ là nghèo, từ $4 - 5 \times 10^6$ là trung bình, từ $6 - 7 \times 10^6$ là khá, từ $8 - 9 \times 10^6$ là giàu và $> 9 \times 10^6$ là rất giàu. Kết quả thu thập trong mùa khô và mùa mưa năm 2011 - 2013 và phân tích mẫu để xác định lượng vi sinh vật tổng số (CFU/g đất) ở tầng đất từ 0 - 10cm được tổng hợp ở bảng 4.12 dưới đây:

Bảng 4.12. Số lượng vi sinh vật tổng số ở các công thức khác nhau

Vị trí cách gốc cây	VSV tổng số (CFU/g)		
	Công thức thí nghiệm		
<i>Mùa mưa</i>	Fh	Fm	Fl
0 - 30cm	3,8 $\times 10^6$	6,7 $\times 10^6$	4,9 $\times 10^6$
30 - 80cm	12,0 $\times 10^6$	4,4 $\times 10^6$	4,3 $\times 10^6$
80 - 150cm	1,4 $\times 10^6$	4,2 $\times 10^6$	2,8 $\times 10^6$
Trung bình	5,7 $\times 10^6$	5,1 $\times 10^6$	4,0 $\times 10^6$
<i>Mùa khô</i>			
0 - 30cm	12,6 $\times 10^5$	10,6 $\times 10^5$	11,8 $\times 10^5$
30 - 80cm	12,3 $\times 10^5$	24,3 $\times 10^5$	12,0 $\times 10^5$
80 - 150cm	11,7 $\times 10^5$	4,4 $\times 10^5$	2,9 $\times 10^5$
Trung bình	12,2 $\times 10^5$	13,1 $\times 10^5$	8,9 $\times 10^5$

Từ kết quả tổng hợp ở bảng 4.12 cho thấy: Vào mùa mưa lượng vi sinh vật tổng số của cả 3 công thức đều ở trung bình đến rất giàu. Các vi sinh vật tổng số tập trung ở vị trí cách gốc cây từ 0 - 80cm nơi mà hệ rễ cám của Keo lá tràm phát triển mạnh để hút các chất dinh dưỡng và ở vị trí xa hơn thì số lượng vi sinh vật giảm đáng kể. Các công thức để lại VLHCSKT (Fh, Fm) có vi sinh vật tổng số cao hơn so với công thức Fl (lấy đi toàn bộ VLHCSKT). Ở mùa khô thì tổng số vi sinh vật đất của cả 3 công thức đều ở mức rất nghèo và chúng cũng tập trung ở khoảng cách từ 0 - 80cm so với gốc cây. Công thức Fh và Fm có vi sinh vật tổng số nhiều hơn so với công thức Fl, điều này chứng tỏ để lại VLHCSKT đã góp phần cải thiện độ phì sinh học của đất. Khi so sánh giữa 2 mùa cho thấy, trong mùa mưa do độ ẩm lớn, vi sinh vật hoạt động mạnh nên lượng vi sinh vật tổng số cao hơn rất nhiều so với mùa khô.

c) Vi sinh vật phân giải lân

Keo lá tràm là loài cây có khả năng cố định đạm nên nhu cầu lân là rất cần thiết. Do vậy, tổng số vi sinh vật phân giải lân chỉ số rất quan trọng giúp cho việc phân giải lân từ khó tiêu sang dạng dễ tiêu để cây trồng có thể hấp thụ được. Kết quả phân tích chỉ tiêu vi sinh vật phân giải lân của các công thức được tổng hợp ở bảng 4.13 dưới đây:

Bảng 4.13. Số lượng vi sinh vật phân giải lân ở các công thức khác nhau

Vị trí cách gốc	VSV phân giải Lân (CFU/g)		
	Công thức thí nghiệm		
<i>Mùa mưa</i>	Fh	Fm	Fl
0 - 30cm	4,9 x 10 ⁵	6,6 x 10 ⁵	4,4 x 10 ⁵
30 - 80cm	4,3 x 10 ⁵	5,0 x 10 ⁵	3,5 x 10 ⁵
80 - 150cm	2,8 x 10 ⁵	5,5 x 10 ⁵	3,1 x 10 ⁵
Trung bình	4,0 x 10⁵	5,7 x 10⁵	3,7 x 10⁵
<i>Mùa khô</i>			
0 - 30cm	3,1 x 10 ⁴	2,6 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁴
30 - 80cm	1,4 x 10 ⁴	1,9 x 10 ⁴	1,9 x 10 ⁴
80 - 150cm	0,3 x 10 ⁴	0,9 x 10 ⁴	1,1 x 10 ⁴
Trung bình	1,6 x 10⁴	1,8 x 10⁴	1,8 x 10⁴

Chỉ tiêu tổng số vi sinh vật phân giải lân theo TCVN 6167: 1996 thì mức độ đạt 10⁵ CFU/g đất là giàu; 10⁴ CFU/g đất là khá; 10³ CFU/g đất là trung bình và < 10³ CFU/g đất là ở mức nghèo. Như vậy, kết quả phân tích và tổng hợp ở bảng 4.19 cho thấy, đất ở khu vực nghiên cứu có lượng vi sinh vật phân giải lân từ mức khá đến giàu. Khi so sánh giữa 3 công thức thì Fh và Fm (để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác) có tổng số vi sinh vật phân giải lân có phần cao hơn so với công thức Fl (lấy đi toàn bộ vật liệu hữu cơ sau khai thác) vào mùa mưa. Trong mùa khô thì ít có sự khác biệt giữa 3 công thức. Kết quả so sánh cho thấy vào mùa mưa số lượng vi sinh vật phân giải lân ở cả 3 công thức đều cao hơn so rất nhiều so với mùa khô, điều này chứng tỏ mùa mưa các vi sinh vật đất hoạt động rất mạnh mẽ. Trong cả 2 mùa mưa và mùa khô thì vi sinh vật phân giải lân cũng đều tập trung nhiều hơn ở

phần khoảng cách xung quanh gốc cây 80cm trở vào vì đây cũng là nơi hệ rễ cám của Keo lá tràm phát triển mạnh để hút các chất dinh dưỡng.

4.2 Ảnh hưởng của để lại VLHCSKT đến sinh trưởng, năng suất và sinh khối rừng qua các chu kỳ kinh doanh

4.2.1 Đánh giá về sinh trưởng rừng

a) Tỷ lệ sống của rừng trồng Keo lá tràm

- **Đánh giá tỷ lệ sống của các công thức thí nghiệm ở chu kỳ 3**

Kết quả theo dõi biến động tỷ lệ sống của các công thức của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3 sau 5 năm, được tổng hợp ở bảng 4.14 dưới đây.

Bảng 4.14. Tỷ lệ sống của các công thức biến động theo thời gian

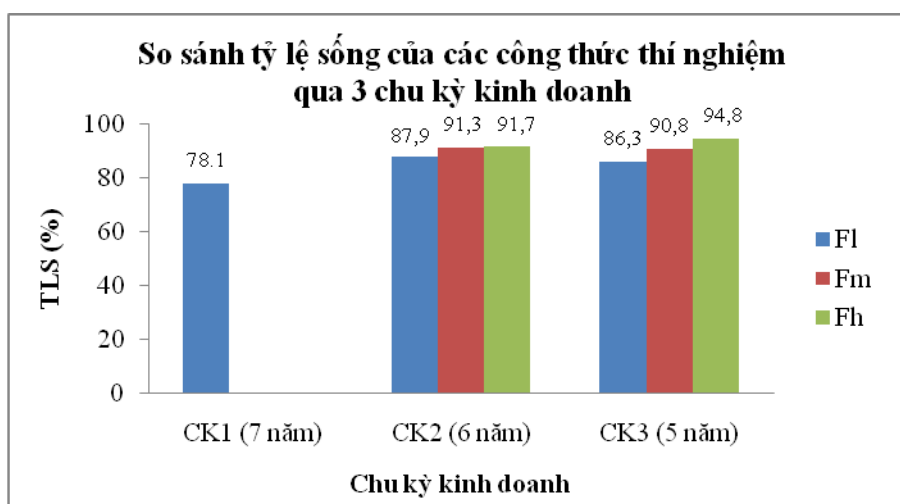
Công thức	Tỷ lệ sống của các công thức theo thời gian (%)				
	12 tháng	24 tháng	36 tháng	48 tháng	60 tháng
Fl	92,7 ^b	91,7 ^b	89,6 ^b	86,3 ^c	86,3 ^c
Fm	95,2 ^{ab}	94,2 ^{ab}	92,9 ^{ab}	90,8 ^b	90,8 ^b
Fh	96,5 ^a	96,0 ^a	95,8 ^a	94,8 ^a	94,8 ^a
Trung bình	94,78	94,0	92,8	90,6	90,6
cv (%)	1,2	1,0	1,0	1,4	1,4
s.e.d	1,144	1,183	1,190	0,964	0,964
<i>P-value</i>	0,040	0,030	<0,001	< 0,001	< 0,001
<i>LSD (p=0,05)</i>	3,50	3,00	2,40	2,20	2,20

Số liệu đánh giá tỷ lệ sống của 3 công thức thí nghiệm ở bảng 4.14 cho thấy: Tỷ lệ sống của rừng trồng Keo lá tràm ở năm đầu và năm thứ 2 đều khá cao (trên 90%). Khi sử dụng trắc nghiệm Duncan để so sánh bắt cặp và xếp hạng thì giữa công thức Fh/Fm và giữa Fm/Fl chưa có sự khác biệt rõ rệt về phương diện thống kê, nhưng giữa Fh/Fl đã có sự khác biệt rõ rệt về phương diện thống kê với $p_{\text{value}} < 0,05$. Điều này có thể giải thích rằng, ở các công thức Fh và Fm khi để lại VLHCSKT trong những năm đầu sẽ giúp che phủ đất, độ ẩm đất được duy trì nên cây có tỷ lệ sống cao và cây có sức sinh trưởng mạnh hơn, do vậy khả năng chống chịu với điều kiện ngoại cảnh tốt hơn so với công thức đối chứng Fl khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT. Khi rừng 3 tuổi thì tỷ lệ sống của rừng trồng Keo lá tràm có phần giảm so với rừng ở

tuổi 1 và 2. Đến giai đoạn rừng đạt 4 - 5 năm tuổi tỷ lệ sống này duy trì khá ổn định, điều này chứng tỏ rừng trồng Keo lá tràm ở giai đoạn này có khả năng chống chịu tốt với các tác động của điều kiện ngoại cảnh. Đến giai đoạn 5 năm tuổi thì công thức Fh có tỷ lệ sống cao nhất (94,79%), tiếp đến là Fm (90,83%); thấp nhất là Fl (86,25%) và giữa các công thức đã có sự khác biệt rõ rệt về mặt thống kê, với $p_{\text{value}} < 0,001$.

- **Đánh giá tỷ lệ sống qua các chu kỳ kinh doanh**

Khi so sánh về tỷ lệ sống của các công thức qua các chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm khi áp dụng biện pháp quản lý VLHCSKT ở các mức độ khác nhau, kết quả được thể hiện ở hình 4.17 dưới đây:



Hình 4.17. Biểu đồ so sánh tỷ lệ sống qua các chu kỳ kinh doanh

Từ biểu đồ ở hình 4.17 cho thấy: Ở chu kỳ 1 rừng trồng sản xuất có tỷ lệ sống thấp chỉ đạt 78,1%. Ở chu kỳ 2 tỷ lệ sống của rừng lên từ 91,3 - 91,7% đối với các công thức để lại VLHCSKT và cao hơn so với công thức đối chứng khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT chỉ tỷ lệ sống đạt 87,9%. Đến chu kỳ 3, công thức Fh và Fm vẫn có tỷ lệ sống cao hơn so với công thức đối chứng (Fl). Như vậy, cả 2 chu kỳ kinh doanh 2 và 3 khi để lại VLHCSKT đã tạo thành lớp thảm che phủ bề mặt và giữ ẩm cho đất, làm tăng dinh dưỡng cho đất giúp cây khỏe mạnh và chống chịu tốt hơn với điều kiện ngoại cảnh tác động và đã làm nâng cao tỷ lệ sống của rừng trồng Keo lá tràm.

b) Đánh giá sinh trưởng đường kính thân cây ở vị trí 1,3m

• Sinh trưởng đường kính của các công thức ở chu kỳ 3

Kết quả đánh giá chỉ tiêu sinh trưởng đường kính ($D_{1,3}$) của 3 công thức thí nghiệm ở chu kỳ 3 được tổng hợp ở bảng 4.15 dưới đây:

Bảng 4.15. Sinh trưởng đường kính ở vị trí 1,3m của các công thức thí nghiệm

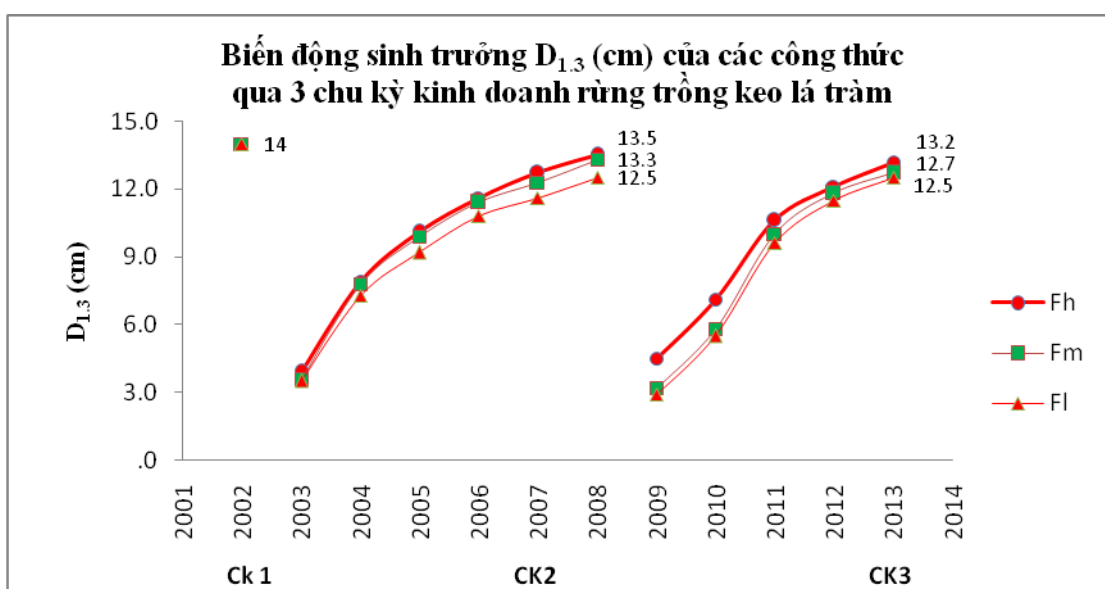
Công thức	Đường kính $D_{1,3}$ (cm) của các công thức theo thời gian				
	12 tháng	24 tháng	36 tháng	48 tháng	60 tháng
Fl	2,9 ^c	5,5 ^c	9,6 ^c	11,5 ^b	12,5 ^{bc}
Fm	3,2 ^b	5,8 ^b	10,0 ^b	11,8 ^{ab}	12,7 ^b
Fh	4,5 ^a	7,1 ^a	10,6 ^a	12,1 ^a	13,2 ^a
Trung bình	3,5	6,1	10,1	11,8	12,8
<i>cv (%)</i>	9,0	5,9	3,2	2,4	3,6
<i>s.e.d</i>	0,301	0,272	0,202	0,160	0,020
<i>P-value</i>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,033	0,007
<i>LSD (p=0,05)</i>	0,11	0,13	0,17	0,37	0,47

Như vậy, ở giai đoạn 1 - 3 tuổi thì sinh trưởng về đường kính có sự khác biệt rất lớn giữa các công thức khác nhau. Công thức Fh cho sinh trưởng đường kính lớn nhất, tiếp đến là công thức Fm và thấp nhất là Fl. Khi rừng đạt từ 4 - 5 năm tuổi sinh trưởng $D_{1,3}$ vẫn có sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê giữa các công thức, nhưng biên độ dần thu hẹp hơn so với tuổi rừng còn non. Điều này cho thấy khi trồng rừng ở mật độ 1.667 cây/ha rừng sớm khép tán và từ tuổi 3 trở đi đã bắt đầu có sự cạnh tranh về không gian dinh dưỡng nên sinh trưởng về đường kính có khoảng cách chậm lại và sinh trưởng chiều cao tăng lên.

Khi so sánh sinh trưởng về đường kính ở vị trí 1,3m giữa các công thức thí nghiệm khi rừng đạt 5 năm tuổi thì có sự khác biệt rõ rệt về phương diện thống kê, với $p_{\text{value}} = 0,007$. Công thức Fh có sinh trưởng đường kính cao nhất (13,2 cm) kế đến là công thức Fm đạt 12,7 cm và thấp nhất là công thức Fl chỉ có 12,5 cm khi lấy đi toàn bộ vật liệu hữu cơ sau khai thác.

• Sự biến động về đường kính qua các chu kỳ kinh doanh

Đánh giá biến động về sinh trưởng đường kính của các công thức thí nghiệm qua các chu kỳ kinh doanh được thể hiện ở hình 4.18 dưới đây:

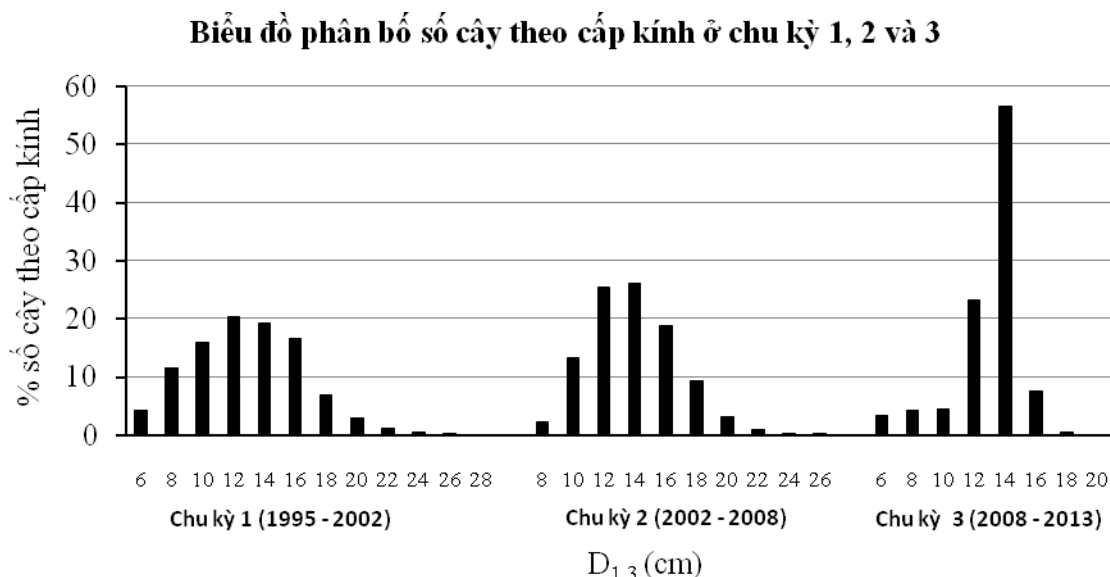


Hình 4.18. Biểu đồ động thái sinh trưởng đường kính qua các chu kỳ kinh doanh

Động thái sinh trưởng $D_{1,3}$ qua các chu kỳ kinh doanh cho thấy: Rừng trồng chu kỳ 1 do trồng với mật độ 833 cây/ha, nên sau 7 năm thu hoạch đường kính trung bình đạt 14cm cao hơn chu kỳ 2 (6 tuổi) và chu kỳ 3 (5 tuổi). Ở chu kỳ 2 động thái sinh trưởng đường kính thân cây theo tuổi khá đồng đều. Sự khác biệt giữa công thức để lại VLHCSKT và công thức để lại gấp đôi VLHCSKT không có sự khác biệt lớn, nhưng có khoảng cách sự khác biệt rất rõ rệt so với công thức lấy đi toàn bộ VLHCSKT. Ở chu kỳ 3 sau 5 tuổi đường kính công thức Fh = 13,2cm đạt tương đương với công thức tốt nhất của rừng trồng chu kỳ 2 = 13,5cm (6 tuổi). Như vậy, bằng biện pháp kỹ thuật quản lý VLHCSKT đã góp phần làm rút ngắn sinh trưởng đường kính thân cây trước 1 năm. Như vậy, các công thức Fm, Fh khi để lại VLHCSKT ở chu kỳ 2 và 3 đều cho sinh trưởng về đường kính vượt trội so với công thức Fl khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

- **Phân bố số cây theo cấp đường kính ở các chu kỳ kinh doanh**

Chỉ tiêu phân bố số cây theo cấp kính của rừng trồng Keo lá tràm giúp cho chủ rừng quản lý và điều chế rừng hợp lý hướng tới phân bố chuẩn nhằm đáp ứng được mục tiêu kinh doanh rừng. Kết quả theo dõi và đánh giá số liệu tổng hợp của toàn bộ 3 công thức thí nghiệm qua các chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm được thể hiện ở hình 4.19 dưới đây:



Hình 4.19. Biểu đồ phân bố số cây theo cấp đường kính ở 3 chu kỳ kinh doanh

Kết quả ở hình 4.19 về mô phỏng phân bố số cây theo cấp kính ở các chu kỳ kinh doanh cho thấy: Ở chu kỳ 1 rừng trồng thưa với mật độ 833 cây/ha đến thời điểm khai thác rừng ở tuổi 7 thì rừng ở trạng thái phân bố chuẩn có đuôi lệch phải. Số lượng cây có đường kính từ 10 – 16cm chiếm tỷ lệ lớn (72,3% số cây) và đã xuất hiện nhiều cây có đường kính lớn trên 20cm (chiếm khoảng 3,9% số cây). Điều này cho thấy rừng không đồng đều và biến động về đường kính giữa các cá thể trong lâm phần khá lớn. Đến chu kỳ 2 rừng trồng với mật độ dày 1.667 cây/ha và được khai thác ở tuổi 6, số cây có đường kính từ 12-16 chiếm tỷ lệ lớn (khoảng 70% số cây trong lâm phần) và cây có đường kính trên 20cm chiếm tỷ lệ rất ít (4,6% số cây). Phân bố về đường kính vẫn tiệm cận với phân bố chuẩn. Khi rừng trồng chu kỳ 3 sau 5 năm tuổi đường kính tập trung chủ yếu ở cấp đường kính 14cm (chiếm 56,6% số cây) và cây tương đối đồng đều. Phân bố đường kính có dạng một đỉnh nhọn rừng đang phát triển rất tốt, số lượng cây có đường kính trên 18cm rất ít (0,6% số cây). Như vậy, ở giai đoạn này đã có sự cạnh tranh mạnh mẽ về không gian dinh dưỡng, do vậy nếu muốn kinh doanh rừng cho mục tiêu gỗ lớn thì cần thiết có giải pháp tỉa thưa tác động để loại bỏ những cây có đường kính nhỏ hơn 8cm để điều tiết mật độ tạo không gian dinh dưỡng cho cây còn lại tăng nhanh về đường kính.

c) Đánh giá sinh trưởng chiều cao vút ngọn

- **Sinh trưởng Hvn của các công thức ở chu kỳ 3**

Kết quả theo dõi sinh trưởng rừng trồng Keo lá tràm sau 5 năm ở chu kỳ 3 được tổng hợp ở bảng 4.16 dưới đây:

Bảng 4.16. Tổng hợp sinh trưởng chiều cao vút ngọn của các công thức thí nghiệm

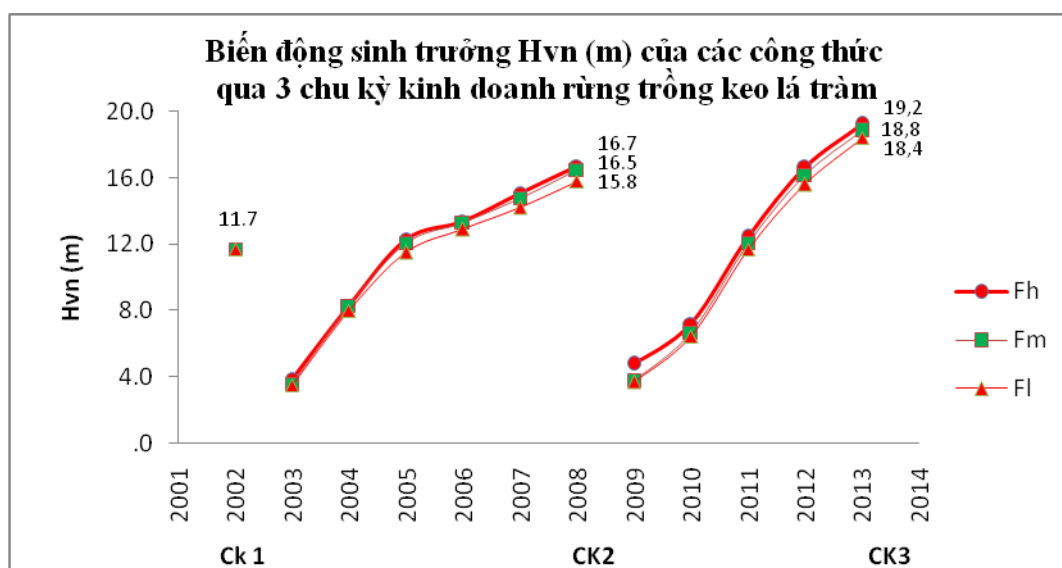
Công thức	Sinh trưởng Hvn (m) theo thời gian				
	12 tháng	24 tháng	36 tháng	48 tháng	60 tháng
Fl	3,7 ^{bc}	6,5 ^c	11,7 ^c	15,6 ^b	18,4 ^{bc}
Fm	3,8 ^b	6,7 ^b	12,1 ^b	16,2 ^{ab}	18,8 ^b
Fh	4,8 ^a	7,2 ^a	12,4 ^a	16,6 ^a	19,2 ^a
Trung bình	4,1	6,8	12,1	16,1	18,8
<i>cv (%)</i>	6,3	3,0	4,9	2,8	1,8
<i>s.e.d</i>	0,222	0,152	0,284	0,280	0,161
<i>P-value</i>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,017	0,004
<i>LSD (p=0,05)</i>	0,08	0,07	0,15	0,62	0,37

Kết quả ở bảng 4.16 cho thấy: Có sự khác biệt rõ rệt về sinh trưởng chiều cao cây giữa các công thức khác nhau từ tuổi 1 đến tuổi 5 và có ý nghĩa về mặt thống kê với giá trị $p_{\text{value}} < 0,05$. Khi rừng 5 tuổi, ở công thức Fm và Fh khi để lại VLHCSKT cho sinh trưởng chiều cao lần lượt là 18,8m và 19,2m cao hơn so với công thức Fl khi lấy đi toàn bộ vật liệu hữu cơ sau khai thác chỉ đạt 18,4m. Qua bảng kết quả phân tích thống kê thì trị số LSD rất nhỏ, điều này cho thấy sinh trưởng chiều cao của rừng trồng Keo lá tràm khá đồng nhất và độ biến động giữa các cá thể trong từng công thức không lớn.

- **So sánh sinh trưởng Hvn qua các chu kỳ kinh doanh**

Động thái sinh trưởng chiều cao rừng qua các chu kỳ kinh doanh có sự biến động rất mạnh mẽ và ngày càng được cải thiện một cách rõ rệt. Ở chu kỳ 1 có chiều cao của lâm phần rất thấp chỉ đạt 11,7m (sau 7 năm). Đến chu kỳ 2 chiều cao công thức tốt nhất đạt 16,7m (sau 6 năm) và đến chu kỳ 3 (sau 5 năm) có sinh trưởng chiều cao 19,2m ở công thức Fh và đã vượt trội rất nhiều so với 2 chu kỳ kinh

doanh trước đó. Kết quả đánh giá chỉ tiêu Hvn của các công thức qua 3 chu kỳ kinh doanh được thể hiện ở hình 4.20 dưới đây:



Hình 4.20. Biểu đồ động thái sinh trưởng chiều cao của các công thức qua 3 chu kỳ

Như vậy, ở chu kỳ 2 và 3 thì sinh trưởng chiều cao vút ngọn của các công thức thí nghiệm khi để lại VLHCSKT (Fh, Fm) có sự khác biệt về mặt thống kê so với công thức lấy đi toàn bộ VLHCSKT (Fl). Bằng việc cải thiện về giống và biện pháp quản lý VLHCSKT đã làm tăng sinh trưởng về chiều cao của rừng trồng Keo lá tràm rất rõ rệt qua các chu kỳ kinh doanh. Điều này đã giúp cho việc tăng năng suất và sinh khối rừng theo hướng ổn định và bền vững.

4.2.2 Đánh giá trữ lượng và năng suất rừng

a) Trữ lượng rừng

- Trữ lượng rừng của các công thức ở chu kỳ 3

Kết quả theo dõi và đánh giá trữ lượng rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3 diễn biến theo thời gian được tổng hợp ở bảng 4.17 dưới đây:

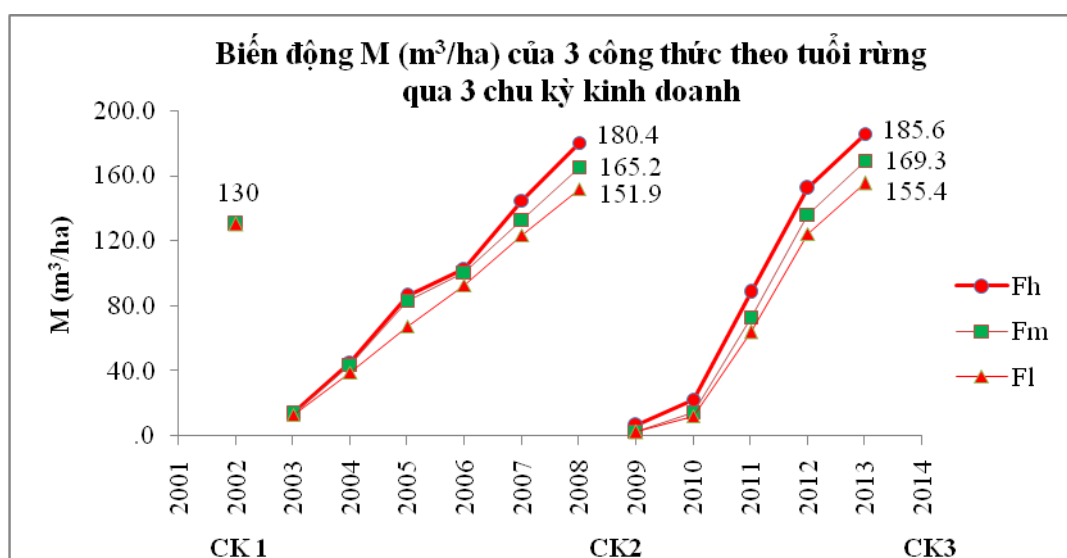
Bảng 4.17. Tổng hợp trữ lượng rừng của các công thức thí nghiệm

Công thức	Trữ lượng (m ³ /ha) theo thời gian				
	12 tháng	24 tháng	36 tháng	48 tháng	60 tháng
Fl	2,3 ^{bc}	12,1 ^{bc}	63,8 ^{bc}	124,3 ^c	155,4 ^c
Fm	2,9 ^b	14,4 ^b	72,9 ^b	136,2 ^b	169,3 ^b
Fh	6,4 ^a	22,7 ^a	88,4 ^a	152,2 ^a	185,6 ^a
Trung bình	3,8	16,4	75,0	137,6	170,1
<i>P-value</i>	< 0,001	< 0,001	0,004	0,002	<0,001
<i>LSD (p=0,05)</i>	1,52	4,15	11,5	11,97	11,32
So sánh độ vượt giữa Fh và Fm so với đối chứng (%)					
Fh/Fl	182%	87%	39%	22%	19%
Fm/Fl	29%	18%	14%	10%	9%

Kết quả ở bảng 4.17 cho thấy: Trữ lượng rừng trồng Keo lá tràm có sự khác biệt rõ rệt về mặt thống kê ở 3 công thức khác nhau khi để lại VLHCSKT. Mức độ khác biệt giữa các công thức cũng giảm dần theo tuổi rừng. Sau 5 năm công thức Fm khi để lại VLHCSKT có trữ lượng đạt 169,3 m³/ha và thấp nhất là Fl chỉ có 155,4 m³/ha. Khi tối đa về dinh dưỡng bằng việc để lại VLHCSKT và bón bổ sung 300g lân/cây cho trữ lượng rừng cao nhất đạt 185,6 m³/ha. Như vậy, hiệu quả của việc để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác đã làm tăng trữ lượng rừng trồng Keo lá tràm và giữa các công thức đã có sự khác biệt ngay từ khi rừng 1 năm tuổi và tiếp tục có khác biệt rõ rệt ở những năm tiếp theo. Khi giữ lại VLHCSKT sau 5 năm đã làm tăng 9% trữ lượng rừng và khi giữ lại VLHCSKT có kết hợp bón bổ sung thêm 300g lân/cây (Fh) sẽ làm tăng 19% trữ lượng so với công thức Fl khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

- **So sánh trữ lượng rừng qua các chu kỳ kinh doanh**

Kết quả so sánh trữ lượng rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh Keo lá tràm khi áp dụng biện pháp quản lý VLHCSKT được thể hiện ở hình 4.21 dưới đây:



Hình 4.21. Biến động trữ lượng rừng của 3 công thức qua các chu kỳ kinh doanh

Biểu đồ ở hình 4.21 cho thấy: Trữ lượng của rừng trồng qua các chu kỳ kinh doanh được cải thiện một cách rõ rệt khi áp dụng biện pháp quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác và kiểm soát cỏ dại bằng thuốc diệt cỏ ở rừng trồng chu kỳ 2 và 3. Các công thức có sự khác biệt rõ rệt về trữ lượng rừng, cao nhất ở công thức Fh sau đó đến Fm và thấp nhất là công thức Fl. Khi để lại VLHCSKT ở chu kỳ 2 đã làm tăng trữ lượng rừng từ 130 m³/ha lên 165,2 m³/ha (rừng trồng 6 tuổi) và tiếp tục duy trì việc để lại VLHCSKT ở chu kỳ 3 đã làm tăng trữ lượng rừng lên 180,43 m³/ha khi rừng ở tuổi 5. Với việc để lại gấp đôi lượng VLHCSKT ở chu kỳ 2 làm tăng trữ lượng rừng từ 130 m³/ha lên 169,3 m³/ha và khi tiếp tục để lại VLHC sau khai thác ở chu kỳ 3 có bón bổ sung thêm 300g Lân/cây cho trữ lượng rừng ở tuổi 5 đạt 185,6 m³/ha. Ở chu kỳ 3 sau 5 năm đã có trữ lượng rừng vượt trội so với 2 chu kỳ kinh doanh trước đó mặc dù tuổi rừng ít hơn. Điều này chứng tỏ rằng, việc để lại VLHCSKT đã góp phần nâng cao trữ lượng rừng qua các chu kỳ kinh doanh.

b) Năng suất rừng

• Lượng tăng trưởng hàng năm của các công thức ở chu kỳ 3

Kết quả đánh giá lượng tăng trưởng hàng năm của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3 khi áp dụng các biện pháp quản lý VLHCSKT ở các mức độ khác nhau đã cho lượng tăng trưởng hàng năm MAI (m³/ha/năm) được tổng hợp ở bảng 4.18 dưới đây:

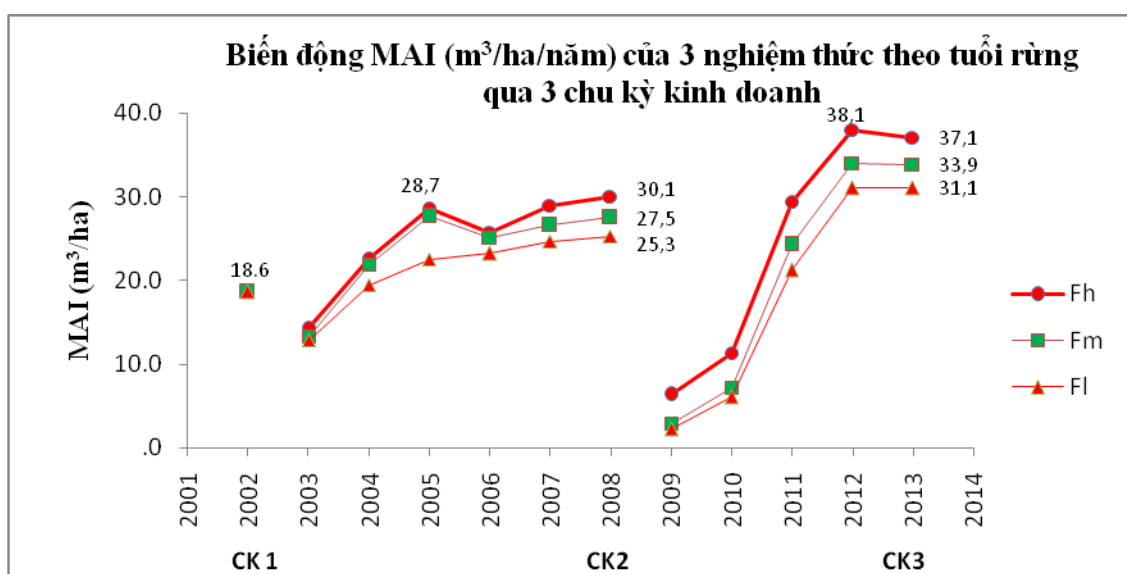
Bảng 4.18. Tổng hợp chỉ tiêu MAI của các công thức theo thời gian

Công thức thí nghiệm	MAI (m ³ /ha/năm) theo tuổi rừng				
	12 tháng	24 tháng	36 tháng	48 tháng	60 tháng
Fl	2,25	6,07	21,27	31,08	31,07
Fm	2,90	7,19	24,30	34,05	33,85
Fh	6,35	11,35	29,47	38,05	37,12
So sánh độ vượt (%) giữa Fh và Fm so với đối chứng Fl					
Fh/Fl	182,2	87,0	38,6	22,4	19,5
Fm/Fl	28,9	18,5	14,3	9,6	8,9

Như vậy, trong suốt quá trình sinh trưởng rừng các công thức đã có sự khác biệt rất rõ rệt về lượng tăng trưởng hàng năm. Theo đó, nếu giữ lại VLHCSKT đã làm lượng tăng trưởng hàng năm tăng từ 2 - 3 m³/ha/năm. Khi so sánh giữa 3 công thức ở tuổi 5 cho thấy: khi để lại VLHCSKT (Fm) thì lượng tăng trưởng hàng năm tăng 8,9% và khi để lại VLHCSKT có bón bổ sung 300g Lân/cây (Fh) có lượng tăng trưởng hàng năm tăng 19,5% so với đối chứng (Fl). Mặc dù, trong 4 - 5 năm đầu, sinh trưởng của rừng Keo lá tràm thường nhanh hơn so với những năm sau, nhưng so sánh giữa chu kỳ 3 ở giai đoạn 5 tuổi so với chu kỳ 2 (6 tuổi) có năng suất bình quân của cả 3 công thức đạt 27,65 m³/ha/năm thì ở chu kỳ này, tại công thức Fh đã đạt 37,1 m³/ha/năm và Fm là 33,85 m³/ha/năm, còn đối chứng chỉ đạt 31,07 m³/ha/năm. Do đó, việc giữ lại VLHCSKT làm tăng lượng sinh trưởng hàng năm của rừng khoảng 3 m³/ha.

- **So sánh năng suất rừng qua các chu kỳ kinh doanh**

Năng suất rừng trồng thường biến động theo tuổi rừng và chu kỳ kinh doanh rừng. Khi so sánh năng suất rừng trồng Keo lá tràm theo tuổi rừng của các công thức thí nghiệm qua 3 chu kỳ kinh doanh được thể hiện ở hình 4.22 dưới đây:



Hình 4.22. Biến động MAI của 3 công thức qua các chu kỳ kinh doanh

Từ kết quả ở biểu đồ hình 4.22 cho thấy: Sinh trưởng rừng mạnh nhất ở tuổi 3 và 4 khi đến tuổi 5 rừng có xu hướng tăng chậm lại. Ở chu kỳ 3 chỉ sau 5 năm lượng tăng trưởng hàng năm đã vượt trội so với chu kỳ 2 (6 năm tuổi) khoảng 20% của tất cả các công thức và MAI tăng gần gấp 2 lần so với chu kỳ 1 (rừng trồng sản xuất khi chưa áp dụng để lại VLHCSKT). Các công thức Fh và Fm khi để lại VLHCSKT có lượng tăng trưởng hàng năm vượt trội hơn nhiều so với công thức đối chứng (lấy đi toàn bộ VLHCSKT). Cụ thể, ở chu kỳ đầu trồng rừng sản xuất thì năng suất chỉ đạt $18,6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$, đến chu kỳ 2 khi để lại gấp đôi VLHCSKT đã năng suất rừng lên $30,1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$ và đến chu kỳ 3 khi để lại VLHCSKT và bón bổ sung 300g Lân/cây đã cho năng suất rừng ở tuổi 5 đạt $37,1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$, tương đương với rừng trồng Keo lai thâm canh trên lập địa tốt nhất ở Việt Nam. Qua số liệu này cho thấy, tiềm năng phát triển Keo lá tràm ở vùng Đông Nam Bộ bằng các kỹ thuật quản lý rừng tối ưu sẽ đem lại hiệu quả kinh tế rất cao cho người trồng rừng.

4.2.3 Đánh giá về sinh khối rừng

a) Tương quan giữa đường kính thân cây và sinh khối rừng ở chu kỳ 3

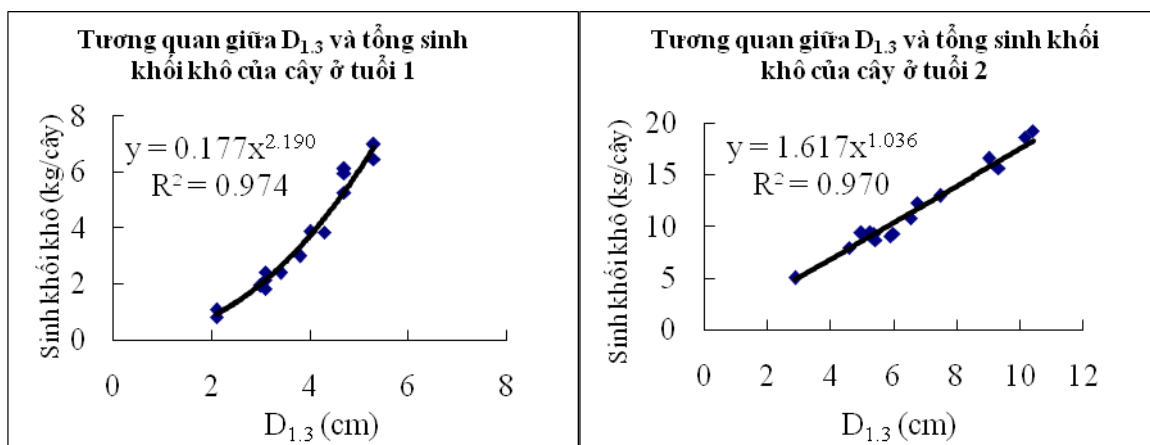
Từ kết quả giải tích 15 cây tiêu chuẩn mỗi năm, lấy mẫu theo từng bộ phận thân cây, cân, sấy trong phòng thí nghiệm để xác định sinh khối khô theo từng bộ phận của thân cây, từ đó làm cơ sở thiết lập các phương trình tương quan giữa đường

kính thân cây và sinh khối rừng theo tuổi rừng. Tổng sinh khối của loài Keo lá tràm trong nghiên cứu này là phần sinh khối trên mặt đất gồm: sinh khối của thân cây, cành, lá cây, không tính đến sinh khối hoa, quả, hạt của đối tượng nghiên cứu. Đây là bộ phận chủ yếu, phản ánh quá trình sinh trưởng của cây Keo lá tràm. Việc xác lập mối tương quan giữa tổng sinh khối khô và sinh khối của các bộ phận thân cây với chỉ tiêu đường kính thân cây ($D_{1,3}$) cho phép ước lượng sinh khối cây đứng mà không cần phải chặt hạ cây. Từ kết quả nghiên cứu trước đây của dự án CIFOR cho thấy, có mối quan hệ rất chặt giữa đường kính thân cây và sinh khối khô của từng bộ phận của cây có dạng hàm mũ. Do vậy, luận án đã kế thừa nghiên cứu này để thiết lập các phương trình tương quan theo tuổi và theo từng bộ phận thân cây được tổng hợp ở bảng 4.19 dưới đây:

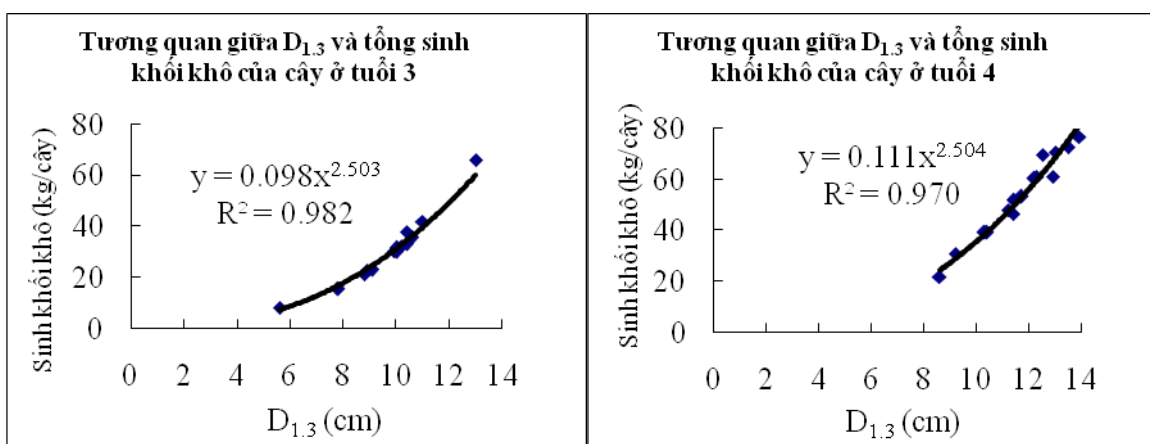
Bảng 4.19. Các phương trình tương quan giữa đường kính (X) và sinh khối cây (Y)

Tuổi (năm)	Phương trình tương quan	Hệ số R^2
1	$Y = 0,177 * X^{2,1090}$	0,974
2	$Y = 0,1617 * X^{1,036}$	0,970
3	$Y = 0,098 * X^{2,053}$	0,982
4	$Y = 0,111 * X^{2,504}$	0,970
5	$Y = 0,081 * X^{2,643}$	0,970
Tương quan sinh khối giữa đường kính và các bộ phận thân cây ở tuổi 5		
Gỗ có vỏ (>5cm)	$Y = 0,053 * X^{2,750}$	0,951
Gỗ không vỏ	$Y = 0,044 * X^{2,784}$	0,948
Cành < 1cm	$Y = 0,013 * X^{2,056}$	0,705
Cành 1-5cm	$Y = 0,019 * X^{2,111}$	0,630
Lá	$Y = 0,008 * X^{2,300}$	0,910

Từ kết quả ở bảng 4.19 cho thấy: Tương quan giữa đường kính thân cây ở vị trí 1,3m và sinh khối khô của phần gỗ có vỏ, không vỏ và tổng sinh khối lá có mối quan hệ rất chặt với hệ số $R^2 > 0,9$. Mối quan hệ giữa đường kính và sinh khối cành < 1cm và cành từ 1 - 5cm có hệ số tương quan thấp hơn, với hệ số R^2 từ 0,63 - 0,705.

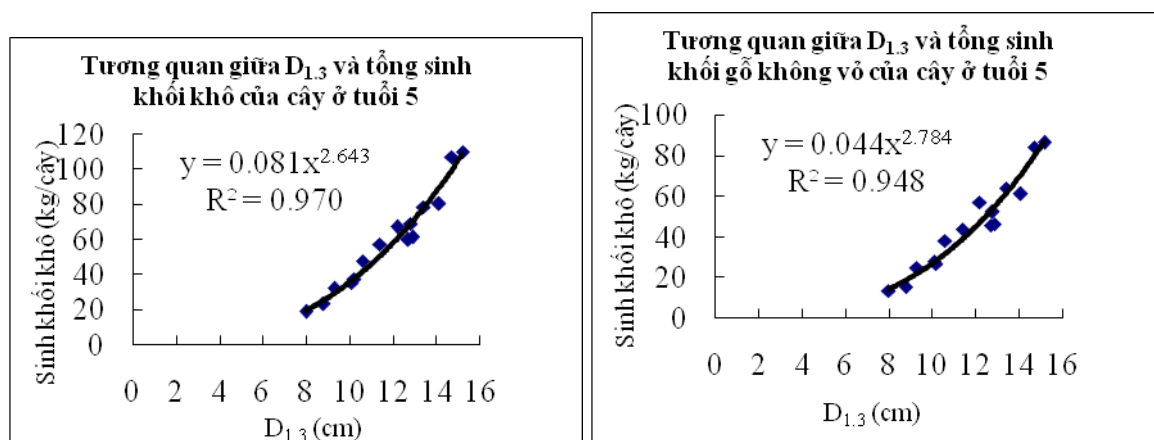


Hình 4.23. Tương quan giữa đường kính và tổng sinh khối khô của cây ở tuổi 1 và 2

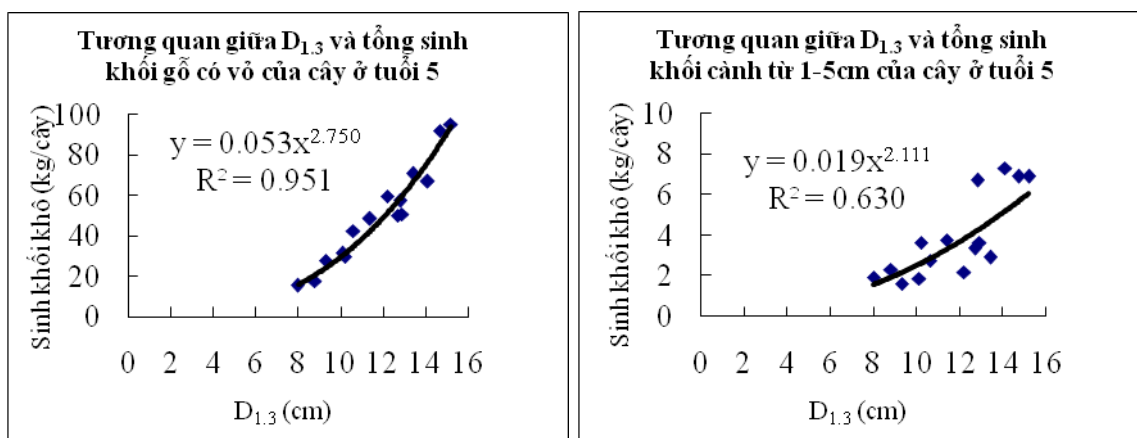


Hình 4.24. Tương quan giữa đường kính và tổng sinh khối khô của cây ở tuổi 3 và 4

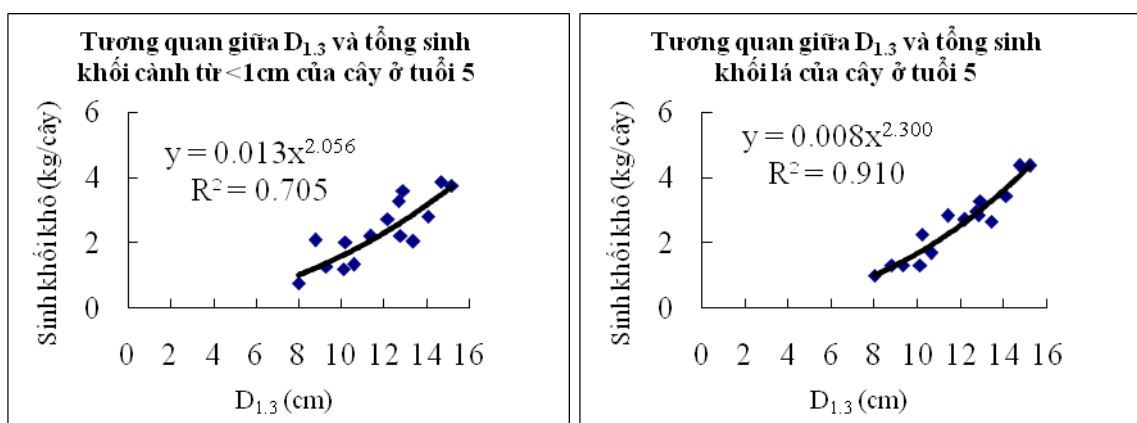
- Tương quan sinh khối của các bộ phận thân cây ở tuổi 5**



Hình 4.25. Tương quan giữa đường kính và sinh khối khô của cây ở tuổi 5



Hình 4.26. Tương quan $D_{1.3}$ với sinh khối gỗ có vỏ và cành từ 1-5cm ở tuổi 5



Hình 4.27. Tương quan $D_{1.3}$ với sinh khối cành <1cm và sinh khối lá ở tuổi 5

b) Ảnh hưởng của quản lý VLHCSKT đến sinh khối rừng ở chu kỳ 3

Từ việc giải tích cây hàng năm, cân, lấy mẫu sinh khối theo từng bộ phận thân cây và đem sấy khô làm cơ sở tính toán và lập các biểu đồ tương quan. Từ các phương trình tương quan được thiết lập thông qua 15 cây tiêu chuẩn/năm đã làm cơ sở ước tính sinh khối rừng ở các cấp tuổi khác nhau theo từng bộ phận thân cây.

Kết quả đánh giá diễn biến sinh khối khô theo từng bộ phận thân cây từ tuổi 1 đến tuổi 5 của các công thức, được thể hiện ở bảng 4.20 dưới đây:

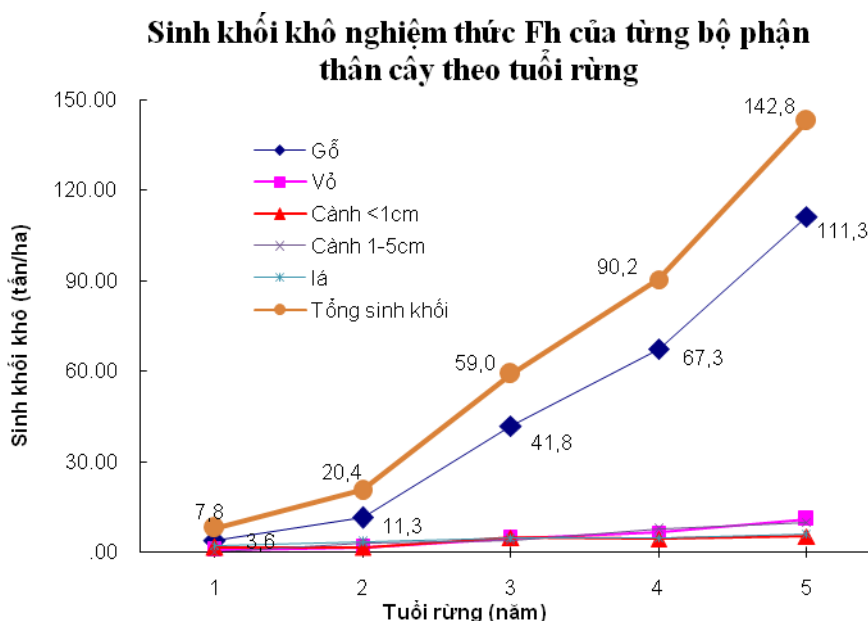
Bảng 4.20. Tổng hợp diễn biến sinh khối khô của các công thức ở chu kỳ 3

Công thức	Bộ phận	Sinh khối khô của các bộ phận thân cây theo thời gian (tấn/ha)									
		12 tháng	(%)	24 tháng	%	36 tháng	%	48 tháng	%	60 tháng	%
Fl	1. Gỗ										
	(> 5cm)	1,41	45,48	6,31	54,12	31,71	70,23	56,44	74,43	94,40	77,72
	2. Vỏ	0,23	7,42	0,86	7,38	3,52	7,80	5,45	7,19	9,16	7,54
	3. Cành										
	< 1cm	0,58	18,65	1,17	10,03	3,62	8,02	3,68	4,85	4,41	3,63
	(1 - 5cm)		-	1,38	11,84	2,71	6,00	6,22	8,20	8,47	6,97
	4. Lá	0,88	28,45	1,94	16,64	3,59	7,95	4,04	5,33	5,03	4,14
	Tổng:	3,10	100	11,66	100	45,15	100	75,83	100	121,46	100
Fm	1. Gỗ										
	(> 5cm)	1,83	45,64	7,23	54,44	34,85	70,32	60,71	74,43	100,60	77,66
	2. Vỏ	0,30	7,43	0,98	7,38	3,85	7,77	5,87	7,20	9,76	7,53
	3. Cành										
	< 1cm	0,76	18,88	1,28	9,64	3,96	7,99	3,96	4,85	4,71	3,64
	(1 - 5cm)		-	1,61	12,12	2,98	6,01	6,69	8,20	9,10	7,03
	4. Lá	1,12	28,03	2,19	16,49	3,93	7,93	4,35	5,33	5,37	4,14
	Tổng:	4,01	100	13,28	100	49,56	100	81,57	100	129,55	100
Fh	1. Gỗ										
	(> 5cm)	3,64	46,55	11,26	55,30	41,76	70,82	67,28	74,57	111,26	77,91
	2. Vỏ	0,58	7,46	1,51	7,42	4,47	7,58	6,47	7,17	10,79	7,56
	3. Cành										
	< 1cm	1,53	19,60	1,57	7,71	4,60	7,80	4,26	4,72	5,12	3,58
	(1 - 5cm)		-	2,87	14,10	3,58	6,07	7,41	8,21	9,76	6,83
	4. Lá	2,06	26,34	3,15	15,47	4,57	7,75	4,80	5,32	5,87	4,11
	Tổng:	7,82	100	20,36	100	58,97	100	90,22	100	142,79	100

Như vậy, ở tuổi rừng càng lớn thì sinh khối gỗ chiếm tỷ lệ cao hơn so với rừng còn non. Khi rừng từ 1 - 2 tuổi thì sinh khối cành và lá cũng chiếm tỷ lệ khá cao khoảng từ 45 - 53% và đây là bộ phận quan trọng trong quá trình quang hợp của cây rừng, góp phần vào thúc đẩy sinh trưởng, phát triển của rừng. Sinh khối gỗ không

có vỏ chiếm tỷ lệ lớn nhất từ 45 - 78% tùy theo tuổi của cây, khi tuổi càng cao thì tỷ lệ sinh khối gỗ càng lớn và sinh khối vỏ, cành, lá chiếm tỷ lệ thấp so với tổng sinh khối của cây rừng.

Khi đánh giá tổng sinh khối khô theo từng bộ phận thân cây ở tuổi 5 của công thức tốt nhất (Fh) được thể hiện ở hình 4.28 dưới đây:



Hình 4.28. Biến động sinh khối khô của công thức Fh theo từng bộ phận của cây
 Như vậy, tổng sinh khối khô theo từng bộ phận thân cây của rừng trồng Keo lá tràm ở các tuổi rừng khác nhau đều có sinh khối gỗ có đường kính > 5cm chiếm tỷ lệ cao nhất. Ở tuổi 5 lượng sinh khối thân có thể đạt đến 77,91%, kể đến là sinh khối vỏ (chiếm 7,56%), sinh khối cành từ 1-5cm (chiếm 6,83%), sinh khối lá (chiếm 4,11%) và thấp nhất là sinh khối của cành nhỏ có đường kính < 1cm (chiếm 3,58%).

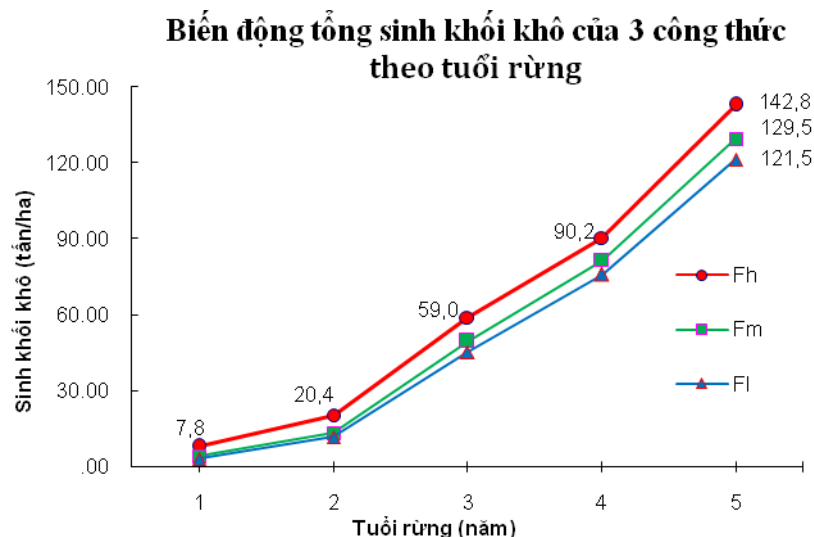
Kết quả đánh giá sinh khối rừng của các công thức thí nghiệm được tổng hợp ở bảng 4.21 dưới đây:

Bảng 4.21. Tổng hợp sinh khối khô theo tuổi rừng của các công thức ở chu kỳ 3

Công thức	Sinh khối khô theo tuổi rừng (tấn/ha)				
	1	2	3	4	5
Fh	3,1 ^c	11,7 ^c	45,2 ^c	75,8 ^c	121,5 ^c
Fm	4,0 ^b	13,3 ^b	49,6 ^b	81,6 ^b	129,5 ^b
Fl	7,8 ^a	20,4 ^a	59,0 ^a	90,2 ^a	142,8 ^a
Trung bình	5,0	15,1	51,2	82,5	131,3
<i>P-value</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<i>LSD</i> ($p=0,05$)	0,97	1,44	3,26	5,28	6,74

Kết quả ở bảng 4.21 cho thấy: Sinh khối khô của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3 khi áp dụng kỹ thuật quản lý VLHCSKT ở các mức độ khác nhau đã làm tăng sinh khối của rừng. Ngay từ khi tuổi 1 đến tuổi 5 thì công thức Fh cho sinh khối cao nhất, kế đến là Fm và thấp nhất là công thức Fl. Sự khác biệt này rất có ý nghĩa về mặt thống kê với $p_{\text{value}} < 0,01$.

Khi so sánh sự biến động của tổng sinh khối khô của 3 công thức theo tuổi rừng khác nhau, cho kết quả thể hiện ở hình 4.29 dưới đây:



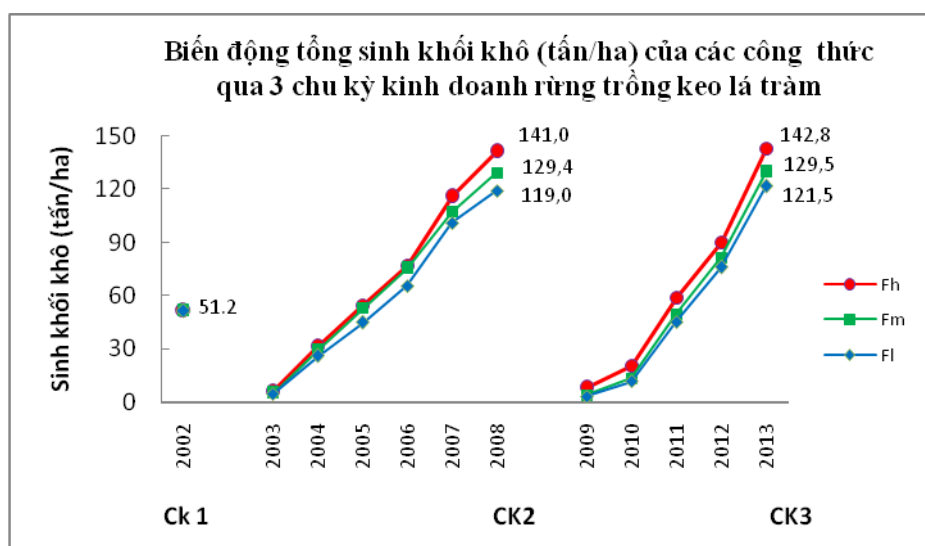
Hình 4.29. Biến động sinh khối khô của các bộ phận của cây theo tuổi rừng

Như vậy, sinh khối rừng ở tuổi 1 và 2 rất thấp và đến tuổi 3 sinh khối rừng tăng rất nhanh trung bình từ 20 - 30 tấn/ha. Sinh khối khô của rừng tăng mạnh ở tuổi 3

và 4. Đến tuổi 5 sinh khối của rừng tăng mạnh nhất, công thức Fm khi để lại VLHCSKT có sinh khối đạt 129,5 tấn/ha cao hơn khoảng 8 tấn/ha so với công thức Fl khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT chỉ có 121,5 tấn/ha. Khi để lại VLHCSKT và có bón bổ sung phân lân với liều lượng 300 g/cây (Fh) cho năng suất rừng đạt 142,8 tấn/ha. Tổng sinh khối khô của công thức thí nghiệm có sự khác biệt rất rõ rệt về phương diện thống kê ở tất cả các tuổi rừng.

c) Ảnh hưởng của VLHCSKT đến sinh khối qua các chu kỳ kinh doanh

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của quản lý vật liệu hữu cơ sau khai thác đến tổng sinh khối khô của các công thức theo tuổi cây qua 3 chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm được thể hiện ở hình 4.30 dưới đây:



Hình 4.30. Biến động sinh khối khô của các công thức qua 3 chu kỳ

Như vậy, ở chu kỳ 2 và 3 của rừng trồng Keo lá tràm khi áp dụng kỹ thuật quản lý VLHCSKT đã làm tăng sinh khối rừng trồng vượt trội so với chu kỳ kinh doanh đầu. Ở chu kỳ 2 khi để lại VLHCSKT (Fm) đã làm tăng sinh khối rừng 9% và khi gấp đôi lượng VLHCSKT (Fh) đã làm tăng 18,5% so với đối chứng Fl (lấy đi VLHCSKT). Ở chu kỳ 3 khi để lại VLHCSKT sau 5 năm đã làm tăng 6,7% sinh khối và nếu tiếp tục để lại VLHCSKT có bón bổ sung 300g lân/cây sẽ làm tăng 16,7% sinh khối so với công thức đối chứng khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

Khi so sánh tổng sinh khối khô ở cuối của 3 chu kỳ kinh doanh cho thấy: Ở chu kỳ 2 tổng sinh khối khô của rừng vượt so với chu kỳ 1 là 153% (công thức để lại

VLHCSKT) và 175% (công thức để lại gấp đôi lượng VLHCSKT). Ở chu kỳ 3 sau 5 năm tuổi sinh khối công thức Fh đạt 142,8 tấn/ha tương đương với sinh khối rừng của chu kỳ 2 (6 tuổi) và công thức Fh có sinh khối vượt 17,6% so với Fl.

d) Sinh khối từ vật rụng dưới tán rừng ở các chu kỳ kinh doanh

• Phân bố lượng vật rụng ở chu kỳ 3

Kết quả theo dõi lượng vật rụng sấy khô bao gồm: cành, lá, hoa, quả, vỏ cây,...khô rơi tự nhiên của rừng được thu thập sau 40 tháng, với tần xuất 2 lần/tháng và thời gian theo dõi từ khi rừng đạt 2 tuổi được thể hiện ở bảng 4.22 và biểu đồ 4.32 dưới đây:

Bảng 4.22. Tổng hợp sinh khối vật rụng sau 40 tháng (từ T9/2010 - T12/2013)

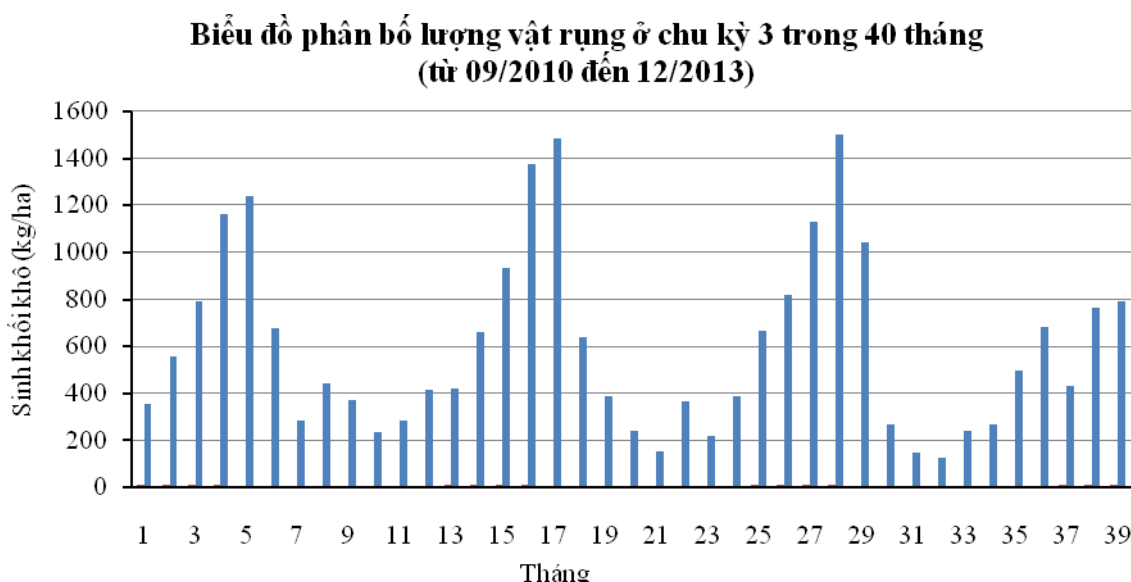
Tháng	Lượng vật rụng khô phân bố theo tháng ở các tuổi rừng khác nhau (kg/ha)				Trung bình
	2 tuổi	3 tuổi	4 tuổi	5 tuổi	
1		1.241	1.485	1.042	1.256
2		675	637	269	527
3		285	385	145	272
4		442	238	124	268
5		369	150	240	253
6		233	365	267	288
7		285	219	494	333
8		415	388	683	495
9	356	420	663	429	467
10	558	659	819	765	700
11	791	933	1.130	793	912
12	1.163	1.373	1.501	781	1.204
Tổng	2.867	7.329	7.980	6.033	24.210

Tổng lượng sinh khối vật rụng sau 40 tháng là 24,2 tấn khô/ha, nếu lượng sinh khối này bị lấy ra hoặc bị “đốt trước” để phòng chống cháy rừng như một số nơi đã làm sẽ dẫn đến xói mòn, rửa trôi, làm giảm dinh dưỡng của đất. Lượng vật rụng của



Hình 4.31. Ảnh thu mẫu vật rụng hàng năm

rừng trồng Keo lá tràm cao hơn nhiều so với lượng rơi rụng của rừng trồng Thông từ 6 – 26 tuổi là 3 - 14,2 tấn/ha (Ngô Đình Quế và cộng sự (2010) [23]. Khi rừng trồng Keo lá tràm ở tuổi 3 và 4 là giai đoạn sinh trưởng mạnh nhất, khả năng tia cành tự nhiên lớn nên lượng vật rụng là cành khô nhiều, do vậy tổng lượng vật rụng trong năm cao hơn so với tuổi 5. Hơn nữa, phân bố lượng vật rụng ở các tháng trong năm rất khác nhau và phụ thuộc rất lớn vào điều kiện thời tiết. Phân bố lượng vật rụng qua 40 tháng theo dõi được thể hiện ở hình 4.32 dưới đây:



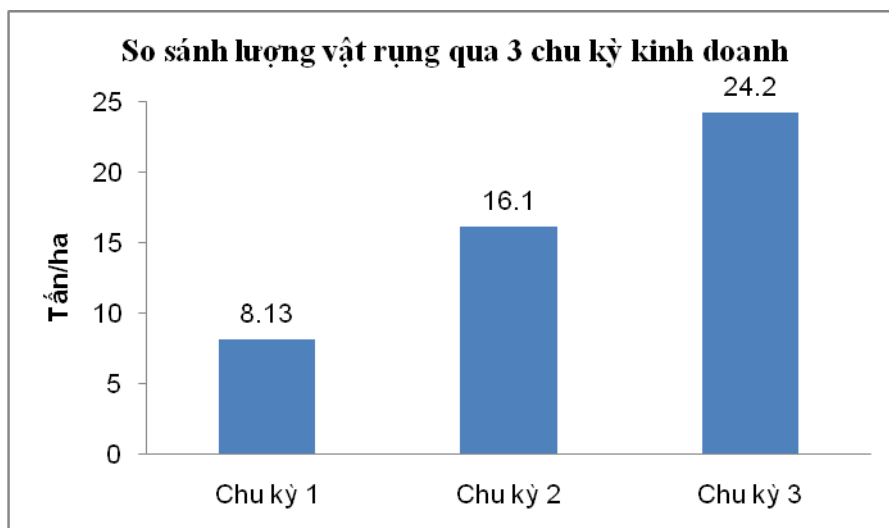
Hình 4.32. Phân bố lượng vật rụng sấy khô ở chu kỳ 3 sau 40 tháng theo dõi

Lượng vật rụng phụ thuộc vào theo mùa sinh trưởng, phát triển của cây rừng. Lượng vật rụng tập trung cao nhất vào các tháng mùa khô kiệt từ tháng 11 đến tháng 1 năm sau, lúc này là thời điểm cây sinh trưởng chậm nhất. Bắt đầu vào đầu mùa sinh trưởng từ tháng 3 – 7 thì lượng vật rụng là ít nhất. Điều này có thể là vào mùa khô cây bị thiếu hụt nước rất lớn dẫn đến cành, lá bị khô héo và rụng nhiều và chính thời điểm này là giai đoạn sinh trưởng thấp nhất của rừng trong năm. Trong năm 2013 diễn biến của điều kiện thời tiết mùa khô ngắn, mưa xuất hiện sớm và lượng mưa rải rác nên sự thiếu hụt nước của rừng trồng không lớn, nên lượng vật rụng ít hơn so với 2 năm trước đó. Ngoài ra, cũng có thể do nguyên nhân rừng trồng Keo lá tràm ở tuổi 3 và 4 là giai đoạn sinh trưởng mạnh nhất, khả năng tia cành tự

nhien lớn nên lượng vật rụng là cành khô nhiều, do vậy tổng lượng vật rụng trong năm cao hơn so với rừng ở tuổi 5.

- **So sánh lượng vật rụng qua các chu kỳ kinh doanh**

Khi so sánh lượng vật rụng qua 3 chu kỳ kinh doanh ta thấy sự khác biệt rất lớn. Kết quả so sánh được tổng hợp ở hình 4.33 dưới đây:



Hình 4.33. So sánh lượng vật rụng trả lại cho đất ở 3 chu kỳ kinh doanh

Như vậy, ở chu kỳ 2 (sau 6 năm) lượng vật rụng trả lại cho đất gấp 2 lần so với chu kỳ 1 và ở chu kỳ 3 (sau 5 năm) lượng vật rụng gấp 1,5 lần so với chu kỳ 2 và gấp gần 3 lần so với chu kỳ 1. Điều này có thể lý giải rằng, ở chu kỳ 1 lượng vật rụng thấp do mật độ trồng rừng thấp chỉ có 833 cây/ha so với 1.667 cây/ha ở chu kỳ 2 và 3. Hơn nữa, nghiên cứu được kế thừa kết quả của dự án CIFOR bắt đầu thực hiện từ 2002 nên lượng vật rụng ở chu kỳ 1 chỉ được thu thập dưới sàn rừng ở giai đoạn tuổi 7 do đó một phần lớn lượng vật rụng này đã bị phân hủy trước đó theo thời gian. Khi nghiên cứu ở chu kỳ 3 thì lượng vật rụng tăng mạnh so với 2 chu kỳ trước có thể do rừng sinh trưởng nhanh, khả năng tĩa cành tự nhiên tốt, sinh khối rừng lớn nên lượng vật rơi rụng hàng năm xuống sàn rừng nhiều. Lượng vật rụng trả lại cho đất sau mỗi chu kỳ kinh doanh là khá lớn đã góp phần cải thiện dinh dưỡng cho đất, nếu lượng này bị lấy ra hoặc bị xói mòn, rửa trôi sẽ làm giảm dinh dưỡng của đất.

4.2.4 Đánh giá tổng hợp về sinh trưởng, năng suất và sinh khối rừng

Kết quả đánh giá tổng hợp và so sánh các chỉ tiêu sinh trưởng, năng suất và sinh khối rừng trồng Keo lá tràm ở các công thức thí nghiệm khác nhau qua 3 chu kỳ kinh doanh được tổng hợp ở bảng 4.23 dưới đây:

Bảng 4.23. So sánh các chỉ tiêu sinh trưởng rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh

Chỉ tiêu	Chu kỳ 1 (1995-2002)	Chu kỳ 2 (2002-2008)			Chu kỳ 3 (2008-2013)		
Tuổi rừng (năm)	7	6			5		
Mật độ trồng (cây/ha)	833	1.667			1.667		
Nguồn giống	Cây con từ hạt chưa được tuyển chọn	Cây con từ hạt được tuyển chọn			Cây con dòng AA1, AA9		
Công thức	-	Fl	Fm	Fh	Fl	Fm	Fh
Tỷ lệ sống (%)	78,1	87,9	91,3	91,7	86,3	90,8	94,8
DBH (cm)	14,0	12,5	13,3	13,5	12,5	12,7	13,2
Hvn (m)	11,7	15,8	16,5	16,7	18,4	18,8	19,2
Trữ lượng (m ³ /ha)	130,0	151,9	165,2	180,4	155,4	169,3	185,6
MAI (m ³ /ha/năm)	18,6	25,3	27,5	30,1	31,1	33,9	37,1
Sinh khối (tấn/ha)	51,2	119,0	129,4	141,0	121,5	129,5	142,8
So sánh tỷ lệ (%) độ vượt trội giữa các công thức qua các chu kỳ kinh doanh							
Chỉ tiêu so sánh	DBH (cm)	Hvn (m)		Trữ lượng (m ³ /ha)		Sinh khối (tấn/ha)	
CK2 (Fm/Fl)	6,4	4,4		8,8		8,7	
CK2 (Fh/Fl)	8,0	5,7		18,8		18,5	
CK3 (Fm/Fl)	1,6	2,1		8,9		6,5	
CK3 (Fh/Fl)	5,6	4,3		19,4		17,5	

Từ kết quả bảng 4.23, tác giả có đánh giá chung như sau:

+ Về ảnh hưởng của để lại VLHCSKT ở chu kỳ 2: Nếu để lại VLHCSKT (Fm) thì D_{1,3} tăng 6,4%, Hvn tăng 4,4%, trữ lượng rừng tăng 8,8% và sinh khối rừng tăng 8,7% so với đối chứng. Nếu giữ lại gấp đôi lượng VLHCSKT (Fh) thì D_{1,3} tăng 8,0%, Hvn tăng 5,7%, trữ lượng rừng tăng 18,8%, năng suất rừng đạt 30,1 m³/ha/năm và sinh khối rừng tăng 18,5% so với công thức đối chứng (Fl) khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

+ Về ảnh hưởng của giữ lại VLHCSKT ở chu kỳ 3: Khi so sánh giữa công thức Fm (giữ lại VLHCSKT) và Fl (đối chứng – không giữ lại VLHCSKT) thì tỷ lệ sống của rừng tăng 5,2%, $D_{1.3}$ tăng 1,6%, Hvn tăng 2,1%, trữ lượng rừng tăng 8,9%, năng suất rừng tăng 9,0 % và sinh khối rừng trên mặt đất tăng 6,5%. Nếu cũng giữ lại VLHCSKT bón bổ sung 300 g Lân/cây (Fh) thì năng suất rừng tăng 19,2% (MAI = 37,1 m³/ha/năm so với 31,1m³/ha/năm), trữ lượng rừng tăng 19,4% và sinh khối rừng trên mặt đất tăng 17,5% so với công thức (Fl) khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

+ Khi đánh giá xu hướng giữa 3 chu kỳ kinh doanh cho thấy:

Sinh trưởng về đường kính ở chu kỳ 1 trung bình đạt 14cm và có phần cao hơn so với chu kỳ 2 & 3 do rừng trồng với mật độ thưa (833 cây/ha) và tuổi khai thác dài (7 năm). Tuy nhiên, ở chu kỳ 3 do quản lý VLHCSKT đã trải qua 11 năm nên độ phì đất được cải thiện và sinh trưởng về đường kính sau 5 tuổi đã tương đương so với rừng trồng 6 tuổi ở chu kỳ 2.

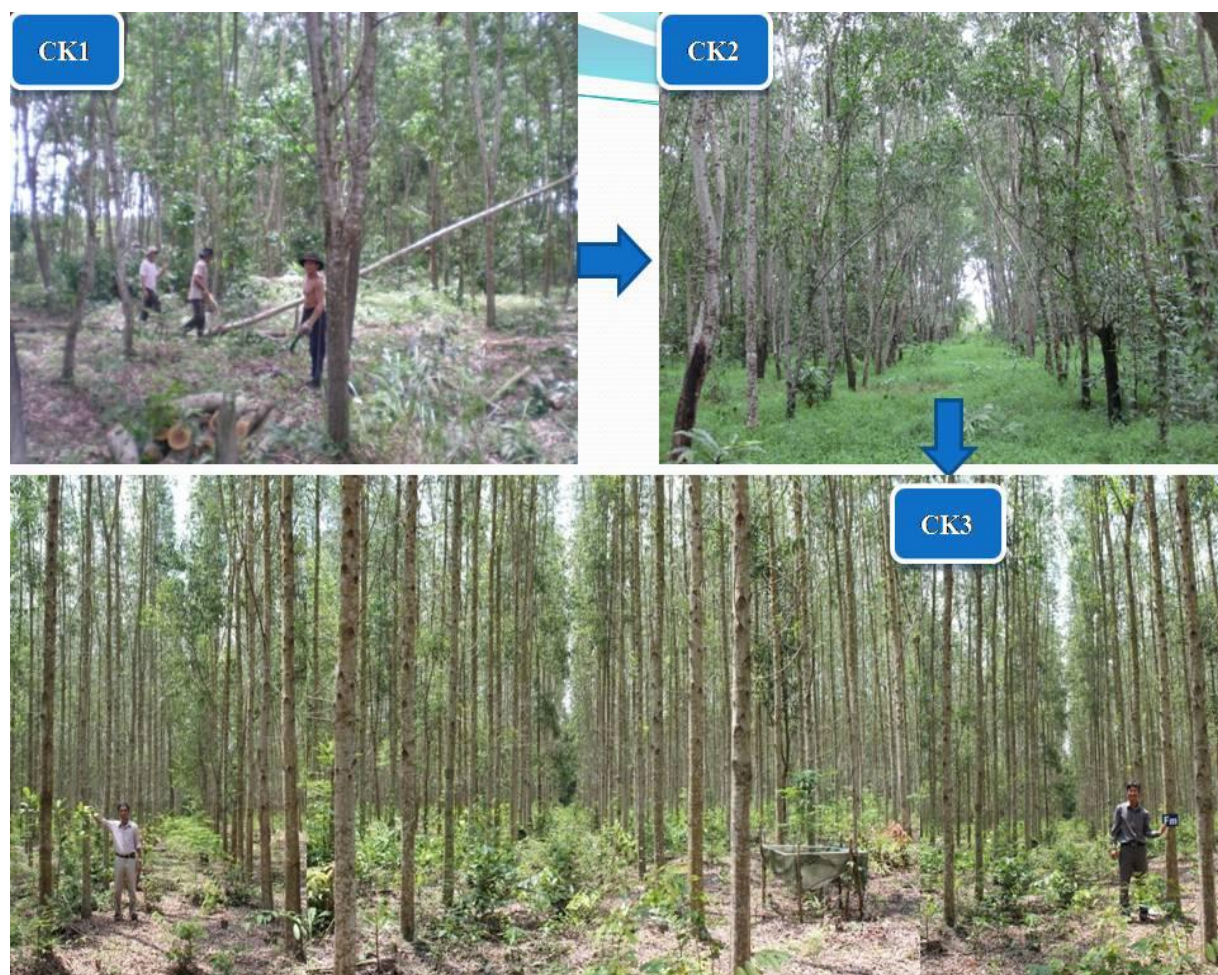
Sinh trưởng về chiều cao: Ở chu kỳ 2 sau 6 năm công thức Fh có chiều cao vút ngọn tốt nhất đạt là 16,7m và vượt 5,7% so đối chứng. Đến chu kỳ 3 sau 5 năm công thức Fh có Hvn = 19,2m là cao nhất và vượt 4,4% so với đối chứng. Như vậy, sau 3 chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm sinh trưởng về chiều cao vút ngọn đã được cải thiện một cách rõ rệt góp phần nâng cao năng suất rừng.

Trữ lượng rừng: Ở chu kỳ 2 công thức Fh sau 6 năm có trữ lượng rừng đạt 180,4m³, tương đương MAI là 30,1 m³/ha/năm tăng 18,8% so với công thức đối chứng Fl. Còn ở chu kỳ 3 công thức Fh sau 5 năm có trữ lượng cao nhất đạt 185,6m³, tương đương MAI là 37,1 m³/ha/năm tăng 19,4% so với công thức đối chứng Fl.

Về tổng sinh khối khô trên mặt đất: Rừng trồng chu kỳ 2 sau 6 năm công thức Fh có sinh khối khô cao nhất đạt 141 tấn/ha và vượt 18,5% so với công thức đối chứng. Đến rừng trồng chu kỳ 3 sau 5 năm thì công thức Fh có sinh khối cao nhất là 142,8 tấn/ha và vượt 17,6% so với công thức đối chứng Fl.

Như vậy, chỉ cần để lại VLHCSKT qua các chu kỳ kinh doanh (Fm) cùng với cải thiện chất lượng giống và kỹ thuật lâm sinh đã làm tăng trữ lượng rừng ở chu kỳ

3 vượt 30,2% so với chu kỳ 1 (sau 7 năm) và vượt 2,5% so với chu kỳ 2 (sau 6 năm). Sinh khối rừng ở chu kỳ 3 (sau 5 năm) tương đương với chu kỳ 2 (sau 6 năm) và vượt 152,9% so với chu kỳ 1 rừng trồng 7 năm. Đây là bước đột phá về cải thiện năng suất và sinh khối rừng qua các chu kỳ kinh doanh giúp kinh doanh rừng bền vững hơn.



Hình 4.34. Ảnh rừng trồng Keo lá tràm qua 3 chu kỳ kinh doanh

4.3 Tích lũy các chất dinh dưỡng và khả năng cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3

4.3.1 Tích lũy dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3

a) Tích lũy các chất dinh dưỡng ở chu kỳ 3 theo tuổi rừng

Sự hấp thụ chất dinh dưỡng và chu trình luân chuyển các chất có mối quan hệ chặt chẽ với từng giai đoạn sinh trưởng và nhu cầu dinh dưỡng của cây trồng. Khi

cây trồng sinh trưởng nhanh thì đòi hỏi nhiều chất dinh dưỡng. Khả năng hấp thụ các chất dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm tăng nhanh theo tuổi cây rừng và phụ thuộc vào tổng lượng sinh khối hàng năm. Kết quả nghiên cứu về khả năng hấp thụ các chất dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3 được tổng hợp ở bảng 4.24 dưới đây:

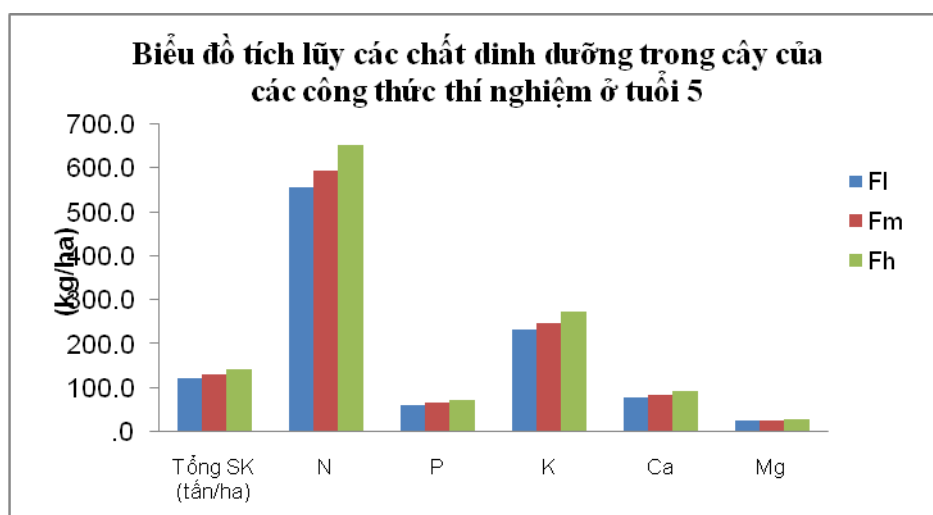
Bảng 4.24. Tổng sinh khối khô và chất dinh dưỡng của các công thức theo thời gian

Tuổi rừng (năm)	Công thức	Tổng sinh khối khô (tấn/ha)	Thành phần dinh dưỡng (kg/ha)				
			N	P	K	Ca	Mg
1	Fl	3,1	62,4	4,7	29,9	5	1,7
	Fm	4,0	66,5	5	32,6	5,3	1,8
	Fh	7,8	77,8	5,7	36,9	6,2	1,9
	Trung bình	5,0	68,9	5,1	33,1	5,5	1,8
2	Fl	11,7	233,8	29,2	93,3	30,5	10,5
	Fm	13,3	260,0	33,3	104,6	34,2	11,8
	Fh	20,4	268,6	34,3	108,5	35,8	14,2
	Trung bình	15,1	254,1	32,3	102,1	33,5	12,2
3	Fl	45,2	346,1	41,1	161,1	47,95	15,2
	Fm	49,6	387,5	46,3	181,5	52,20	15,9
	Fh	59,0	414,9	55,5	218	57,15	16,4
	Trung bình	51,2	382,8	47,6	186,9	52,43	15,8
4	Fl	75,8	373,7	49,9	198,8	57,8	23,5
	Fm	81,6	402,0	53,7	213,9	62,5	25,3
	Fh	90,2	444,6	59,4	236,6	69,1	28,0
	Trung bình	82,5	406,8	54,4	216,4	63,2	25,6
5	Fl	121,5	555,7	61,5	232,5	78,2	24,7
	Fm	129,5	593,1	65,6	248,2	83,6	26,4
	Fh	142,8	651,4	72,2	272,7	91,2	29,0
	Trung bình	131,3	600,1	66,4	251,2	84,3	26,7

Kết quả ở bảng 4.24 cho thấy, sự tích lũy các chất dinh dưỡng phụ thuộc chủ yếu vào tuổi rừng và tổng lượng sinh khối của rừng đạt được. Ở các tuổi khác nhau có mức độ tích lũy các chất dinh dưỡng cũng khác nhau. Sau 5 năm theo dõi và phân tích thì công thức Fh và Fm có lượng tích lũy các chất dinh dưỡng cao hơn

nhiều so với đối chứng. Điều này cho thấy, quản lý VLHCSKT đã ảnh hưởng tích cực đến khả năng tích lũy các chất dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm và lượng tích lũy dinh dưỡng này tăng dần theo tuổi rừng. Đến giai đoạn rừng 5 tuổi thì lượng tích lũy dinh dưỡng trung bình của 3 công thức là: Đạm (600,1kg/ha); Lân (66,4 kg/ha); Kali (251,2kg/ha); Caxi (84,3 kg/ha) và Magiê là (26,7 kg/ha).

Ở chu kỳ thứ 3 khi rừng 5 tuổi thì lượng tích lũy các chất dinh dưỡng trong cây của các công thức cũng có sự khác biệt và được thể hiện ở hình 4.35 dưới đây:



Hình 4.35. Tổng sinh khối rừng và tích lũy dinh dưỡng trong cây ở tuổi 5

Như vậy, khi để lại VLHCSKT đã làm tăng sinh khối của rừng và làm tăng lượng tích lũy các chất dinh dưỡng trong cây. Công thức thí nghiệm để lại VLHCSKT (Fm) có lượng tích lũy các chất dinh dưỡng tăng từ 6,7 - 6,9% so với công thức đối chứng (F1). Khi công thức Fh có bón bổ sung phân lân lượng tích lũy các chất dinh dưỡng tăng từ 14,3 - 14,8% so với công thức F1 khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT.

b) Tích lũy các chất dinh dưỡng của vật rụng ở chu kỳ 3

Vật rụng của rừng trồng Keo lá tràm bao gồm cành khô, lá, hoa, quả và vỏ cây rơi rụng xuống tán rừng. Kết quả theo dõi sau 40 tháng và phân tích thành phần dinh dưỡng của lớp vật rụng được tổng hợp ở bảng 4.25 dưới đây:

Bảng 4.25. Tổng hợp tích lũy các chất dinh dưỡng từ lớp vật rụng sau 40 tháng

Chất dinh dưỡng	Năm 2010 (4 tháng)	Năm 2011 (12 tháng)	Năm 2012 (12 tháng)	Năm 2013 (12 tháng)	Sau 40 tháng (9/2010-12/2013)
Vật rụng (kg/ha)	2.867	7.329	7.980	6.033	24.210
N (%)	1,30	1,35	1,44	1,46	
Tích lũy N (kg/ha)	37,25	99,17	114,91	88,09	339,41
P (%)	0,21	0,17	0,17	0,20	
Tích lũy P (kg/ha)	6,05	12,31	13,81	11,95	44,11
K (%)	0,92	0,79	0,62	0,66	
Tích lũy K (kg/ha)	26,27	57,83	49,32	39,82	173,23
Ca (%)	0,09	0,07	0,07	0,07	
Tích lũy Ca (kg/ha)	2,64	5,06	5,83	4,22	17,74
Mg (%)	0,05	0,05	0,05	0,06	
Tích lũy Mg (kg/ha)	1,41	3,30	3,75	3,62	12,07

Như vậy, sau 5 năm rừng trồng Keo lá tràm có tổng lượng vật rụng trả lại cho đất là 24,21 tấn khô/ha tương đương với lượng dinh dưỡng các chất là: 339,41 kg N/ha; 44,11 kg P/ha; 173,23 kg K/ha; 17,74 kg Ca/ha và 12,07 kg Mg/ha. Qua quá trình phân hủy lớp vật rụng theo thời gian sẽ trả lại cho đất một lượng dinh dưỡng đáng kể, góp phần giảm sự thiếu hụt dinh dưỡng trong đất, làm tăng độ phì của đất và đẩy nhanh quá trình sinh trưởng của rừng trồng.

c) So sánh khả năng tích lũy dinh dưỡng qua các chu kỳ kinh doanh

Tổng hợp kết quả so sánh về khả năng tích lũy dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở năm cuối của 3 chu kỳ kinh doanh được thể hiện ở bảng 4.26 dưới đây:

Bảng 4.26. Tổng hợp lượng tích lũy các chất dinh dưỡng rừng trồng ở 3 chu kỳ

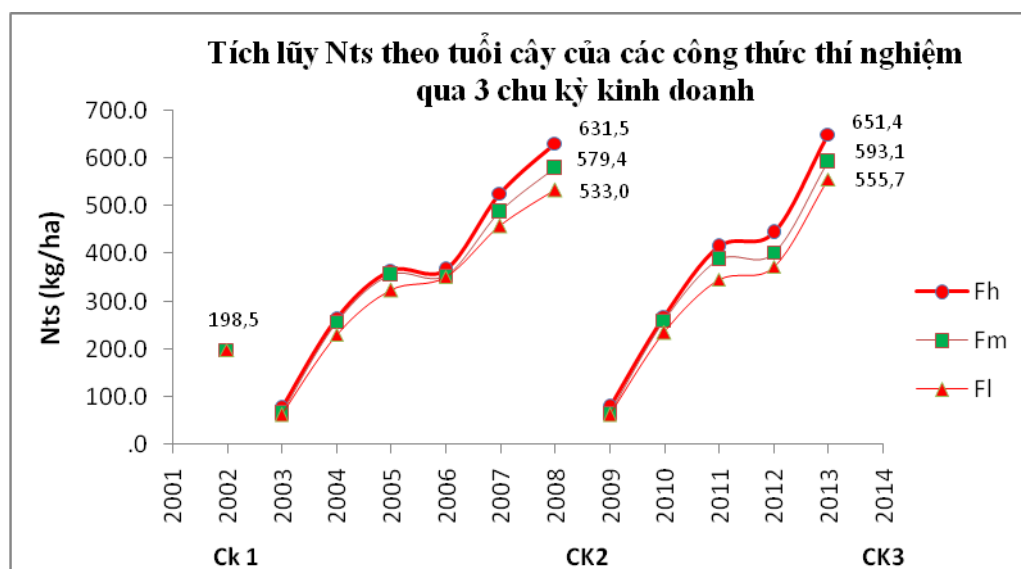
Chỉ tiêu	Thành phần dinh dưỡng tích lũy trong cây (kg/ha)						
	Chu kỳ 1 (7 năm)	Chu kỳ 2 (6 năm)			Chu kỳ 3 (5 năm)		
	Rừng sản xuất	Fl	Fm	Fh	Fl	Fm	Fh
Tổng sinh khối (tấn/ha)	51,2	119,0	129,4	141,0	121,5	129,5	142,8
N	198,5	533,0	579,4	631,5	555,7	593,1	651,4
P	7,1	60,5	65,8	71,7	61,5	65,6	72,2
K	144,2	253,8	275,9	300,7	232,5	248,2	272,7
Ca	70,3	82,0	89,1	97,2	78,2	83,6	91,2

Mg	12,5	31,1	33,8	36,8	24,7	26,4	29,0
----	------	------	------	------	------	------	------

Kết quả so sánh ở 3 chu kỳ cho thấy: Lượng tích lũy các chất dinh dưỡng của rừng trồng ở cuối chu kỳ 2 và 3 cao hơn rất nhiều so với chu kỳ 1. Lượng tích lũy lân dễ tiêu ở chu kỳ 2 và 3 khi để lại VLHCSKT đã được cải thiện rõ rệt, tăng từ 8 – 10 lần so với chu kỳ 1. Ở chu kỳ 3 khi rừng 5 tuổi đã có lượng tích lũy các chất dinh dưỡng trong cây tương đương với 6 năm của rừng trồng chu kỳ 2. Khi so sánh lượng tích lũy các chất dinh dưỡng ở chu kỳ 2 và 3 giữa các công thức thí nghiệm thì công thức Fh cho sinh khối cao nhất, sau đó đến Fm và thấp nhất là công thức Fl. Lượng tích lũy các chất dinh dưỡng trong cây ở công thức Fm tăng hơn từ 6,6 - 8,8% và công thức Fh tăng từ 17,2 - 18,5% so với công thức đối chứng (Fl).

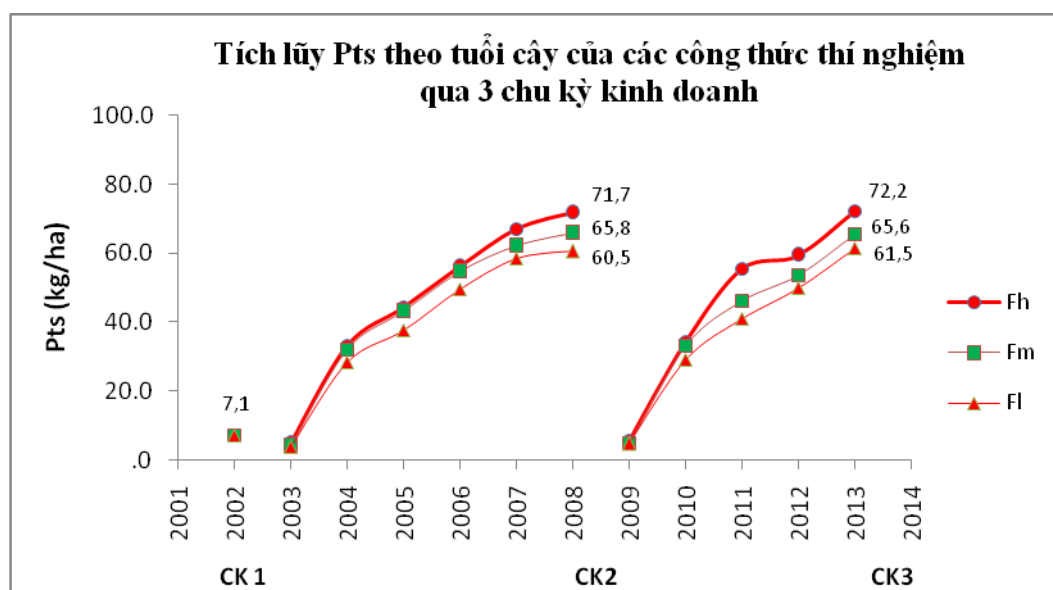
Đánh giá chi tiết về khả năng tích lũy các chất dinh dưỡng theo tuổi rừng ở các chu kỳ kinh doanh rừng trồng Keo lá tràm được thể hiện ở các hình dưới đây:

+ **Tích lũy Đạm tổng số (Nts)**



Hình 4.36. Biến đổi tích lũy Đạm tổng số của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh

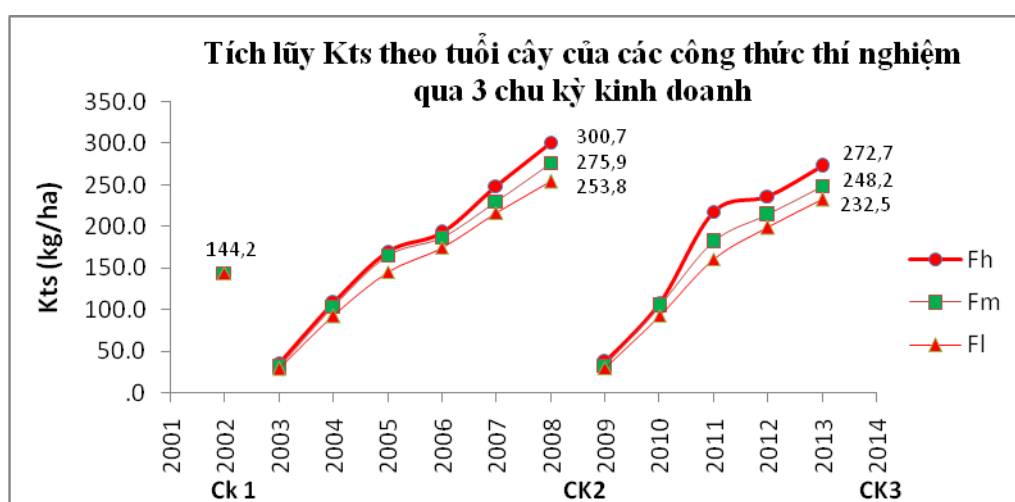
+ **Tích lũy Lân tổng số (Pts)**



Hình 4.37. Biến đổi tích lũy Lân tổng số qua 3 chu kỳ kinh doanh

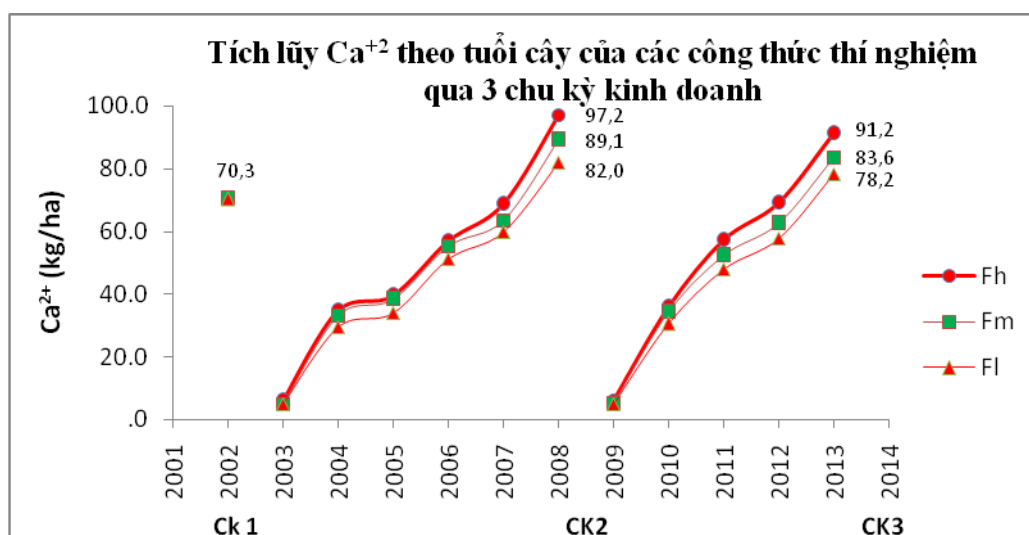
Từ kết quả ở hình 4.36 và 4.37 cho thấy: Quá trình tích lũy Đạm và Lân trong cây ở rừng trồng thí nghiệm ở chu kỳ 2 và 3 được cải thiện rất rõ rệt do việc để lại VLHCSKT. Ở tuổi rừng càng cao thì khả năng tích lũy dinh dưỡng trong cây càng lớn và sự khác biệt giữa các công thức ngày càng xa. Công thức Fh và Fm có tích lũy Đạm và Lân trong cây cao hơn rất nhiều so với Fl (lấy đi toàn bộ VLHCSKT).

+ **Tích lũy Kali (Kts)**



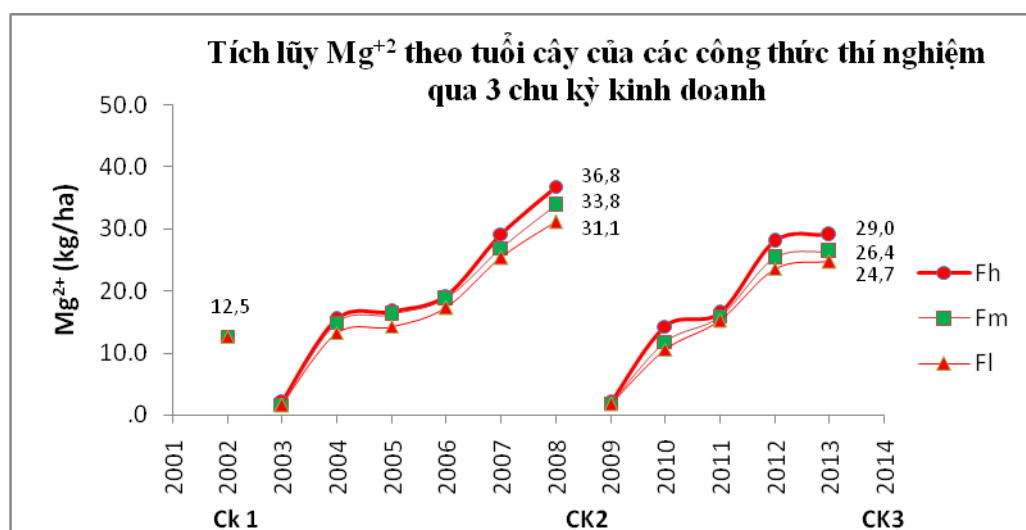
Hình 4.38. Biến đổi tích lũy Kali tổng số của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh

+ **Tích lũy Cation Canxi (Ca^{2+})**



Hình 4.39. Biến đổi tích lũy Cation Canxi của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh

+ **Tích lũy Cation Magiê (Mg^{2+})**



Hình 4.40. Biến đổi tích lũy Cation Magiê của rừng qua 3 chu kỳ kinh doanh

Từ kết quả ở hình 4.38; 4.39 và 4.40 cho thấy: Lượng tích lũy Kali, Canxi và Magiê của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 2 và 3 được cải thiện rõ rệt. Sự khác biệt về lượng tích lũy dinh dưỡng của các công thức cũng có sự khác biệt rõ rệt, cao nhất ở công thức Fh, kế đến là Fm và thấp nhất ở công thức Fl. Như vậy, ở các công thức Fh, Fm khi để lại VLHCSKT đã làm tăng lượng tích lũy các cation trao đổi Kali, Canxi và Magiê trong cây so với công thức đối chứng Fl.

4.3.2 Đánh giá cân bằng dinh dưỡng khi để lại VLHCSKT ở chu kỳ 3

Nghiên cứu cân bằng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3 là một mắt xích quan trọng và có ý nghĩa rất lớn trong việc thiết lập chu trình dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm. Trong nghiên cứu này, nếu giả định rằng nguồn dinh dưỡng tiềm năng từ đất ở tầng đất từ 0 – 20cm (bảng 4.10) như yếu tố thể nền đồng nhất, quá trình phân hủy VLHCSKT diễn ra triệt để, tác động của xói mòn rửa trôi, tác động của lượng mưa và chu trình cân bằng nước cũng như các yếu tố ngoại cảnh tác động khác là đồng nhất giữa các công thức và các nhân tố này không ảnh hưởng đến chu trình tuần hoàn dinh dưỡng thì việc đánh giá nhu cầu dinh dưỡng của rừng trồng và khả năng cung cấp bổ sung dinh dưỡng từ việc để lại VLHCSKT và lượng vật rụng hàng năm của rừng trồng Keo lá tràm chu kỳ 3 đến giai đoạn 5 tuổi sẽ dựa trên các yếu tố đầu ra và đầu vào như sau:

- + Nguồn cung cấp dinh dưỡng bổ sung cho đất gồm: Lượng VLHC để lại sau khai thác rừng; tầng cây bụi, thảm tươi, thảm mục dưới tán rừng ở chu kỳ 2; và lượng vật rụng hàng năm của rừng.
- + Tích lũy dinh dưỡng trong cây (đầu ra): Là lượng các chất dinh dưỡng của cây đã hấp thụ sau 5 năm rừng trồng thí nghiệm ở chu kỳ 3 của các công thức.

a) Nguồn cung cấp dinh dưỡng bổ sung cho đất

- Sinh khối và lượng dinh dưỡng từ VLHCSKT để lại ở chu kỳ 2

Nghiên cứu được thực hiện khi kết thúc chu kỳ kinh doanh thứ 2 của rừng trồng thí nghiệm Keo lá tràm. Kết quả tính toán tổng lượng sinh khối khô của VLHCSKT để lại và thành phần dinh dưỡng tương ứng được tổng hợp ở bảng 4.27 dưới đây:

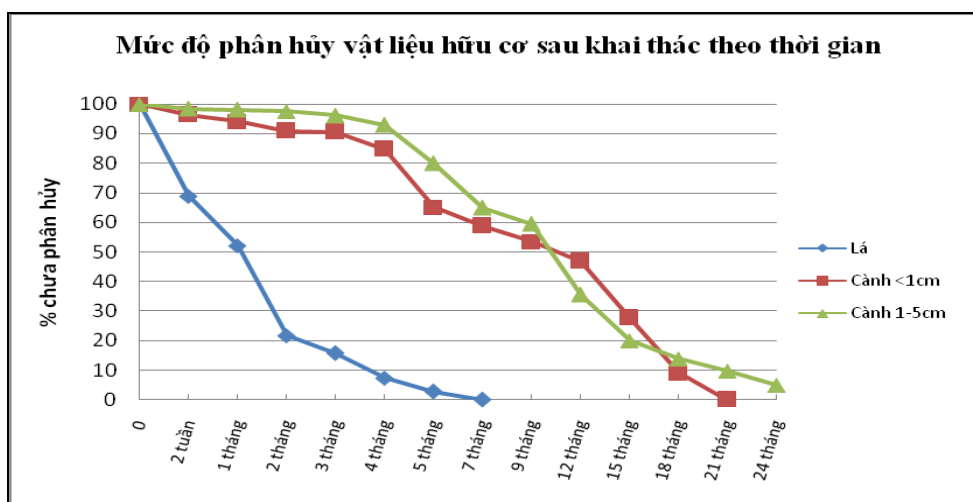
Bảng 4.27. Sinh khối VLHCSKT và lượng dinh dưỡng để lại ở chu kỳ 2

Thành phần VLHCSKT để lại ở chu kỳ 2	Sinh khối khô		Lượng dinh dưỡng (kg/ha)				
	(tấn /ha)	%	N	P	K	Ca	Mg
Tổng cộng	20,97	100	194,34	12,16	107,3	27,88	6,05
Cành 1 - 5 cm	13,53	64,52	99,26	7,17	59,13	16,21	3,27
Cành < 1 cm	5,58	26,61	53,12	2,94	34,99	9,09	1,75
Lá cây, hoa, quả	1,86	8,87	41,96	2,05	13,18	2,58	1,03

Như vậy, tổng sinh khối của VLHCSKT để lại là 20,97 tấn khô/ha. Trong đó, sinh khối cành có đường kính từ 1-5cm chiếm 64,52% và sinh khối cành dưới 1cm chiếm 26,61% và sinh khối lá chỉ chiếm 8,87%. Lượng dinh dưỡng các chất tích lũy trong VLHCSKT có khả năng trả lại cho đất là 194,34 kgN/ha, 12,16 kgP/ha, 107,3 kgK/ha, 27,88 kgCa/ha và 6,06 kgMg/ha. Khi so sánh với nghiên cứu của Siregar và cộng sự (2008) [80] trên loài cây Keo tai tượng (*Acacia mangium*) ở Indonesia, nếu để lại VLHCSKT (ngọn, cành nhánh có đường kính < 7cm, lá và vỏ cây gỗ thương phẩm) sẽ có lượng chất dinh dưỡng để lại là 949 kgN/ha; 21 kgP/ha; 327 kgK/ha; 382 kgCa/ha và 78 kgMg/ha cao hơn nhiều so với rừng trồng Keo lá tràm. Đối với rừng trồng Bạch đàn ở chu kỳ 2 tại Công Gò cho thấy, sinh khối của để lại là 23,2 tấn khô/ha với tổng lượng dinh dưỡng được tạo ra trong quá trình phân hủy VLHCSKT là: 329 kgN/ha; 41 kgP/ha; 99 kgK/ha, 73 kgCa/ha và 52 kgMg/ha sau 20 tháng khai thác rừng (Delepote và cộng sự, 2008) [46].

+ *Quá trình phân hủy vật liệu hữu cơ sau khai thác để lại ở chu kỳ 2*

Phân hủy vật liệu hữu cơ sau khai thác góp phần trả lại dinh dưỡng cho đất và cải thiện độ phì của đất. Kết quả nghiên cứu phân hủy VLHCSKT của rừng trồng Keo lá tràm trong 24 tháng được thể hiện chi tiết ở bảng 30 phần phụ lục. Tổng hợp quá trình phân hủy của các loại VLHCSKT khác nhau được thể hiện ở hình 4.41 dưới đây:



Hình 4.41. Mức độ phân hủy vật liệu hữu cơ sau khai thác theo thời gian

Như vậy, quá trình phân hủy VLHCSKT diễn ra rất nhanh góp phần hoàn trả lại dinh dưỡng cho đất thúc đẩy chu trình dinh dưỡng của rừng trồng. Đối với loại vật liệu hữu cơ là lá cây, sau 7 tháng đã phân hủy hoàn toàn, các cành nhánh có đường kính dưới 1cm thì sau 21 tháng có thể phân hủy hoàn toàn và đối với cành nhánh có đường kính từ 1 – 5cm sau 24 tháng có khả năng phân hủy đến 95% (Kiều Tuấn Đạt và cs, 2014) [2]. Kết quả này cũng phù hợp so với nghiên cứu của Delepote và cộng sự (2008) đối với rừng trồng Bạch đàn ở chu kỳ 2 tại Công Gô cho thấy hầu hết dinh dưỡng trong VLHCSKT và thảm mục đã được phân hủy trong hai năm đầu sau khai thác rừng.

- Sinh khối và dinh dưỡng của cây bụi, thảm tươi, thảm mục dưới tán rừng

Bên cạnh nguồn VLHCSKT thì toàn bộ tầng cây bụi, thảm tươi và lớp thảm mục chưa phân hủy dưới tán rừng vẫn được phát dọn để lại để trồng rừng chu kỳ sau. Kết quả thu thập mẫu, tính toán sinh khối và phân tích thành phần dinh dưỡng được tổng hợp ở bảng 4.28 dưới đây:

Bảng 4.28. Sinh khối tầng cây bụi, thảm tươi và lượng dinh dưỡng để lại ở chu kỳ 2

Thành phần vật liệu để lại	Sinh khối khô		Lượng dinh dưỡng (kg/ha)				
	(tấn/ha)	%	N	P	K	Ca	Mg
Thân cây các loại	0,81	8,21	1,06	0,47	1,25	0,14	0,10
Cỏ các loại	0,41	4,15	10,08	0,50	3,11	0,5	0,22
Cây bụi	1,29	13,07	33,40	1,49	11,53	1,53	0,66
Vỏ cây	1,70	17,22	24,65	1,78	10,61	5,37	0,51
Quả	0,06	0,61	0,41	0,01	0,18	0,01	0,01
Lá khô	5,60	56,74	55,66	0,83	20,15	5,26	4,49
Tổng cộng	9,87	100	125,26	5,08	46,83	12,81	5,99

Sau chu kỳ 2 đã để lại một lượng sinh khối khô khoảng 9,87 tấn bao gồm cây bụi, thảm tươi và lớp thảm mục dưới tán rừng chưa phân hủy. Phần vật liệu chiếm tỷ lệ lớn nhất là lá khô (56,74%), vỏ cây (17,22%) và cây bụi (13,07%). Lượng dinh dưỡng có khả năng trả lại cho đất từ nguồn vật liệu này tương ứng với 125,26 kgN/ha, 5,08 kgP/ha, 46,83 kgK/ha, 12,81 kgCa/ha và 5,99 kgMg/ha.

- Lượng dinh dưỡng từ vật rụng của chu kỳ 3

Kết quả thu thập mẫu vật rụng và phân tích thành phần dinh dưỡng của vật rụng ở chu kỳ 3 cho thấy, sau 5 năm rừng trồng Keo lá tràm đã trả lại một lượng dinh dưỡng đáng kể cho đất, được thể hiện ở bảng 4.29 dưới đây:

Bảng 4.29. Tổng hợp các chất dinh dưỡng từ vật rụng trả lại cho đất ở chu kỳ 3

Tuổi rừng (năm)	Hàm lượng các chất dinh dưỡng (kg/ha)				
	N	P	K	Ca	Mg
2	37,25	6,05	26,27	2,64	1,41
3	99,17	12,31	57,83	5,06	3,30
4	114,91	13,81	49,32	5,83	3,75
5	88,09	11,95	39,82	4,22	3,62
Tổng cộng	339,41	44,11	173,23	17,74	12,07

Như vậy, sau 5 năm rừng trồng Keo lá tràm có tổng lượng vật rụng trả lại cho đất khoảng 24,21 tấn khô/ha tương đương với lượng các chất dinh dưỡng là: 339,41 kg N/ha; 44,11 kg P/ha; 173,23 kg K/ha; 17,74 kg Ca/ha và 12,07 kg Mg/ha. Qua quá trình phân hủy lớp vật rụng theo thời gian sẽ trả lại cho đất một lượng dinh dưỡng đáng kể. Nguồn dinh dưỡng này sẽ tham gia vào chu trình dinh dưỡng của rừng trồng và góp phần giảm sự thiếu hụt dinh dưỡng trong đất, làm tăng độ phì của đất và đẩy nhanh quá trình sinh trưởng của rừng trồng (Kiều Tuấn Đạt, 2014) [2].

• Tổng hợp các nguồn dinh dưỡng trả lại cho đất

Sinh khối và lượng dinh dưỡng tích lũy từ các nguồn (VLHCSKT; cây bụi, thảm tươi, thảm mục; và vật rụng) trả lại cho đất ở rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ sau đến giai đoạn 5 năm tuổi được tổng hợp ở bảng 4.30 dưới đây:

Bảng 4.30. Tổng hợp sinh khối và nguồn dinh dưỡng trả lại cho đất

Nguồn dinh dưỡng	Sinh khối khô (tấn/ha)	Hàm lượng các chất dinh dưỡng (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
VLHCSKT để lại ở CK2	20,97	194,34	12,16	107,3	27,88	6,05
Cây bụi, thảm tươi, thảm mục	9,87	125,26	5,08	46,83	12,81	5,99
Vật rụng từ rừng đến tuổi 5	24,21	339,41	44,11	173,23	17,74	12,07
Tổng cộng	55,05	659,01	61,35	327,36	58,43	24,11

Trong 3 nguồn sinh khối trả lại cho đất thì lượng vật rụng hàng năm chiếm tỷ lệ cao nhất (44%), tiếp đến là VLHCSKT để lại (38,1%) và thấp nhất là sinh khối trả lại đất từ tầng cây bụi, thảm tươi và thảm mục dưới đất rừng (17,9%). Khối lượng các chất dinh dưỡng của VLHCSKT có thể trả lại cho đất cũng cao nhất và thấp nhất là nguồn dinh dưỡng từ cây bụi, thảm tươi và thảm mục.

b) Tích lũy dinh dưỡng của rừng

Sử dụng các chất dinh dưỡng của rừng trồng chu kỳ 3 được tính toán từ việc phân tích thành phần dinh dưỡng trong cây hàng năm. Khả năng sử dụng các chất dinh dưỡng chính là lượng hấp thụ các chất dinh dưỡng tích lũy hàng năm được theo dõi đến tuổi 5 là thời điểm cuối cùng nghiên cứu của luận án. Kết quả phân tích tính toán của các công thức được tổng hợp ở bảng 4.31 dưới đây:

Bảng 4.31. Lượng các chất dinh dưỡng hấp thụ của rừng sau 5 năm

Công thức thí nghiệm	Sinh khối (tấn/ha)	Hàm lượng các chất dinh dưỡng (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Fl	121,5	555,7	61,5	232,5	78,2	24,7
Fm	129,5	593,1	65,6	248,2	83,6	26,4
Fh	142,8	651,4	72,2	272,7	91,2	29,0

Từ bảng 4.31 cho thấy, sinh khối của rừng sau 5 năm ở công thức Fh là cao nhất (142,8 tấn/ha), kế đến là Fm (129,5 tấn/ha) và thấp nhất là công thức Fl (121,5 tấn/ha). Theo đó, thì lượng tích lũy các chất dinh dưỡng trong cây ở tuổi 5 của công thức Fh là cao nhất, kế đến là công thức Fm và thấp nhất là công thức Fl.

c) Cân đối khả năng cung cấp và sử dụng dinh dưỡng rừng trồng chu kỳ 3

So sánh khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây và sự tích lũy dinh dưỡng trong cây có thể làm căn cứ cho biết sự cân bằng dinh dưỡng giữa nguồn cung cấp và sử dụng dinh dưỡng trong nghiên cứu quản lý lập địa. Chắc chắn rằng, còn có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến quá trình này như sự thất thoát do xói mòn, rửa trôi, bốc hơi...của các chất dinh dưỡng trong đất, mức độ phân hủy thực vật theo thời gian, khả năng cố định đạm của cây keo, sự tiêu hao hoặc làm gia tăng các nguồn dinh

đưỡng trong đất bởi hoạt động của các vi sinh vật, ...mà trong phạm vi của luận án này chưa có điều kiện nghiên cứu. Tuy nhiên, những nguồn dinh dưỡng chủ yếu đã được xem xét như: lượng dinh dưỡng có khả năng bồi hoàn cho đất qua giữ lại VLHCSKT; dinh dưỡng bởi giữ lại lớp thảm tươi vật rụng trên sàn rừng; dinh dưỡng tích lũy của cây đã là cơ sở khoa học rất quan trọng cho các quyết định về kỹ thuật sử dụng bón phân trong trồng rừng một cách hiệu quả. Việc xem xét dinh dưỡng trong đất trước khi trồng, diễn biến hàng năm và đến khi kết thúc thí nghiệm, cũng như diễn biến tích lũy sinh khối hàng năm nhằm cung cấp bức tranh tổng quát về “giá thể” nuôi rừng mà tác giả đã không có tham vọng đưa các số liệu này vào phân tích trong chu trình dinh dưỡng của Cây - Rừng bởi tính phức tạp của các yếu tố ảnh hưởng như đã trình bày ở trên. Do vậy, với giả thuyết rằng các yếu tố nêu trên trong khu vực nghiên cứu là đồng nhất và chúng không đưa vào xem xét trong chu trình dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm ở chu kỳ 3, thì việc tính toán về cân bằng dinh dưỡng của các công thức thí nghiệm được tính toán như sau:

- **Cân đối về nguồn cung cấp và sử dụng của công thức Fh**

Công thức Fh khi để lại VLHCSKT và bón bổ sung thêm 36 kgP/ha ở chu kỳ 3. Kết quả phân tích cân đối lượng dinh dưỡng cung cấp và khả năng hấp thụ của rừng trồng được tổng hợp ở bảng 4.32 dưới đây:

Bảng 4.32. Cân đối dinh dưỡng của công thức Fh sau 5 năm

TT	Phân tích nguồn dinh dưỡng	Sinh khối (tấn/ha)	Lượng các chất dinh dưỡng có khả năng cung cấp và sử dụng (kg/ha)				
			N	P	K	Ca	Mg
A	Cung cấp						
1	Lượng phân lân bón bổ sung 300g/cây tương đương 36kgP/ha		-	36,0	-	-	-
2	Để lại VLHCSKT, vật rụng, thảm tươi, thảm mục chu kỳ 2	30,8	319,6	17,2	154,1	40,7	12,0
3	Vật rụng chu kỳ 3	24,2	339,4	44,1	173,2	17,7	12,1
	Tổng (1+2+3):	55,0	659,0	97,4	327,4	58,4	24,1
B	Sử dụng						
1	Tích lũy trong cây ở tuổi 5	142,8	651,4	72,2	272,7	91,2	29,0
C	Cân đối: C = A-B		7,6	25,1	54,6	-32,8	-4,9

Như vậy, sau khi cân đối giữa nguồn cung cấp và khả năng sử dụng thông qua tích lũy các chất dinh dưỡng của rừng ở tuổi 5 còn dư 7,6 kg Đạm/ha. Lượng lân sau khi cân đối giữa khả năng cung cấp và sử dụng còn dư 25,1 kgP/ha (gấp hơn 2 tổng lượng lân dễ tiêu có trong đất ở tầng 0 – 20cm). Lượng Kali còn dư 54,6 kg/ha, còn với cation trao đổi Ca^{+2} thiếu hụt 32,8 kg/ha, Mg^{+2} thiếu hụt 4,9 kg/ha và sự thiếu hụt này cây rừng có thể sử dụng từ nguồn dinh dưỡng có trong đất.

- **Cân đối về nguồn cung cấp và sử dụng của công thức Fm**

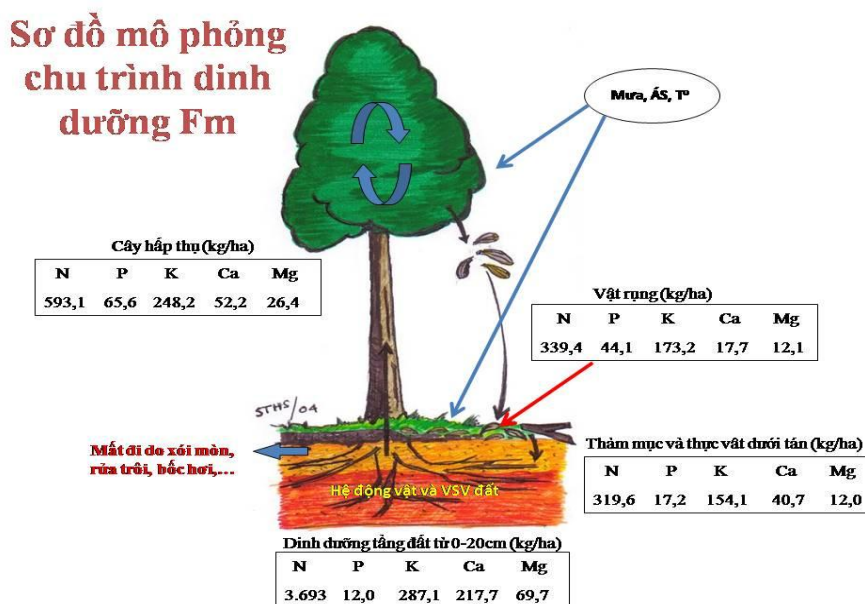
Công thức Fm được để lại VLHCSKT qua 11 năm (6 năm chu kỳ 2 và 5 năm chu kỳ 3) đã có khả năng tự cân đối được nguồn cung cấp từ để lại VLHCSKT và lượng tích lũy các chất dinh dưỡng sau 5 năm. Kết quả được tổng hợp ở bảng 4.33 dưới đây:

Bảng 4.33. Cân đối dinh dưỡng của công thức Fm sau 5 năm

TT	Phân tích nguồn dinh dưỡng	Sinh khối khô (tấn/ha)	Lượng dinh dưỡng có khả năng cung cấp và sử dụng (kg/ha)				
			N	P	K	Ca	Mg
A	Cung cấp						
1	Phần để lại VLHCSKT, vật rụng, thảm tươi, thảm mục chu kỳ 2	30,8	319,6	17,2	154,1	40,7	12,0
2	Vật rụng chu kỳ 3	24,2	339,4	44,1	173,2	17,7	12,1
	Tổng (1+2):	55,0	659,0	61,4	327,4	58,4	24,1
B	Sử dụng						
1	Tích lũy trong cây ở tuổi 5	129,5	593,1	65,6	248,2	52,2	26,4
C	Cân đối: (C = A-B)		65,9	-4,2	79,2	6,2	-2,2

Như vậy, khi giữ lại VLHCSKT đã có một nguồn dinh dưỡng có khả năng bù đắp được sự thiếu hụt bằng chính nguồn VLHCSKT để lại khi khai thác rừng và lượng vật rụng hàng năm của rừng để tự cung cấp dinh dưỡng cho cây. Cụ thể là: Lượng Đạm tổng số ở giai đoạn 5 tuổi của rừng trồng chu kỳ 3 sau khi cân đối còn khoảng 65,9 kg/ha. Sự thiếu hụt lân trong đất của rừng trồng của chu kỳ 3 đã được cải thiện, có khả năng tự cân đối được và thiếu hụt không đáng kể (4,2 kg/ha). Lượng Kali tổng số ở giai đoạn 5 tuổi của rừng trồng chu kỳ 3 sau khi cân đối còn lại tương đối cao (79,2 kg/ha). Với các Cation trao đổi Ca^{+2} dư khoảng 6,2 kg/ha và

Mg⁺² đã đảm bảo bù đủ cho lượng tích lũy của rừng đến thời điểm nghiên cứu chỉ thiếu hụt khoảng 2,2 kg/ha.



Hình 4.42. Sơ đồ chu trình dinh dưỡng của công thức Fm

- Cân đối về nguồn cung cấp và sử dụng của công thức F1**

Công thức F1 có nguồn cung cấp dinh dưỡng thấp nhất so với hai công thức Fm và Fh. Nguồn dinh dưỡng bổ sung cho đất chỉ có lượng vật rụng hàng năm của rừng. Kết quả cân đối nguồn dinh dưỡng được thể hiện ở bảng 4.34 dưới đây:

Bảng 4.34. Cân đối dinh dưỡng của công thức F1 sau 5 năm

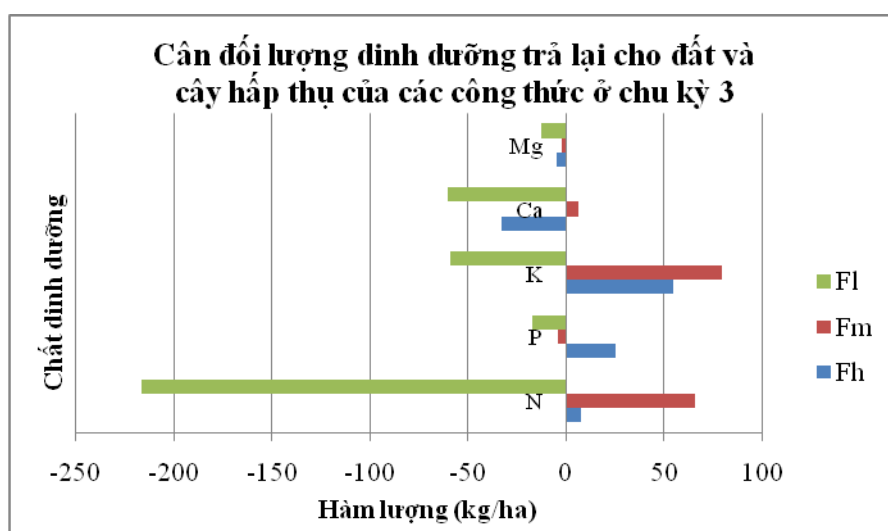
TT	Phân tích nguồn dinh dưỡng	Sinh khối khô (tấn/ha)	Lượng dinh dưỡng có khả năng cung cấp và sử dụng (kg/ha)				
			N	P	K	Ca	Mg
A	Cung cấp						
1	Vật rụng chu kỳ 3	24,2	339,4	44,1	173,2	17,7	12,1
B	Sử dụng						
1	Tích lũy trong cây ở tuổi 5	121,5	555,7	61,5	232,5	78,2	24,7
C	Cân đối: C = A-B		-216,3	-17,4	-59,3	-60,5	-12,6

Rừng trồng Keo lá tràm sau 5 năm ở công thức khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT ở cả 2 chu kỳ kinh doanh thì lượng vật rụng hàng năm không bù đắp được sự thiếu hụt dinh dưỡng. Tất cả các chất dinh dưỡng đều thiếu và phải lấy từ nguồn dinh

dưỡng có trong đất. Riêng đối với Lân thiếu hụt khoảng 17,4 kg/ha và nếu rừng trồng có thể sử dụng được toàn bộ lượng Lân dễ tiêu có trong đất ở tầng đất từ 0 – 20cm (như ở bảng 4.10) cũng không thể bù đắp được sự thiếu hụt này. Do đó, ở địa bàn nghiên cứu của luận án nếu lấy đi VLHCSKT thì cần thiết phải bón bổ sung thêm lân cho rừng trồng Keo lá tràm với liều lượng từ 10 – 20 kgP/ha.

- **So sánh khả năng cân đối dinh dưỡng của các công thức ở chu kỳ 3**

Kết quả so sánh khả năng cân đối dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm trên đất xám phù sa cổ tại Phú Bình, tỉnh Bình Dương khi để lại VLHCSKT ở các mức độ khác nhau được thể hiện ở hình 4.43 dưới đây:



Hình 4.43. Khả năng cân đối dinh dưỡng của các công thức thí nghiệm ở chu kỳ 3

Như vậy, công thức Fm và Fh khi để lại VLHCSKT cùng với lượng vật rụng hàng năm của rừng đã trả lại một nguồn dinh dưỡng đáng kể cho đất, chúng có thể bù đắp được sự thiếu hụt dinh dưỡng cung cấp cho trồng Keo lá tràm trong chu kỳ kinh doanh hiện tại và các chu kỳ sau. Đối với công thức F1 khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT đã có sự thiếu hụt đáng kể lượng dinh dưỡng N, P, K, Ca và Mg. Sự thiếu hụt Lân là nghiêm trọng hơn cả ngay cả khi cây rừng sử dụng hết lượng Lân dễ tiêu có trong đất cũng không bù đắp nhu cầu dinh dưỡng của rừng, đây là nguyên nhân năng suất rừng thường giảm qua các chu kỳ kinh doanh. Như vậy, khi lấy đi VLHCSKT thì cần bón bổ sung thêm dinh dưỡng cho rừng trồng Keo lá tràm, đặc biệt là phân lân.

KẾT LUẬN, TỒN TẠI VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

- **Về độ phì của đất**

Để lại vật liệu hữu cơ sau khai thác qua các chu kỳ rừng trồng Keo lá tràm tại Phú Bình, tỉnh Bình Dương đã làm tăng độ phì của đất cụ thể như sau:

- *Tính chất vật lý:* Dung trọng đất được cải thiện rõ rệt khi để lại VLHCSKT qua 2 chu kỳ kinh doanh. Thành phần cơ giới của đất sau 11 năm ít bị xáo trộn và khi để lại VLHCSKT qua nhiều chu kỳ kinh doanh có thể góp phần cải thiện kết cấu đất.
- *Tính chất hóa học:* Chỉ tiêu pH của đất ít thay đổi, sự khác biệt giữa các công thức thí nghiệm không lớn, cho thấy rừng trồng Keo lá tràm sẽ không làm chua đất kể cả khi lấy đi toàn bộ VLHCSKT. Chỉ cần để lại VLHCSKT (Fm) đã làm tăng lượng tích lũy Các bon hữu cơ và các chất dinh dưỡng N, P, K, Ca, Mg ở tầng đất từ 0 - 10cm tăng từ 7,04 - 13,64% so với Fl. Khi để lại VLHCSKT và bón bổ sung 300g lân/cây (Fh) thì lượng dinh dưỡng trong đất ở tầng 0 - 10cm tùy theo các chất tăng đất cũng tăng từ 16,43 - 21,48% so với lấy đi VLHCSKT.
- *Đặc điểm sinh học của đất:* Giữ lại VLHCSKT đã làm tăng đặc điểm sinh học của đất, cải thiện kết cấu đất cũng như khả năng giữ nước và các chất dinh dưỡng trong đất. Khi để lại VLHCSKT thì hệ động vật đất và vi sinh vật được cải thiện rõ rệt nhất là trong mùa mưa và các vi sinh vật đất đều tập trung ở vị trí từ 0 - 80cm so với gốc cây. Quá trình phân hủy VLHCSKT diễn ra rất nhanh, đối với lá cây chỉ sau 7 tháng đã phân hủy hoàn toàn; cành từ <1cm sau 21 tháng phân hủy hoàn toàn và cành từ 1-5cm sau 24 tháng phân hủy đến 95% giúp cho việc hoàn trả dinh dưỡng cho đất và thúc đẩy nhanh chu trình dinh dưỡng của rừng trồng.

- **Về sinh trưởng, năng suất và sinh khối rừng**

- Tác động của để lại VLHCSKT đã làm tăng tỷ lệ sống của rừng trồng Keo lá tràm từ 0,4 - 3,4% ở chu kỳ 2 và tăng 4,0 - 4,5% ở chu kỳ 3, tùy từng công thức

- Để lại VLHCSKT đã làm tăng sinh trưởng chiều cao và đường kính cây rừng qua các chu kỳ kinh doanh. Ở chu kỳ 2&3 khi để lại VLHCSKT làm tăng chiều cao vút ngọn từ 2,1 - 4,4% và đường kính tăng từ 1,6 - 6,4% so với lấy đi toàn bộ VLHCSKT. Sinh trưởng về đường kính ở chu kỳ 3 có thể rút ngắn được 1 năm so với chu kỳ 1&2 và sinh trưởng chiều cao vút ngọn ở chu kỳ 3 vượt trội 13,9% so với CK2 và 60,74% so với CK1 mặc dù tuổi rừng ít hơn.
- Trữ lượng rừng thí nghiệm ở chu kỳ 3 sau 5 năm khi chỉ cần để lại VLHCSKT đã đạt trữ lượng 169,3 m³/ha và khi bón bổ sung 300g lân P₂O₅/cây cho trữ lượng 185,6 m³/ha cao hơn rất nhiều so với đối chứng chỉ có 155,4 m³/ha sau 5 năm. Như vậy, hiệu quả của việc giữ lại VLHCSKT qua sau 11 năm đã góp phần tăng trữ lượng rừng 11% so với CK2 và 41% so với CK1 mặc dù tuổi rừng ở CK3 thấp hơn. Rừng CK3 sau 5 năm công thức Fh đạt 37,1m³/ha/năm so với 30,1m³/ha/năm ở CK2 và 18,6 m³/ha/năm ở CK1. Ở chu kỳ 3 công thức Fh, Fm khi giữ lại VLHCSKT đã làm MAI tăng từ 3 - 6 m³/ha/năm so với đối chứng và đây là một bước cải thiện đột phá về năng suất rừng nhờ kỹ thuật quản lý lập địa thông qua việc để lại VLHCSKT rừng.
- Sinh khối khô của rừng Keo lá tràm 5 tuổi ở chu kỳ 3, công thức Fh đạt 142,8 tấn/ha vượt 10,2% so với Fm và 17,6% so với đối chứng (F1). Sinh khối khô ở chu kỳ 3 tăng 10% so với chu kỳ 2 và 179% so với chu kỳ 1 mặc dù tuổi rừng thấp hơn.

• Về dinh dưỡng rừng trồng ở chu kỳ 3

- Sau 11 năm từ 2002 - 2013 (6 năm chu kỳ 2 và 5 năm chu kỳ 3) cho thấy: trên đất xám vàng phát triển trên phù sa cổ tại Phú Bình, tỉnh Bình Dương khi để lại VLHCSKT bao gồm cả tầng cây bụi, thảm tươi, thảm mục cùng với lượng vật rụng hàng năm của rừng qua quá trình phân hủy đã trả lại cho đất một lượng dinh dưỡng đáng kể có thể bù đắp được lượng sử dụng dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm mà không cần thiết phải bón phân bổ sung.
- Nếu lấy đi toàn bộ VLHCSKT và vật rụng thì lượng dinh dưỡng cung cấp cho cây thiếu hụt rất lớn và cần bón bổ sung thêm dinh dưỡng cho rừng trồng, đặc

biệt là phân lân với liều lượng bón từ 10 - 20 kgp/ha mới duy trì và nâng cao năng suất rừng qua các chu kỳ kinh doanh.

2. TỒN TẠI

- Thời gian nghiên cứu của luận án ở chu kỳ 3 mới thực hiện trong 5 năm so với chu kỳ 1 (7 năm) và chu kỳ 2 (6 năm) nên kết quả đánh giá chưa hoàn thiện cho cả chu kỳ kinh doanh. Hơn nữa, nguồn vật liệu giống giữa các chu kỳ chưa có sự đồng nhất nên việc so sánh giữa các chu kỳ kinh doanh chỉ thể hiện xu hướng, còn chủ yếu vẫn là so sánh, đánh giá các công thức trong từng chu kỳ.
- Luận án chưa đánh giá cụ thể được cải thiện giống đóng góp bao nhiêu % và để lại VLHCSKT đóng góp bao nhiêu % về tăng năng suất rừng ở các chu kỳ.
- Luận án mới chỉ xem xét được các mắt xích quan trọng trong chu trình dinh dưỡng của rừng trồng Keo lá tràm mà chưa đánh giá được hết các yếu tố ảnh hưởng đến chu trình dinh dưỡng của rừng trồng.

3. KIẾN NGHỊ

- Quản lý VLHCSKT ở nhiều nơi còn gặp khó khăn bởi nhu cầu củi đun của dân sống quanh rừng là rất lớn nên phòng chống cháy rừng cần nghiêm ngặt hơn.
- Nghiên cứu về quản lý VLHCSKT rừng và cân bằng dinh dưỡng rừng trồng đòi hỏi thời gian dài. Do vậy, cần nghiên cứu đến hết chu kỳ 3 và tiếp tục nghiên cứu rừng trồng ở chu kỳ 4 kế tiếp vì đây là một hiện trường nghiên cứu định vị, cơ bản rất có giá trị về khoa học nghiên cứu đất rừng trồng của Việt Nam.
- Cần mở rộng mô hình nghiên cứu từ luận án này trên các dạng lập địa ở các vùng sinh thái khác nhau góp phần phát triển bền vững rừng trồng ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

A. Tài liệu tiếng việt

1. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 1999. *Phát triển Lâm nghiệp ở Việt Nam*. Bộ NN và PTNT, Hà Nội.
2. Kiều Tuấn Đạt, Phạm Thế Dũng, Lê Thanh Quang, 2014. *Xác định các nguồn dinh dưỡng có khả năng cung cấp cho đất trong trồng rừng Keo lá tràm (A.auriculiformis) ở Phú Bình, Bình Dương*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp. Số 3 năm 2014, trang 3469 -3475.
3. Phạm Thế Dũng và Hồ Văn Phúc, 2004. Đề xuất phương pháp tạm thời để đánh giá sản lượng rừng trồng Keo lai ở vùng Đông Nam Bộ. *Thông tin Khoa học Kỹ thuật Lâm nghiệp*, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, số 1/2004.
4. Phạm Thế Dũng, Ngô Văn Ngọc, Nguyễn Thanh Bình, 2005. *Nghiên cứu một số biện pháp kỹ thuật thâm canh rừng cho các dòng Keo lai được tuyển chọn trên đất phù sa cổ tại tỉnh Bình Phước làm nguyên liệu giấy*. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ - Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, 2005.
5. Phạm Thế Dũng, Vũ Đình Hưởng, Lê Thanh Quang, Nguyễn Thanh Bình, Kiều Tuấn Đạt, 2010. *Quản lý vật liệu sau khai thác rừng nhằm nâng cao độ phì đất và năng suất rừng trồng Keo lá tràm luân kỳ sau*. Hội nghị khoa học công nghệ Lâm nghiệp với phát triển bền vững và biến đổi khí hậu. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2010.
6. Phạm Thế Dũng, Kiều Tuấn Đạt, Vũ Đình Hưởng, Lê Thanh Quang, Phạm Văn Bốn, 2013. *Nghiên cứu các biện pháp cải thiện độ phì đất nhằm nâng cao năng suất rừng trồng Keo, Bạch đàn ở các luân kỳ sau*. Báo cáo tổng kết đề tài trọng điểm cấp Bộ (2008 – 2012)
7. Phạm Thế Dũng, Kiều Tuấn Đạt, Vũ Đình Hưởng, Lê Thanh Quang, Chris Beadle, 2012. *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số biện pháp kỹ thuật lâm sinh*

- đến sinh trưởng của rừng trồng Keo lai cung cấp gỗ xẻ ở vùng Đông Nam Bộ. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số 2 năm 2012, trang 2207-2215.*
8. Phạm Thế Dũng, Kiều Tuấn Đạt, 2014. *Nghiên cứu quản lý lập địa nhằm nâng cao năng suất rừng trồng Keo lá tràm (A. auriculiformis) tại tỉnh Bình Dương. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội. Số 7/2014 , trang 97 - 102.*
 9. Hoàng Văn Dưỡng, 2000. *Nghiên cứu cấu trúc và sản lượng làm cơ sở ứng dụng trong điều tra và nuôi dưỡng rừng Keo lá tràm tại một số tỉnh miền Trung Việt Nam. Luận án Tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp. Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Tây, 143 trang.*
 10. Võ Đại Hải. *Nghiên cứu khả năng hấp thụ và giá trị thương mại Cacbon của một số dạng rừng trồng chủ yếu ở Việt Nam. Báo cáo kết quả đề tài cấp Bộ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, 2013.*
 11. Bùi Việt Hải, 1998. *Nghiên cứu cơ sở khoa học cho tái thừa ở rừng Keo lá tràm khu vực miền Đông Nam Bộ. Luận án Tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp. Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, 148 trang.*
 12. Vũ Tiến Hình và các cộng sự, 1996. *Lập biểu quá trình sinh trưởng loài Keo lá tràm. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ.*
 13. Hội Khoa học đất, 2000. *Đất Việt Nam. NXB Nông nghiệp Hà Nội*
 14. Trần Hậu Huệ, 1996. *Nghiên cứu một số khoa học làm căn cứ đề xuất biện pháp kỹ thuật gây trồng rừng Keo lá tràm làm nguyên liệu giấy ở Lâm trường Trị An, Đồng Nai. Luận án Phó tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, 140 trang.*
 15. Vũ Đình Hương, 2007. *Nghiên cứu ảnh hưởng của biện pháp quản lý lập địa đến tính chất đất và năng suất rừng Keo lá tràm (Acacia auriculiformis Cunn. ex Benth) trồng tại Phú Bình, Bình Dương. Luận văn tốt nghiệp cao học. Trường Đại học Nông Lâm Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh năm 2007.*

16. Lê Đình Khả, Hà Huy Thịnh, Hoàng Quốc Vinh, Mai Trung Kiên, 2005. *Kết quả Khảo nghiệm một số dòng vô tính Keo lá tràm (Acacia auriculiformis) tại Hà Tây và Quảng Trị*. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
17. Nguyễn Thùy Mỹ Linh, 2010. *Nghiên cứu mối quan hệ tương hỗ giữa sinh trưởng Keo tai tượng trồng thuần loài với một số tính chất đất*. Luận văn thạc sỹ khoa học Lâm nghiệp năm 2010.
18. Phạm Ngọc Mậu, 2006. *Nghiên cứu ảnh hưởng của rừng trồng công nghiệp Bạch đàn (Eucalyptus urophylla) và Keo tai tượng (Acacia mangium) đến một số yếu tố môi trường tại vùng Trung tâm Bắc Bộ*. Luận án Tiến sĩ Khoa học Nông nghiệp. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
19. Nguyễn Đức Minh, Nguyễn Thị Thu Hương, và Đoàn Đình Tam, 2004. *Nghiên cứu nhu cầu dinh dưỡng khoáng (N,P,K) và chế độ nước của một số dòng Keo lai (A. hybrid) và Bạch đàn (Eucalyptus urophylla) trong giai đoạn vườn ươm và rừng non*. Báo cáo tổng kết đề tài. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam
20. Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1992. *Các loài Keo Acacia*. Tổng luận và chuyên khảo Khoa học kỹ thuật Lâm nghiệp, Bộ Lâm nghiệp, 1992, 47 trang.
21. Ngô Đình Quế, 1985. *Đặc điểm đất trồng rừng Thông nhựa và ảnh hưởng của trồng rừng Thông nhựa đến độ phì của đất*. Báo cáo khoa học, Viện khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.
22. Ngô Đình Quế, Lê Quốc Huy, Nguyễn Thị Thu Hương, Đoàn Đình Tam, 2004. *Xây dựng qui phạm kỹ thuật bón phân cho trồng rừng sản xuất 4 loài cây chủ yếu phục vụ chương trình 5 triệu ha rừng là: Keo lai, Bạch đàn Urophylla, Thông nhựa và Dầu nước*, Viện KHLN Việt Nam, Hà Nội-2004.
23. Ngô Đình Quế, Đinh Thanh Giang và Nguyễn Văn Thắng, 2010. *Phân hạng đất trồng rừng sản xuất một số loài cây chủ yếu ở các vùng trọng điểm*. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội – 2010.

24. Đỗ Đình Sâm, 1985. *Nghiên cứu ảnh hưởng của khai thác chọn, khai thác trắng có giới hạn đến sự thay đổi độ phì đất tại Kon Hà Nừng và Nghệ An*. Báo cáo tổng kết đề tài. Viện nghiên cứu Lâm nghiệp.
25. Nguyễn Huy Sơn, 2003. *Cây Keo lá tràm và một số biện pháp kỹ thuật lâm sinh cơ bản*. Nhà xuất bản Nghệ An, 91 trang.
26. Nguyễn Huy Sơn, Nguyễn Xuân Quát và Doãn Hoài Nam, 2006. *Kỹ thuật trồng một số loài cây cung cấp nguyên liệu thô cho chế biến gỗ*. Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội, trang 128.
27. Nguyễn Huy Sơn, Hoàng Minh Tâm, 2012. *Ảnh hưởng của mật độ và phân bón đến năng suất và rừng trồng Keo lai 9,5 tuổi ở Quảng Trị*. Kỷ yếu hội nghị khoa học công nghệ miền Trung. Nhà xuất bản Nông nghiệp 2012.
28. Giang Văn Thắng, 2003. *Giáo trình năng suất và sản lượng rừng dành cho cao học*. Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh, 160 trang.
29. Đặng Văn Thuyết và cộng sự, 2012. *Nghiên cứu chuyển hóa rừng trồng Keo lai, Keo tai tượng, Keo lá tràm và Bạch đàn urô thành rừng cung cấp gỗ lớn*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học công nghệ Lâm nghiệp miền Trung. NXB Nông nghiệp, 2012.
30. Tổng cục Lâm nghiệp, 2010. Báo cáo tổng kết dự án trồng mới 5 triệu ha rừng năm 2010.
31. Đặng Thịnh Triều, 2007. *Ảnh hưởng của quản lý lập địa và kỹ thuật lâm sinh đến năng suất rừng trồng Keo lai với chu kỳ kinh doanh ngắn ở Việt Nam*. Báo cáo dự án CARD, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, 2007, trang 19.
32. Trường Đại học Cần Thơ. *Vi sinh vật đất*. Tài liệu giảng dạy Khoa Nông nghiệp - Trường Đại học Cần Thơ.
33. Hà Văn Tuế, 1994. *Nghiên cứu cấu trúc và năng suất của một số quần xã rừng trồng nguyên liệu giấy tại vùng Trung du Vĩnh Phú*. Tóm tắt luận án Phó tiến sĩ Khoa học. Trung tâm khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia, Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật, Hà Nội.

34. Hoàng Xuân Tý, Phạm Thế Dũng, Nguyễn Đức Minh, Nguyễn Đức Thắng và Nguyễn Văn Thành, 1985. *Nâng cao công nghệ thâm canh rừng trồng (Bồ đề, Bạch đàn, keo) sử dụng cây họ đậu để cải tạo đất và nâng cao chất lượng rừng*. Trong sách: Cơ cấu cây trồng vùng đồng bằng Bắc Bộ. Viện Nghiên cứu Lâm nghiệp, Hội thảo khoa học, Hà Nội.
35. Hoàng Xuân Tý, 1988. *Điều kiện trồng rừng Bồ Đề (Styrax tonkinensis Pierre) làm nguyên liệu giấy sợi và ảnh hưởng của rừng trồng Bồ đề trồng thuần loài đến độ phì đất*. Luận án phó tiến sĩ khoa học Nông nghiệp. Viện Lâm nghiệp, 1988.
36. Hoàng Xuân Tý, 1996. *Nâng cao công nghệ thâm canh rừng trồng Bạch đàn, keo ở Đông Nam Bộ*. Kết quả nghiên cứu khoa học công nghệ 1991 - 1995. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1996.
37. Cao Thọ Ứng, 1985. *Cây Keo lá tràm*. Trong sách: Cơ cấu cây trồng vùng đồng bằng Bắc Bộ. Viện Nghiên cứu Lâm nghiệp, Hội thảo Khoa học Lâm nghiệp, Hà Nội, trang 41- 44.
38. Cao Thọ Ứng và Nguyễn Xuân Quát, 1986. *Cây Keo lá tràm*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 65 trang.
39. Viện Nông hóa thổ nhưỡng. *Sổ tay phân tích đất, nước, phân bón cây trồng*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1998
40. Vụ Khoa học kỹ thuật – Bộ Lâm nghiệp, 1993. *Thuật ngữ Lâm nghiệp*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 1993

B. Tài liệu tiếng nước ngoài

41. Armson, K. A., 1967. *Soil and plant analysis techniques as diagnostic criteria for evaluating fertilizer needs and treatment response*. In Forest Fertilisation Symposium at Gainesville, Florida. Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, Alabama: 156 - 157.
42. Brewbaker, J.L, 1986. *Performance of Australian Acacia in Hawaiian nitrogen-fixing tree trials: p.180-1840, In Australian Acacia in developing countries*.

- Proceedings of an international workshop held at the Forestry training Centre, Gympie, Queensland, Australia, 4-7 August.
43. Bunyavejchewin, S., and Visetsiri, K., 1990. *Studies in to growth, above-ground dry matter of a 3 years old sample plot of Acacia auriculiformis at Khon Kaen. In: Acacia auriculiformis, an annotated bibliography.* ACIAR - Silviculture Research Report, Royal Forest Department, Thailand, pp. 41 – 42.
 44. Christian Rarivoson, Manon Vincelette, Tsitady and Roger Mara, 2008. *Growth result of five non-native fast growing species used to reforest sandy and nutrient poor soil.* Madagascar Revision Chapter 6.4, page 331 – 336.
 45. Dart. P., Umali-Garcia, M., Almendras, A, 1991. *Role of symbiotic association in nutrition of tropical acacia, Advances in tropical Acacia Research.* ACIAR proceedings, No.35, Ed.J.W. Turnbull, p. 13-19.
 46. Delepote. P, J.P. Laclau, J.D. Nzila, J.G. Kazotti, J.N. Marien, J.P. Bouillet, M. Szwarc, R. D’Annunzio and J. Ranger, 2008. *Effects of Slash and Litter Management Practices on Soil Chemical Properties and Growth of Second Rotation Eucalypts in the Congo.* Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006
 47. Doran, J.C., Turnbull, J.W., 1997. *Australian Trees and Shrubs: Species for Land Rehabilitation and Farm Planting in the Tropics.* Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
 48. Du Toi, B., Dovey, S.B., Fuller, G.M., and Job, R.A, 2004. *Effects of harvesting and site management on nutrient pools and stand growth in a South African Eucalypt plantation. In: Site management and productivity in tropical plantation forests.* (Eds: E.K.S. Nambiar, J. Ranger, A. Tiarks, and T. Toma). Proceedings of workshops in Congo July 2001 and China February 2003. Center for International Forestry Research , Bogor, Indonesia, pp. 31 - 43.

49. Fan Shaohui, Liao Zuhui, Peng Longfu, Yang Xujing, He Zongming, He Zhiying and Lin Sizhu , 2008. *Effects of Site Management on Growth of a Second-rotation Chinese Fir (Cunninghamia lanceolata) Plantation*. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006.
50. Gonçalves J.L.M., Wichert M.C.P., Gava J.L and Serrano M.I.P, 2008. *Soil Fertility and Growth of Eucalyptus grandis in Brazil under Different Residue Management Practices*.
51. Goncalves, J.L.M., Barros, N.F., Nambiar, E.K.S., and Novais, R.F., 1997. *Soil and stand managements*. In: *Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests*, (Eds: E.K.S. Nambiar and A.G. Brown). ACIAR Monograph No. 43. ACIAR, Canberra. 571 p.
52. Goncalves, J.L.M., Gava, J.L., Wichert, M.C.P., 2004. *Sustainability of wood production in Eucalypt plantations of Brazil*. In: *Site management and productivity in tropical plantation forests*. (Eds: E.K.S. Nambiar, J. Ranger, A. Tiarks, and T. Toma). Proceedings of workshops in Congo July 2001 and China February 2003. Center for International Forestry Research , Bogor, Indonesia, pp. 3 - 14.
53. Hardiyanto E.B and Wicaksono A, 2008. *Inter-rotation Site Management, Stand Growth and Soil Properties in Acacia mangium Plantations in South Sumatra, Indonesia*. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006.
54. Hardiyanto, E.B., Anshori, S., and Sulistyono, D., 2004. *Early results of site management in Acacia mangium plantations at PT Musi Hutan Persada, South Sumatra, Indonesia*. In: *Site management and productivity in tropical plantation forests*. (Eds: E.K.S. Nambiar, J. Ranger, A. Tiarks, and T. Toma). Proceedings

- of workshops in Congo July 2001 and China February 2003. Center for International Forestry Research , Bogor, Indonesia, pp. 93 -107.
55. International Union of Forestry Research Organization, 1984. *Increasing productivity of multi-purpose tree species: a blueprint for action. IURFO Planning Workshop for Asia, Srilanka, In: Acacia auriculiformis: an annotated bibliography*, ACIAR, pp. 66 – 67.
 56. IPEF, 2004. *Forest nutrition and fertilization*. Institute of Forest Research and Study Piracicaba.
 57. Jean de dieu Nizila, Jean Pierre Bouillet, Jean Paul Laclao, Jacques Ranger. *The affect of Slash management on nutrient cycling and tree grow in Eucalyptus plantation in the Cong go*. Forest Ecology and Management 171 (2002) pp 209 – 221.
 58. Liang S. E., 1992. *Performance of Acacia species on four sites of Sabah Forest Industries*. ACIAR Proceedings, No. 25, Royal Forest Department, Thailand, pp. 159 – 165.
 59. Mendham D.S, Grove T.S, O’Connell A.M and Rance S.J, 2008 . *Impacts of Inter-rotation Site Management on Soil Nutrients and Plantation Productivity in Eucalyptus globulus Plantations in South-Western Australia*. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006.
 60. Meyer, H.A. and Stevenson, D.D., 1943. *The structure and growth of virgin beech Birch maple – hemlock forests in Northern pennsylvania*. Agric. Res., pp. 465 – 484.
 61. Nambiar E.K.S and Kallio M.H. *Increasing and Sustaining Productivity in Tropical Forest Plantations: Making a difference through cooperative research partnership*. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests.

- Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006.
62. Nambiar, E.K.S, 1996. *Pursuit of sustainable plantation forestry*. *S. Afr. J.* 189: 45 – 62.
 63. Nambiar, E. K. S. 1996b. *Sustained productivity of plantation forests is a continuing challenge to tree improvement*. In: Dieters, M.J., Matheson, D.G., Harwood, C.E. and Walker, S.M. (eds). *Tree improvement for sustainable tropical forestry*. Proceedings QFRI-IUFRO Conference, Caloundra, Queensland, Australia 27 October – 1 November 1996, 6 – 18.
 64. Nambiar, E. K. S. and Brown, A. G. 1997a. *Towards sustained productivity of tropical plantations: Science and practice*. In: Nambiar, E. K. S. and Brown, A.G. (eds.). *Management of soil, water and nutrient in tropical plantation forests*, 527 - 557. Australian Center for Agriculture Forestry Research (ACIAR), Monograph.
 65. Nambiar, E.K.S., and Brown, A.G. (eds). 1997. *Management of soil, water and nutrient in tropical plantation forests*. ACIAR Monograph No. 43. ACIAR, Canberra. 571 p.
 66. Nambiar E. K. S. and C. E Harwood, 2014. *Productivity of acacia and eucalypt plantations in South - East Asia. 1. Bio - physical determinants of production: opportunities and challenges*. *International Forestry Review* Vol.16(1), 2014
 67. Ngo Dinh Que, 1997. *Preliminary evaluation of suitability levels of Acacia auriculiformis and Acacia mangium in the North of Central Vietnam*. Program for the third International Acacia Workshop, Ha Noi, Vietnam, 10/1997, 10p.
 68. Norisada, M., Hitsuma, G., Kuroda, K., Yamanoshita, T., Masuniri, M., Tange, T., Yagi, H., Nuyim, T., Sasaki, S. & Kojima, K. 2005. *Acacia mangium, a Nurse Tree Candidate for Reforestation on Degraded Sandy Soils in the Malay Peninsula*. *Forest Science*, 51, 498-510.

69. Ó Connell, A.M., Grove, T.S., Mendham, D. and Rance, S.J., 2000. *Effects of site management in eucalypt plantations in South Western Australia*. In: *Site management and productivity in tropical plantation forests*. (Eds: E.K.S. Nambiar, C. Cossalter, A. Tiarks and J. Ranger): workshop proceedings, 7-11 December 1999, Kerala, India, 61 – 71. Center for International Forestry Research , Bogor, Indonesia, pp. 61 - 72.
70. O'Connell, A.M. and Sankaran, K.V. 1997. *Organic matter accretion, decomposition and mineralisation*. In: Nambiar, E.K.S. and Brown, A.G. (eds.) *Management of soil, water and nutrients in tropical plantation forest*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Monograph 43, Canberra. p443-480.
71. Paul, K. I., Polglase, P. J., Nyakuegama J. G. & Khanna P. K. 2002. *Change in soil Cacbon following afforestation*. *Forest Ecology and Management*, 168, 241-257.
72. Peng S.L., Liu, J. & Lu, H.F. 2005. *Characteristics and role of Acacia auriculiformis on vegetation restoration in lower subtropics of China*. *Journal of Tropical Forest Science*, 17, 508-525.
73. Pinyopusarerk, K., 1990. *Acacia auriculiformis: an annotated bibliography*. Australia Center for International Agriculture Research (ACIAR), 141 p.
74. Prasad, R. and Chadhar, S.K, 1987. *Afforestation of dolomite mine overbirdens in Madhya Pradesh*. *Journal of Tropical Forestry*. No. 3: 124 – 131.
75. Sands, R., 1983. *Physical changes to sandy soils planted to radiata pine*. In: *Site and Continuous Productivity* (Eds: R. Ballard and S.P. Gessel), IUFRO Symposium on Forest. Gen. Tech. Rep. PNW-163, USDA Forest Service, pp. 146 – 237.
76. Sankaran, K.V., Balasundaran, M., Thomas, P.T., Sujatha, M.P., 1993. *Litter dynamics, microbial associations and soil studies in Acacia auriculiformis plantation in Kerala*. Kerala Forest Research Institute, Kerala, India, 56 p.

77. Schiavo, J. A., Bussato, J. G, Martins, M. A. & Canellas, L. P. 2009. *Recovery of egraded areas revegeted with Acacia mangium and Eucalyptus with special reference to organic matter humification*. Scientia Agrícola, 66, 353-360.
78. Sastroamidjojo, J.S., 1990. *Acacia auriculiformis* A Cunn. Rimba Indonesia 9 (3), 1964. In: *Acacia auriculiformis: an annotated bibliography*, ACIAR, 113 p.
79. Simpson, J.A., Xu, Z.H., Smith, T., Keay, P., Osborne, D.O., and Podberscek, M., 2000. *Effects of site management in pine plantations on the coastal lowlands of subtropical Queensland, Australia*. In: *Site management and productivity in tropical plantation forests*. (Eds: E.K.S. Nambiar, C. Cossalter, A. Tiarks and J. Ranger: workshop proceedings, 7-11 December 1999, Kerala, India, 61 – 71. Center for International Forestry Research , Bogor, Indonesia, pp. 73–82.
80. Siregar S.T.H, Nurwahyudi and Mulawarma, 2008. *Effects of Inter-rotation Management on Site Productivity of Acacia mangium in Riau Province, Sumatra, Indonesia*. *Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests*. Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006.
81. Smith T.E, Osborne D.O and Simpson J.A, 2008. *Inter-rotation Management Impacts on Growth and Soil Properties in Hybrid Pine Plantations on Sandy Soils in Subtropical Australia*. *Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests*. Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006.
82. Squire, R.O., Farrell, P.W., Flinn, D.W., and Aeberli, B.C., 1985. *Productivity of first and second rotation stands of radiata pine on sandy soils*. In: *Height and volume growth at five years*. Australia Forestry No. 48: pp. 127 – 137.
83. Tiarks, A., Nambiar, E.K.S., and Cossalter, C. 1998. *Site Management and Productivity in Tropical Forest Plantations*. Center for International Forestry Research (CIFOR) Occasional paper No. 16. CIFOR, Bogor, Indonesia.

84. Tiarks. A, Nambiar E.KS , Ranger J and Toma T. *Site management and productivity in tropical plantation forest*. Proceeding of workshop in Congo July 2001 and China February 2003. CIFOR 2004.
85. Turnbull, J.W., Midgley, S.J., Cossalter, C., 1997. *Tropical acacias planted in Asia: an overview*. In: Turnbull, J.W., Crompton, H.R., Pinyopuserak, K.. (Eds.), Recent Developments in acacia Planting. ACIAR Publishing, pp. 14–18.
86. Vu Dinh Huong, Le Thanh Quang, Nguyen Thanh Binh, Pham The Dung, 2008. *Site management and productivity of Acacia auriculiformis Plantations in South Vietnam*. In: Nambiar, E.K.S (ed.) Site management and productivity in tropical plantation forest: workshop proceedings, 22-26 November 2004 Piracicaba , Brazil, and 6-9 November, Borgor, Indonesia, 123-138. Center for International Forest Research, Bogor, Indonesia
87. Week J. (1970) *The pedological aspects of the re-elimination of tropical and particularly volcanic soil in humid region, Tropical soil and vegetation*. Proceeding of the Abijian symposium.
88. Xu D.P, Yang Z.J and Zhang N.N, 2008. *Effects of Site Management on Tree Growth, Aboveground Biomass Production and Nutrient Accumulation of a Second-rotation Plantation of Eucalyptus urophylla in Guangdong Province, China*. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Proceedings of Workshops in Piracicaba (Brazil) 22-26 November 2004 and Bogor (Indonesia) 6-9 November 2006.
89. Xuifang H, C. Jishuang, G. Jiangfeng, 2006. *Two phosphate and postassium solubibilizing bacteria isolated from Tianmu Moutain, Zhejiang, China*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 22: 983 – 990.

CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Phạm Thế Dũng, Kiều Tuấn Đạt, 2014. *Nghiên cứu quản lý lập địa nhằm nâng cao năng suất rừng trồng Keo lá tràm (A. auriculiformis) tại tỉnh Bình Dương*. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn số 7 năm 2013, trang 97 - 102.
2. Kiều Tuấn Đạt, Phạm Thế Dũng, Lê Thanh Quang, 2014. *Xác định các nguồn dinh dưỡng có khả năng cung cấp cho đất trong trồng rừng Keo lá tràm (A auriculiformis) ở Phú Bình, Bình Dương*. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số 3 năm 2014, trang 3469 – 3475.
3. Kiều Tuấn Đạt, Phạm Thế Dũng, 2015. *Ảnh hưởng của vật liệu hữu cơ để lại sau khai thác đến năng suất trồng rừng Keo lá tràm (A auriculiformis) qua các chu kỳ kinh doanh tại Phú Bình, Bình Dương*. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn số 1 năm 2015, trang 129 - 134.