

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HCM**

—oO—

NGUYỄN VĂN NHÃN

**ẢNH HƯỞNG CỦA KHÍ HẬU ĐẾN TĂNG TRƯỞNG CỦA
DU SAM (*Keteleeria evelyniana* Masters), BẠCH TÙNG
(*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub) VÀ
ĐỈNH TÙNG (*Cephalotaxus mannii* Hook. f.)
Ở KHU VỰC ĐÀ LẠT VÀ ĐỨC TRỌNG,
TỈNH LÂM ĐỒNG**

Chuyên ngành: Lâm sinh.

Mã số: 9 62 02 05

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 3/2018

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH**

NGUYỄN VĂN NHÃN

**ẢNH HƯỞNG CỦA KHÍ HẬU ĐẾN TĂNG TRƯỞNG CỦA
DU SAM (*Keteleeria evelyniana* Masters), BẠCH TÙNG
(*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub) VÀ
ĐỈNH TÙNG (*Cephalotaxus mannii* Hook. f.)
Ở KHU VỰC ĐÀ LẠT VÀ ĐỨC TRỌNG,
TỈNH LÂM ĐỒNG**

Chuyên ngành: Lâm sinh.

Mã số: 9 62 02 05.

LUẬN ÁN TIẾN SĨ LÂM NGHIỆP

Người hướng dẫn khoa học: **PGS. TS. Nguyễn Văn Thèm**

Thành phố Hồ Chí Minh, tháng 3/2018

**ẢNH HƯỞNG CỦA KHÍ HẬU ĐẾN TĂNG TRƯỞNG CỦA DU SAM
(*Keteleeria evelyniana* Masters), BẠCH TÙNG (*Dacrycarpus imbricatus*
(Blume) de Laub) VÀ ĐỈNH TÙNG (*Cephalotaxus mannii* Hook. f.)
Ở KHU VỰC ĐÀ LẠT VÀ ĐỨC TRỌNG, TỈNH LÂM ĐỒNG**

NGUYỄN VĂN NHÃN

Hội đồng chấm luận án:

1. Chủ tịch:
2. Thư ký:
3. Phản biện 1:
4. Phản biện 2:
5. Phản biện 3:
6. Ủy viên:
7. Ủy viên:

LÝ LỊCH CÁ NHÂN

Tôi tên là Nguyễn Văn Nhân, sinh ngày 25 tháng 5 năm 1971 tại xã Bình Phú, huyện Gò Công Tây, tỉnh Tiền Giang. Tốt nghiệp Đại học ngành lâm nghiệp hệ tại chức tại Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh năm 2008. Tốt nghiệp Cao học lâm nghiệp tại Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh năm 2011.

Quá trình công tác. Từ tháng 10/1993 đến nay, tôi công tác tại Ban quản lý rừng phòng hộ Đại Ninh, huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng.

Chức vụ công tác. Từ năm 1993 – 2002, tôi là Trưởng tiểu ban quản lý và bảo vệ rừng. Từ năm 2002 – 2011, tôi là Trưởng bộ phận lâm sinh. Từ 2011 – 2013, tôi là Phó trưởng Ban quản lý rừng phòng hộ Đại Ninh. Từ 2013 đến nay, tôi là Trưởng Ban quản lý rừng phòng hộ Đại Ninh.

Tháng 10 năm 2013, tôi làm nghiên cứu sinh chuyên ngành lâm sinh tại trường Đại học Nông Lâm, Tp. Hồ Chí Minh.

Địa chỉ liên lạc: Nguyễn Văn Nhân, Ban quản lý rừng phòng hộ Đại Ninh, xã Phú Hội, huyện Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng.

Điện thoại. CQ: 02633 .843.413; DD 0.918.489.177; 0.984.986.777.

Email: nhanbqlr@yahoo.com.vn.

LỜI CAM ĐOAN

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

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Văn Nhân

LỜI CẢM TẠ

Luận án này được hoàn thành theo chương trình đào tạo Tiến sỹ chuyên ngành lâm sinh học, khóa 2013 - 2017 của Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh.

Trong quá trình học tập và làm luận án, tôi đã nhận được sự quan tâm, giúp đỡ và tạo những điều kiện thuận lợi từ Ban giám hiệu, Phòng sau đại học và Thầy – Cô của Khoa lâm nghiệp thuộc Trường Đại Học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh. Nhân dịp này, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc trước sự quan tâm và giúp đỡ quý báu đó.

Luận án này được thực hiện dưới sự hướng dẫn của Thầy PGS. TS. Nguyễn Văn Thêm, giảng viên cao cấp thuộc Bộ môn lâm sinh, Khoa lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh. Nhân dịp này, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đối với Thầy hướng dẫn khoa học.

Trong quá trình học tập và làm luận án, tôi còn nhận được sự giúp đỡ của Ban giám đốc Sở Nông nghiệp & PTNT tỉnh Lâm Đồng, cán bộ và nhân viên thuộc Ban quản lý rừng phòng hộ Đại Ninh và những người thân trong gia đình. Nhân dịp này, tôi xin chân thành cảm ơn và ghi nhớ sự giúp đỡ vô tư đó.

Thành phố Hồ Chí Minh, ngày 7 tháng 3 năm 2018.

Nguyễn cứu sinh

Nguyễn Văn Nhân

TÓM TẮT

Đề tài “Ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng ở khu vực Đà Lạt và Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng”. Thời gian nghiên cứu từ năm 2013 – 2016. Mục tiêu nghiên cứu là xác định mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu. Số liệu nghiên cứu bao gồm 25 cây mẫu; trong đó 9 cây Du sam, 9 cây Bạch tùng và 7 cây Đinh tùng. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng thu thập được tương ứng là 192 năm, 201 năm và 127 năm. Chuỗi khí hậu được thu thập từ 1980 - 2014. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với những yếu tố khí hậu đã được phân tích dựa trên chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa và khí hậu. Vai trò của các yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này được phân tích bằng hàm phản hồi tuyến tính đa biến từng bước.

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, ba yếu tố khí hậu kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam là nhiệt độ không khí tháng 4, lượng mưa tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10. Sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 4 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi nước vào tháng 10 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Ba yếu tố khí hậu kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng là lượng mưa vào tháng 11, số giờ nắng vào tháng 1 và 4. Sự nâng cao của ba yếu tố này đều dẫn đến ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Ba yếu tố khí hậu kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng là lượng mưa vào tháng 1, nhiệt độ không khí trung bình của tháng 1 – 4 và số giờ nắng vào tháng 11. Sự nâng cao lượng mưa vào tháng 1 và nhiệt độ không khí trung bình của tháng 1 – 4 là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 11 là

điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Địa hình ảnh hưởng đến mối quan hệ của ba loài cây gỗ này với các yếu tố khí hậu. Khi sống ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, cả ba loài cây gỗ này phản ứng với sự thay đổi của các yếu tố khí hậu rõ rệt hơn so với độ cao dưới 1.400 m. Trong điều kiện quần xã thực vật rừng, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam có quan hệ rõ rệt với nhiệt độ không khí tháng 1, 6, 7, 10, 1 - 4, 5 - 10 và 11 - 3; lượng mưa tháng 1, 3, 9, 10, 11, 12 và 11 - 12. Trong điều kiện đất trống, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam có quan hệ rõ rệt với nhiệt độ không khí tháng 5, 12, 5 - 10 và 11 - 3; lượng mưa tháng 3, 7, 8, 9 và 11 - 12. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng có thể được dự đoán theo biến động của các yếu tố khí hậu. Các điều kiện thời tiết thuận lợi và khó khăn đối với tăng trưởng của ba loài cây gỗ này được dự đoán theo điểm số của các chỉ số khí hậu tổng hợp. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm với các yếu tố khí hậu là tài liệu tốt để xác định đặc tính sinh thái của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

ABSTRACT

The thesis "Climatic influence on the growth of *Keteleeria evelyniana* Master, *Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub and *Cephalotaxus mannii* Hook. f. at Da Lat and Duc Trong zone of Lam Dong Province". Study period from 2013 - 2016. The objective of this study is to determine the relation of the ring width growth of *Keteleeria evelyniana*, *Dacrycarpus imbricatus* and *Cephalotaxus mannii* with variations of climatic factors. Research data includes 25 sampled trees; of which 9 individuals of *Keteleeria evelyniana*, 9 individuals of *Dacrycarpus imbricatus* and 7 individuals of *Cephalotaxus mannii*. The standardized ring width index series of *Keteleeria evelyniana*, *Dacrycarpus imbricatus* and *Cephalotaxus mannii* were collected in 192, 201, and 127 years respectively. Climatic series were collected from 1980 to 2014. The relationship between ring width growth of three tree species with climatic factors were analyzed on the basis of standardized ring width index series and climatic data. The role of climatic factors for ring width growth of three tree species were analyzed using stepwise multiplicative linear response functions.

Research results showed that three climatic factors strong controlling for the ring width growth of *Keteleeria evelyniana* are air temperature in April, precipitation in May and evapotranspiration in October. The raising of air temperature in April is bad condition for the ring width growth of *Keteleeria evelyniana*. In construct, the raising of precipitation in May and the evapotranspiration in October are good conditions for the ring width growth of *Keteleeria evelyniana*. Three climatic factors controlling the ring width growth of *Dacrycarpus imbricatus* are the precipitation in November, number of sunshine hours in January and April. The raising of the three factors are leading to a bad influence to the ring width growth of *Dacrycarpus imbricatus*. Three climatic factors strong controlling the ring width growth of *Cephalotaxus mannii* are

precipitation in January, average air temperature from January to April, and the number of sunshine hours in November. The raising of precipitation in January and average air temperature from January to April are bad conditions for the ring width growth of *Cephalotaxus mannii*. In contrast, the raising of sunshine hours in November are good conditions for the ring width growth of *Cephalotaxus mannii*. The terrain affects the relationship of the three tree species with the climatic factors. When living in an altitude of 1,400 - 1,600 m above sea level, three tree species react to the change of the climatic factors markedly higher level than below 1,400 m. Growth response of *Dacrycarpus imbricatus* with the change of the climatic factors also depend on different environmental conditions. In tree community conditions, ring width growth of *Dacrycarpus imbricatus* tight control by the April and October air temperature, precipitation of May and October. In contrast, when living on bare soil, ring width growth of *Dacrycarpus imbricatus* defended on May and December air temperature, precipitation of March and August. Ring width growth of *Dacrycarpus imbricatus*, *Dacrycarpus imbricatus* and *Cephalotaxus mannii* could be predicted based on fluctuations of climatic factors. The favorable and difficult weather conditions for the growth of three this tree species was predicted by scores of general climatic indices. Relationship between ring width growth with the climatic factors is well documented to determine the ecological characteristics of *Keteleeria evelyniana*, *Dacrycarpus imbricatus* and *Cephalotaxus mannii*.

MỤC LỤC

Lý lịch cá nhân	i
Lời cam đoan	ii
Lời cảm tạ	iii
Tóm tắt bằng tiếng Việt.....	iv
Tóm tắt bằng tiếng Anh.....	vi
Mục lục	viii
Những chữ viết tắt	xii
Danh sách các bảng	xv
Danh sách các hình	xx
Danh sách các phụ lục	xxii
MỞ ĐẦU	1
1. Đặt vấn đề.....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu.....	3
3. Đối tượng và vị trí nghiên cứu.....	3
4. Phạm vi nghiên cứu.....	4
5. Ý nghĩa của đề tài.....	4
6. Những điểm mới của luận án.....	4
Chương 1. TỔNG QUAN	6
1.1. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng... 6	
1.1.1. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Du sam	6
1.1.2. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Bạch tùng	7
1.1.3. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Đinh tùng.....	7
1.2. Niên đại thực vật và khí hậu thực vật	8
1.2.1. Khái quát về vòng năm cây gỗ	8
1.2.2. Niên đại thực vật và khí hậu thực vật	9
1.3. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật.....	12

1.3.1. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Mỹ.....	12
1.3.2. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Liên Xô.....	13
1.3.3. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Châu âu.....	14
1.3.4. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Australia, New Zealand, Trung Quốc, Nhật Bản, vùng Địa Trung Hải và Canada	15
1.3.5. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở nhiệt đới.....	16
1.3.6. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Việt Nam	16
1.4. Phương pháp phân tích khí hậu thực vật	17
1.5. Thảo luận.....	23
Chương 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	25
2.1. Nội dung nghiên cứu.....	25
2.2. Phương pháp nghiên cứu	25
2.2.1. Phương pháp luận	25
2.2.2. Những giả thuyết nghiên cứu.....	27
2.2.3. Phương pháp thu thập số liệu.....	28
2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu	30
2.2.5. Công cụ xử lý số liệu	39
Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN.....	40
3.1. Đặc điểm khí hậu ở khu vực nghiên cứu	40
3.1.1. Đặc điểm nhiệt độ không khí.....	40
3.1.2. Đặc điểm mưa	42
3.1.3. Đặc điểm độ ẩm không khí.....	43
3.1.4. Đặc điểm số giờ nắng.....	45
3.1.5. Đặc điểm hệ số thủy nhiệt.....	47

3.1.6. Đặc điểm lượng nước bốc hơi	49
3.1.7. Nhận định chung về khí hậu ở khu vực Đà Lạt.....	51
3.2. Đặc điểm bề rộng vòng năm và chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng	54
3.2.1. Đặc điểm chung của những quần xã thực vật rừng	54
3.2.2. Đặc điểm bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng ...	54
3.2.3. Chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng	57
3.3. Phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với biến động của những yếu tố khí hậu.	62
3.3.1. Phản ứng của Du sam với biến động của những yếu tố khí hậu	62
3.3.2. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của những yếu tố khí hậu	68
3.3.3. Phản ứng của Đinh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu	73
3.4. Xác định vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng	79
3.4.1. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với Du sam.....	79
3.4.2. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với Bạch tùng	84
3.4.3. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với Đinh tùng.....	90
3.5. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với khí hậu	94
3.5.1. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với khí hậu	94
3.5.2. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với khí hậu	100
3.5.3. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với khí hậu	103
3.6. Phản ứng của Du sam trong quần xã thực vật và trên đất trồng với biến động của những yếu tố khí hậu.....	107
3.6.1. Chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên	

đất trồng.....	107
3.6.2. Phản ứng của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với khí hậu ...	107
3.7. Dự đoán tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng dựa theo những yếu tố khí hậu.....	109
3.7.1. Dự đoán tăng trưởng của Du sam dựa theo những yếu tố khí hậu ...	109
3.7.2. Dự đoán tăng trưởng của Bạch tùng dựa theo những yếu tố khí hậu	110
3.7.3. Dự đoán tăng trưởng của Bạch tùng dựa theo những yếu tố khí hậu	111
3.7.4. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng	112
3.8. Thảo luận.....	117
3.8.1. Chuỗi niên đại vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng	117
3.8.2. Tính nhạy cảm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	117
3.8.3. So sánh mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với những yếu tố khí hậu	118
3.8.4. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	120
3.8.5. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với những biến động của các yếu tố khí hậu....	123
3.8.6. Ảnh hưởng của quần xã thực vật và đất trồng đến phản ứng của Du sam đối với những biến động của các yếu tố khí hậu	124
3.8.7. Mô hình dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng dựa theo những yếu tố khí hậu.....	124
3.8.8. Đề xuất áp dụng kết quả nghiên cứu	125
KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ.....	127
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ.....	130
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	131
PHỤ LỤC	138

NHỮNG CHỮ VIẾT TẮT

Những chữ viết tắt	Tên gọi đầy đủ
(1)	(2)
CV%	Hệ số biến động.
D (cm)	Đường kính thân cây ngang ngực.
\bar{D} (cm)	Đường kính thân cây ngang ngực trung bình.
$D_{\max} - D_{\min}$	Biên độ biến động đường kính thân cây.
EN	Loài rất nguy cấp (Endangered species)
EPS	Những tín hiệu quần thể.
F	Tỷ lệ giữa lượng mưa và lượng nước bốc hơi.
G (m ²) và G (m ² /ha)	Tiết diện ngang thân cây và quần thụ.
H (m)	Chiều cao thân cây vút ngọn.
$H_{\max} - H_{\min}$	Biên độ biến động chiều cao thân cây.
HSHQ	Hệ số hồi quy chuẩn hóa.
IVI%	Chỉ số giá trị quan trọng hay độ ưu thế của loài.
IUCN	Liên minh bảo tồn thiên nhiên quốc tế (International Union for Conservation of Nature).
K	Hệ số thủy nhiệt.
Kd	Chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm.
Kd'	Chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm được lọc theo trọng số.
Kd _S và Kd _T	Chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm của năm sau và năm trước.
Kd _{DS} , Kd _{BT} , Kd _{DT}	Chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đỉnh tùng.
Ku	Độ nhọn.

Rkh	Kiểu rừng hỗn giao cây lá rộng và lá kim, hơi ẩm, á nhiệt đới núi thấp.
mS _x	Tính nhạy cảm.
M (m ³ /ha)	Trữ lượng quần thụ.
M (mm)	Lượng mưa.
M _{i=1-12}	Chỉ số lượng mưa từ tháng 1 đến tháng 12.
MAE	Sai lệch tuyệt đối trung bình.
MAPE	Sai lệch tuyệt đối trung bình theo phần trăm.
N _i	Số cá thể của loài trên ô mẫu.
N (cây/ha)	Tổng số cây trên ô mẫu hoặc trên 1 ha.
N%	Tỷ lệ số cây.
N (giờ)	Số giờ nắng.
N _{i=1-12}	Chỉ số giờ nắng từ tháng 1 đến tháng 12.
N (năm)	Số lượng vòng năm.
P (mm)	Lượng nước bốc hơi.
P _{i=1-12}	Chỉ số bốc hơi nước từ tháng 1 đến tháng 12.
P _α	Mức ý nghĩa thống kê.
R và r	Hệ số tương quan.
R _S	Hệ số tương quan hạng Spearman.
R ²	Hệ số xác định.
R ⁺	Hệ số tự tương quan thứ nhất.
Rh (%)	Độ ẩm không khí.
Rh _{i=1-12}	Chỉ số độ ẩm không khí từ tháng 1 đến tháng 12.
R _m	Hệ số tương quan trung bình giữa những chuỗi chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm với chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa.
±S	Sai lệch chuẩn của số trung bình.
±Se	Sai số chuẩn của ước lượng.
S _k	Độ lệch.

SNR	Tỷ lệ giữa tín hiệu khí hậu và tín hiệu nhiễu loạn.
T ⁰ C	Nhiệt độ không khí.
T _{i=1-12}	Chỉ số nhiệt độ không khí từ tháng 1 đến tháng 12.
V (m ³ /ha)	Thể tích thân cây.
VIF	Yếu tố khuếch đại phương sai (Variance Inflation Factor).
VU	Loài nguy cấp (Vulnerable species).
X	Điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp.
X _{ik} , Y _{ik} , Z _{ik} ...	Những yếu tố khí hậu của năm i, tháng k (i = 1 – 12).
Zr (mm)	Bề rộng vòng năm.

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 3.1. Đặc trưng thống kê nhiệt độ không khí của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.....	40
Bảng 3.2. Đặc trưng thống kê lượng mưa của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.	43
Bảng 3.3. Đặc trưng thống kê độ ẩm không khí của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.....	45
Bảng 3.4. Đặc trưng thống kê số giờ nắng của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.	47
Bảng 3.5. Đặc trưng thống kê hệ số thủy nhiệt của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.....	49
Bảng 3.6. Đặc trưng thống kê lượng nước bốc hơi của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.....	51
Bảng 3.7. Tỷ lệ giữa lượng mưa (M, mm) và lượng nước bốc hơi (P, mm) của 12 tháng trong năm. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.	53
Bảng 3.8. Đặc trưng thống kê bề rộng vòng năm đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	54
Bảng 3.9. Đặc trưng thống kê đối với chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	57
Bảng 3.10. Những đặc trưng thống kê đối với ba cấp tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	60
Bảng 3.11. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với nhiệt độ không khí của các tháng trong năm.	63
Bảng 3.12. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với lượng mưa của các tháng trong năm.	64
Bảng 3.13. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với độ ẩm không khí của các tháng trong năm.	64

Bảng 3.14. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với số giờ nắng của các tháng trong năm.	65
Bảng 3.15. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.	66
Bảng 3.16. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với tỷ lệ lượng mưa và lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.	67
Bảng 3.17. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với hệ số thủy nhiệt của các tháng trong năm.	67
Bảng 3.18. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với nhiệt độ không khí của các tháng trong năm.	68
Bảng 3.19. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với lượng mưa của các tháng trong năm.	69
Bảng 3.20. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với độ ẩm không khí của các tháng trong năm.	70
Bảng 3.21. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với số giờ nắng của các tháng trong năm.	71
Bảng 3.22. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.	71
Bảng 3.23. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với tỷ lệ lượng mưa và lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.	72
Bảng 3.24. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt của các tháng trong năm.	73
Bảng 3.25. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với nhiệt độ không khí của các tháng trong năm.	74
Bảng 3.26. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với lượng mưa của các tháng trong năm.	75
Bảng 3.27. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với độ ẩm không khí của các tháng trong năm.	75
Bảng 3.28. Mọi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với số	

giờ nắng của các tháng trong năm.	76
Bảng 3.29. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.	77
Bảng 3.30. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với tỷ lệ lượng mưa và lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.	78
Bảng 3.31. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với hệ số thủy nhiệt của các tháng trong năm.	78
Bảng 3.32. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.	79
Bảng 3.33. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.	80
Bảng 3.34. Phân tích vai trò của lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.	81
Bảng 3.35. Phân tích vai trò của hệ số thủy nhiệt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.	82
Bảng 3.36. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí, lượng mưa và lượng nước bốc hơi tháng 1 - 4 đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.	83
Bảng 3.37. Phân tích ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt độ, lượng mưa và lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.	84
Bảng 3.38. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.	85
Bảng 3.39. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.	85
Bảng 3.40. Phân tích vai trò của độ ẩm không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.	86
Bảng 3.41. Phân tích vai trò của số giờ nắng đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.	87
Bảng 3.42. Phân tích vai trò của lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.	88

Bảng 3.43. Phân tích ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm không khí, số giờ nắng và lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.	89
Bảng 3.44. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng.	90
Bảng 3.45. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng.	91
Bảng 3.46. Phân tích vai trò của số giờ nắng đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng.	92
Bảng 3.47. Phân tích ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt độ không khí, lượng mưa và số giờ nắng đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng.	94
Bảng 3.48. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.000 - 1.200 m.	95
Bảng 3.49. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.200 - 1.400 m.	96
Bảng 3.50. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.200 - 1.400 m.	98
Bảng 3.51. Phân tích vai trò của hệ số thủy nhiệt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.200 - 1.400 m.	99
Bảng 3.52. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng ở độ cao 1.200 - 1.400 m.	101
Bảng 3.53. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng ở độ cao 1.200 - 1.400 m.	104
Bảng 3.54. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng ở độ cao 1.400 - 1.600 m.	105
Bảng 3.55. Đặc trưng thống kê đối với chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng.	108
Bảng 3.56. Dự đoán chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam theo ba chỉ số khí hậu.	109

Bảng 3.57. Dự đoán chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng theo ba chỉ số khí hậu	111
Bảng 3.58. Dự đoán chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng theo ba yếu tố khí hậu	112
Bảng 3.59. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với sinh trưởng của Du sam	113
Bảng 3.60. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với sinh trưởng của Bạch tùng	114
Bảng 3.61. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với sinh trưởng của Đinh tùng.....	114
Bảng 3.62. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh theo điểm số của chỉ số khí hậu.....	117

DANH SÁCH HÌNH

Hình 1.1.	Cấu trúc của các lớp vòng năm trên thân cây lá kim.....	9
Hình 1.2.	Sơ đồ biểu diễn các bước phân tích mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với những yếu tố khí hậu	21
Hình 2.1.	Sơ đồ mô tả các bước phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	26
Hình 2.2.	Sơ đồ mô tả áp dụng kết quả nghiên cứu để dự đoán tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng, Đinh tùng và khôi phục khí hậu.....	27
Hình 2.3.	Khoan tăng trưởng Pressler.....	29
Hình 2.4.	Mẫu gỗ được bảo quản trong những ống plastic trước khi xử lý.....	30
Hình 2.5.	Khay kẹp mẫu gỗ và máy đo đặc vòng năm.....	31
Hình 3.1.	Biểu đồ biểu diễn tổng nhiệt độ cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.....	41
Hình 3.2.	Biểu đồ biểu diễn tổng lượng mưa cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.....	44
Hình 3.3.	Biểu đồ biểu diễn độ ẩm không khí cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.....	46
Hình 3.4.	Biểu đồ biểu diễn số giờ nắng cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.....	48
Hình 3.5.	Biểu đồ biểu diễn hệ số thủy nhiệt cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.....	50
Hình 3.6.	Biểu đồ biểu diễn tổng lượng nước bốc hơi cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.....	52
Hình 3.7.	Biểu đồ khí hậu Gaussen - Walter ở khu vực Đức Trọng - Đà Lạt.....	53
Hình 3.8.	Chu kỳ tăng trưởng của Du sam từ 1830 – 2005.....	56
Hình 3.9.	Chu kỳ tăng trưởng của Bạch tùng từ 1820 – 2005.....	56
Hình 3.10.	Chu kỳ tăng trưởng của Đinh tùng từ 1830 - 2005.....	56

Hình 3.11. Chuỗi chỉ bề rộng vòng năm của Du sam từ 1823 – 2013	58
Hình 3.12. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng từ 1813 - 2013.	58
Hình 3.13. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của Đinh tùng từ 1813 - 2013.	59
Hình 3.14. Mối quan hệ giữa chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm ở năm sau và năm trước đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	60
Hình 3.15. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam theo ba chỉ số khí hậu (T_4 , M_5 và P_{10})	110
Hình 3.16. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng theo ba chỉ số khí hậu (N_1 , N_4 và M_{11})	111
Hình 3.17. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của chỉ số bề rộng vòng năm của Đinh tùng theo ba chỉ số khí hậu (T_{1-4} , M_1 và N_{11}).....	113
Hình 3.18. Biểu đồ biểu diễn chỉ số Kd thực tế và chỉ số Kd dự đoán đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.....	116

DANH SÁCH PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Những thông tin về vị trí thu mẫu, kích thước cây mẫu.....	138
Phụ lục 2. Đặc trưng quần xã thực vật rừng	142
Phụ lục 3. Đặc trưng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng, Đinh tùng	144
Phụ lục 4. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam.....	149
Phụ lục 5. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng.....	150
Phụ lục 6. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Đinh tùng.....	152
Phụ lục 7. Chỉ số nhiệt độ không khí của các tháng từ năm 1981 – 2013	153
Phụ lục 8. Chỉ số lượng mưa của các tháng từ năm 1981 – 2013	154
Phụ lục 9. Chỉ số độ ẩm không khí của các tháng từ năm 1981 – 2013.....	155
Phụ lục 10. Chỉ số giờ nắng của các tháng từ năm 1981 – 2013.....	156
Phụ lục 11. Chỉ số bốc hơi nước của các tháng từ năm 1981-2013	157
Phụ lục 12. Chỉ số thủy nhiệt của các tháng từ năm 1981-2013	158
Phụ lục 13. Phân tích quan hệ giữa Kd của Du sam với nhiệt độ không khí	159
Phụ lục 14. Phân tích quan hệ giữa Kd của Bạch tùng với nhiệt độ không khí. ...	159
Phụ lục 15. Phân tích quan hệ giữa Kd của Đinh tùng với nhiệt độ không khí. ...	160
Phụ lục 16. Chuỗi chỉ số Kd của Du sam ở những độ cao khác nhau.....	160
Phụ lục 17. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Du sam với nhiệt độ không khí.	161
Phụ lục 18. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Du sam với lượng mưa.	162
Phụ lục 19. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Du sam với hệ số thủy nhiệt.....	162
Phụ lục 20. Chuỗi chỉ số Kd của Bạch tùng ở những độ cao khác nhau.....	163
Phụ lục 21. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Bạch tùng với nhiệt độ không khí.	163
Phụ lục 22. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng	

của Bạch tùng với lượng mưa.	164
Phụ lục 23. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt.	165
Phụ lục 24. Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa của Đinh tùng ở độ cao khác nhau.	165
Phụ lục 25. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Đinh tùng với nhiệt độ không khí.	166
Phụ lục 26. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Đinh tùng với lượng mưa.	167
Phụ lục 27. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Đinh tùng với hệ số thủy nhiệt.	167
Phụ lục 28. Chuỗi chỉ số Kd của Du sam trên đất trồng.	168
Phụ lục 29. Phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với nhiệt độ không khí.	169
Phụ lục 30. Phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với lượng mưa.	170
Phụ lục 31. Phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với hệ số thủy nhiệt.	170
Phụ lục 32. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Du sam dựa theo ba yếu tố khí hậu.	171
Phụ lục 33. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Bạch tùng theo ba yếu tố khí hậu.	172
Phụ lục 34. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Đinh tùng theo ba yếu tố khí hậu.	172
Phụ lục 35. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Du sam theo chỉ số khí hậu.	173
Phụ lục 36. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Bạch tùng theo chỉ số khí hậu.	173
Phụ lục 37. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Đinh tùng theo chỉ số khí hậu.	173
Phụ lục 38. Hình ảnh về thu mẫu vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.	174

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề

Hiện nay rừng tự nhiên của nước ta nói chung và tỉnh Lâm Đồng nói riêng đã bị thu hẹp đáng kể. Vì thế, khu phân bố của nhiều loài cây gỗ quý, hiếm hoặc có giá trị cao về kinh tế cũng đã bị thu hẹp. Điều đó có thể dẫn đến nguy cơ tuyệt chủng đối với nhiều loài cây gỗ. Nhận thức rõ hậu quả xấu do sự suy giảm rừng tự nhiên và sự tuyệt chủng của những loài cây gỗ quý, ngành lâm nghiệp nước ta đã đặt ra nhiệm vụ cấp bách là nghiên cứu những giải pháp bảo tồn và phục hồi lại những kiểu rừng đặc sắc và những quần thể loài cây gỗ quý, hiếm hoặc có giá trị cao về kinh tế. Để bảo tồn và phát triển rừng, khoa học và thực tiễn cần phải có những kiến thức tốt về đặc tính sinh thái học của những loài cây gỗ và những kiểu rừng khác nhau (Thái Văn Trùng, 1999; Nguyễn Văn Thêm, 2002).

Xác định đặc tính sinh thái học và kỹ thuật trồng rừng từ những loài cây gỗ lớn và có giá trị cao về khoa học và kinh tế là một nhiệm vụ quan trọng của lâm học. Những mô hình dự đoán tăng trưởng của các loài cây gỗ có thể được xây dựng dựa trên mối quan hệ giữa chúng với các yếu tố khí hậu. Tuy vậy, để đạt mục đích này, lâm học cần phải hiểu rõ những mối quan hệ giữa tăng trưởng của các loài cây gỗ với các yếu tố khí hậu (Fritts, 1976; Cook, 1987, 1990; Kimmins, 1998).

Tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ là dấu hiệu rõ nét về ảnh hưởng của tuổi, khí hậu và những yếu tố môi trường khác (địa hình, đất, sinh vật, con người...). Vì thế, nhiều nhà nghiên cứu (Fritts, 1965, 1971, 1974, 1976; Bitvinskas, 1974; Cook, 1987, 1990) đã sử dụng phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật để xác định niên đại của các lớp vòng năm và ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu đến sinh trưởng của các loài cây gỗ. Hai phương pháp này cũng đã được sử dụng để xác định đặc điểm vật hậu, kết cấu loài cây gỗ, biến động hàm lượng các bon trong tăng trưởng vòng năm và khôi phục biến động của những yếu tố khí hậu trong quá khứ (Briffa và Jones, 1990; Cook và Kairiukstis, 1990; Yadav và

Bhattacharyya, 1996). Ở Việt Nam, phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật đã được ứng dụng để xác định ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng của Thông ba lá (*Pinus kaysiia* ex Gordon) (Nguyễn Văn Thêm, 2003; Phạm Trọng Nhân và ctv, 2011), Du sam (Nguyễn Văn Nhãn, 2011; 2012) và Bạch tùng (Nguyễn Văn Thêm, 2012).

Kiểu rừng hỗn giao cây lá rộng và lá kim, hơi ẩm, á nhiệt đới núi thấp (Rkh) thuộc tỉnh Lâm Đồng được hình thành bởi nhiều loài cây gỗ khác nhau. Trong kiểu rừng này, Du sam (*Keteleeria evelyniana* Masters), Bạch tùng (*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub) và Đinh tùng (*Cephalotaxus mannii* Hook. f.) là những loài cây gỗ quý, hiếm và có giá trị cao về kinh tế. Tại Lâm Đồng, ba loài cây gỗ này bắt gặp nhiều ở rừng tự nhiên tại huyện Lạc Dương, Đơn Dương, Di Linh, Đức Trọng và Bidoup Núi Bà. Theo tiêu chuẩn phân hạng những loài nguy cấp của Liên minh bảo tồn thiên nhiên quốc tế (IUCN, 2001), Du sam và Bạch tùng thuộc nhóm loài rất nguy cấp (VU A1cd), còn Đinh tùng thuộc nhóm loài nguy cấp (EN C2a) (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1999). Theo Nghị định số 32/2006/NĐ-CP của Thủ tướng chính phủ, ba loài cây gỗ này đã được xếp vào nhóm IIA và cấp V của Sách đỏ Việt Nam (Nguyễn Đức Tố Lưu và Philip Ian Thomas, 2004; Nguyễn Tiến Hiệp và ctv, 2005). Để bảo tồn và phát triển ba loài cây gỗ này, lâm học cần phải hiểu rõ những đặc tính sinh thái, kỹ thuật trồng và nuôi dưỡng chúng. Trước đây đã có một số nghiên cứu về ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam (Nguyễn Văn Nhãn, 2012) và Bạch tùng (Nguyễn Văn Thêm, 2012). Tuy vậy, những nghiên cứu này vẫn chưa làm sáng tỏ vai trò của những yếu tố khí hậu đối với sinh trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Những nghiên cứu này cũng chưa xây dựng được những mô hình dự đoán tăng trưởng của ba loài cây gỗ này dựa theo biến động của các yếu tố khí hậu. Vì thế, cho đến nay lâm học vẫn chưa hiểu rõ mối quan hệ giữa sinh trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với các yếu tố khí hậu và những yếu tố môi trường khác. Bởi vì ba loài cây gỗ này có kích thước lớn, tuổi thọ cao và vòng năm biểu hiện rất rõ ràng, nên chúng là những loài

cây gỗ thích hợp để phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm với khí hậu và những yếu tố môi trường khác.

Xuất phát từ những vấn đề đặt ra trên đây, nghiên cứu này sử dụng phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật để xác định thời gian hình thành các vòng năm và phân tích phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu ở khu vực Đức Trọng và Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng. Từ những mối liên hệ này, xây dựng những mô hình dự đoán sinh trưởng của ba loài cây gỗ này dựa theo những yếu tố khí hậu.

2. Mục tiêu nghiên cứu

2.1. Mục tiêu tổng quát

Xác định mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu.

2.2. Mục tiêu cụ thể

- (1) Phân tích những đặc trưng khí hậu để làm cơ sở cho việc phân cấp chế độ khô ẩm ở khu vực nghiên cứu.
- (2) Xác định những tháng mà điều kiện khí hậu có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.
- (3) Phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng trong những điều kiện môi trường khác nhau.
- (4) Xây dựng những mô hình dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng theo những yếu tố khí hậu.

3. Đối tượng và vị trí nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là quần thể Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Ba quần thể này mọc tự nhiên trong kiểu Rkh. Địa điểm nghiên cứu được đặt tại khu vực Đức Trọng và Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng. Tọa độ địa lý: $108^{\circ}22'13''$ - $108^{\circ}30'24''$ kinh độ Đông; $11^{\circ}46'15''$ - $11^{\circ}55'27''$ vĩ độ Bắc. Độ cao địa hình từ 1.000 – 1.700 m so với mặt nước biển. Độ dốc trên 25° . Đất vàng đỏ phát triển trên đá granit. Khu vực nghiên cứu có khí hậu ôn hòa núi cao. Nhiệt độ không khí trung bình hàng năm là 18°C , cao nhất $18,9^{\circ}\text{C}$, thấp nhất là $16,9^{\circ}\text{C}$. Lượng mưa trung bình năm là 1.823

mm, cao nhất 2.357 mm, thấp nhất 1.354 mm. Độ ẩm không khí trung bình là 84%, cao nhất 88%, thấp nhất 80%.

4. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi nghiên cứu của đề tài là biến động bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng trong mối quan hệ với biến động của 6 yếu tố khí hậu: nhiệt độ không khí trung bình tháng (T , $^{\circ}\text{C}$); tổng lượng mưa tháng (M , mm); độ ẩm không khí trung bình tháng ($Rh\%$); tổng số giờ nắng trong tháng (N , giờ); tổng lượng nước bốc hơi trong tháng (P , mm) và hệ số thủy nhiệt trong tháng (K). Địa điểm nghiên cứu được đặt tại khu vực Đà Lạt và Đức Trọng thuộc tỉnh Lâm Đồng. Thời gian nghiên cứu từ năm 2013 – 2016.

5. Ý nghĩa của đề tài

Về lý luận, nghiên cứu này cung cấp những căn cứ khoa học để xác định đặc tính sinh thái của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Về thực tiễn, nghiên cứu này cung cấp những hàm dự đoán tăng trưởng và một số căn cứ khoa học để xây dựng những biện pháp lâm sinh và bảo tồn Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

6. Những điểm mới của luận án

Luận án đã xây dựng ba chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng ở khu vực Đức Trọng và Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Luận án đã chỉ ra rằng ba yếu tố khí hậu kiểm soát chặt chẽ tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam là nhiệt độ không khí vào tháng 4, lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10. Sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 4 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Ba yếu tố khí hậu kiểm soát chặt chẽ tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng là lượng mưa vào tháng 11, số giờ nắng vào tháng 1 và tháng 4. Sự nâng cao của ba yếu tố này đều dẫn đến ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Ba yếu tố khí hậu kiểm soát chặt chẽ tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng là lượng mưa

vào tháng 1, nhiệt độ không khí trung bình vào tháng 1 – 4 và số giờ nắng vào tháng 11. Sự nâng cao lượng mưa vào tháng 1 và nhiệt độ không khí trung bình vào tháng 1 – 4 là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 11 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

Luận án đã chỉ ra rằng độ cao địa hình có ảnh hưởng đến phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đỉnh tùng với khí hậu. Khi sống ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, cả ba loài cây gỗ này phản ứng với sự thay đổi của các yếu tố khí hậu rõ rệt hơn so với độ cao dưới 1.400 m.

Luận án đã xây dựng ba mô hình ước lượng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đỉnh tùng dựa trên biến động của những yếu tố khí hậu.

Chương 1

TỔNG QUAN

1.1. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

1.1.1. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Du sam

Du sam (*Keteleeria evelyniana* Masters) thuộc chi Du sam của họ Thông (*Pinaceae*). Du sam là cây gỗ lớn, chiều cao đạt tới 40 m, đường kính ngang ngực đạt tới gần 200 cm. Vỏ thân màu xám nâu, nứt dọc, cành non màu vàng nhạt hoặc màu tro. Tán hình gần tròn hoặc tròn. Lá có hai dạng, lá trên cây non và cành non có hình mác hẹp đầu nhọn, lá ở cây già và cành già hình giải đầu tù và lõm ở đỉnh, chiều dài trung bình 2,5 – 5cm, rộng 0,3 – 0,4cm, mặt dưới có 2 hàng khí khổng, thông thường khi mới mọc chỉ có 7 – 10 lá dạng vảy xếp xoắn ốc trên cành. Nón đực và nón cái mọc thẳng đứng đầu cành, thời gian ra nón vào tháng 3 và 4, nón chín vào tháng 10, nón dạng hình trụ dài 12 – 20 cm, khi chín màu hạt dẻ. Vảy quả hình trứng rộng, mép mỏng và cong ra ngoài. Hạt quả nón dài 0,6 cm, có cánh, màu vàng (Phạm Hoàng Hộ, 1999).

Du sam phân bố tự nhiên ở Việt Nam, Lào, Campuchia, miền Nam Trung Quốc, Đài Loan và Hồng Kông. Ở Việt Nam, ba loài cây này phân bố ở khu vực núi cao thuộc các tỉnh Hà Giang, Yên Bái, Lào Cai, Sơn La, Hoà Bình, Nghệ An, Hà Tĩnh, Thừa Thiên – Huế, Gia Lai, Kon Tum, Lâm Đồng, Bình Thuận, Khánh Hoà và Ninh Thuận... Tại Lâm Đồng, loài cây này phân bố tự nhiên trong kiểu Rkh thuộc huyện Lạc Dương, Đơn Dương, Di Linh, Đức Trọng và Bidoup Núi Bà... Hiện nay Du sam được trồng phân tán tại một số công viên. Do dáng đẹp và chịu cắt tỉa, nên Du sam còn được dùng làm cây Bonsai (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1999, 2004; Thái Văn Trùng, 1999).

Trong tự nhiên, Du sam mọc hỗn giao với các loài cây gỗ thuộc họ Dẻ (*Fagaceae*), họ Re (*Lauraceae*), Thông ba lá (*Pinus kesiya*), Pơ mu (*Fokienia hodginsii*), Bách xanh (*Calocedrus macrolepis*), Kim giao núi đất (*Nageia*

wallichiana), Thông nàng (*Dacrycarpus imbricatus*), Thông tre lá dài (*Podocarpus neriifolius*) và Đinh tùng. Du sam phân bố ở độ cao từ 500 – 2000 m; gặp nhiều ở độ cao 1000 – 1600 m so với mặt nước biển. Du sam thích nghi tốt với đất trung tính phát triển trên đá pơcphia, sa thạch hoặc đá vôi. Khí hậu núi cao với nhiệt độ trung bình năm từ 18 - 22⁰C; lượng mưa trên 1.500 mm/năm. Về giá trị kinh tế, Du sam là loài có giá trị kinh tế cao. Gỗ Du sam có màu vàng nhạt, có nhựa dầu, vân thớ đẹp, gỗ cứng, tỷ trọng 0,67. Vì thế, gỗ Du sam thường được sử dụng trong xây dựng và trang trí nội thất. Theo bảng phân loại nhóm gỗ, gỗ Du sam được xếp vào nhóm I. Do có chứa nhiều dầu, nên hạt Du sam được sử dụng làm nguyên liệu trong công nghiệp chế biến xà bông, sản xuất nguyên liệu đánh bóng và thấp sáng (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1999; Thái Văn Trường, 1999; Phạm Hoàng Hộ, 1999).

1.1.2. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Bạch tùng

Bạch tùng (*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub) (tên khác là Thông lông gà, Thông nàng, Mạ hương) thuộc họ Kim giao (*Podocarpaceae*). Bạch tùng là loài cây gỗ có kích thước lớn, thân tròn đều, dáng thân thẳng đẹp, chiều cao đến 30 m và đường kính ngang ngực 50 – 100 cm. Vỏ thân xám trắng. Trên cây non, lá mọc xếp thành hai dãy như lông chim, dài khoảng trên dưới 1 cm; còn trên cây già, lá hình vẩy nhỏ, đầu nhọn. Tán rậm màu xanh đậm. Nón đực mọc ở nách lá, dài 1cm. Nón cái mọc lẻ hay từng đôi ở đầu cành. Hạt hình trứng, dài 0,5 - 0,6 cm, bóng (Phạm Hoàng Hộ, 1999).

Bạch tùng mọc trong kiểu Rkh giữa các độ cao 300 – 2.400 m. Loài cây này phân bố rải rác ở Quảng Ninh (Hoành Bồ), Lào Cai (Sa Pa), Nghệ An (Pù Mát), Quảng Bình, Quảng Trị, Khánh Hoà, Lâm Đồng, Gia Lai, Kon Tum và Đắk Lắk. Tái sinh tự nhiên chủ yếu theo lỗ trống. Gây trồng khó và sinh trưởng chậm. Bạch tùng đã được trồng thử tại Đà Lạt, nhưng sinh trưởng kém (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1999, 2004; Thái Văn Trường, 1999; Phạm Hoàng Hộ, 1999).

1.1.3. Đặc điểm phân loại và sinh thái của Đinh tùng

Đinh tùng (*Cephalotaxus mannii* Hook. f.) thuộc họ Đinh tùng (*Cephalotaxaceae*). Tên đồng nghĩa là *Cephalotaxus hainanensis* H.L. Li,

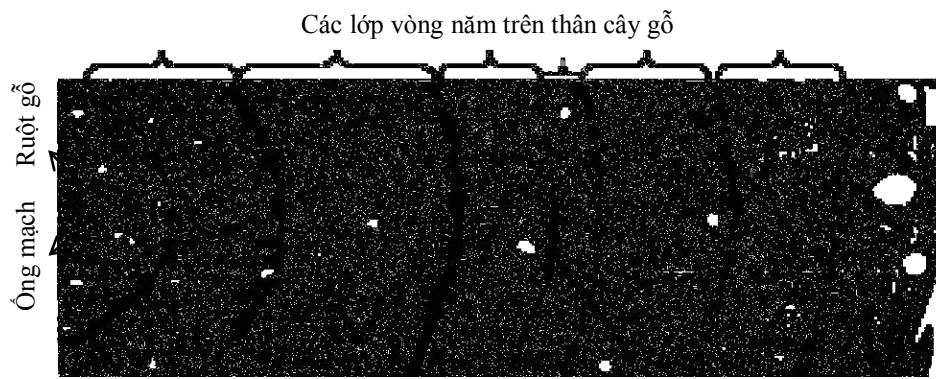
Cephalotaxus griffithii Hook.f. Đinh tùng còn có tên tiếng Việt là Phi ba mũi. Cây cao tới 20 – 30 m và đường kính ngang ngực 50 – 110 cm. Đinh tùng mọc rải rác thành từng đám nhỏ trong kiểu Rkh ở độ cao 500 – 2000 m so với mặt nước biển. Đinh tùng phân bố ở những nơi có nhiệt độ trung bình năm 13 - 21⁰C, lượng mưa trên 1500 mm/năm. Ở khu vực phía Bắc Việt Nam, Đinh tùng thường mọc hỗn giao với Thiết sam giả (*Pseudotsuga sinensis*), Thông Pà cò (*Pinus kwangtungensis*), Kim giao núi đá (*Nageia fleuryi*), Thông tre lá ngắn (*Podocarpus pilgeri*), Pơ mu (*Fokienia hodginsii*), Thông đỏ bắc (*Taxus chinensis*) và Dẻ tùng (*Amentotaxus spp.*) trên núi đá vôi. Ở khu vực phía Nam Việt Nam, Đinh tùng thường mọc hỗn giao với Kim giao núi đất (*Nageia wallichiana*), Thông đỏ nam (*Taxus wallichiana*), Thông tre lá dài (*Podocarpus neriifolius*) và Bạch tùng (*Dacrycarpus imbricatus*) trên các vùng núi đá silicat. Đinh tùng tái sinh tự nhiên rất tốt; lúc còn nhỏ chịu bóng cao (Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1999; Thái Văn Trùng, 1999; Phạm Hoàng Hộ, 1999).

1.2. Niên đại thực vật và khí hậu thực vật

1.2.1. Khái quát về vòng năm cây gỗ

Theo cấu trúc vĩ mô, cây gỗ có sáu cơ quan chính: rễ, thân, lá, hoa, quả và hạt. Các cơ quan sinh trưởng bao gồm rễ, thân, lá. Các cơ quan tái sinh bao gồm hoa, quả và hạt. Mỗi cơ quan được cấu tạo bởi nhiều tế bào, nhiều tế bào tổ chức thành mô. Các mô được nhận biết thông qua diện mạo, cấu trúc, vị trí hoặc chức năng. Gỗ là mô dẫn nước và hình thành thân cây. Libe là mô dẫn dinh dưỡng ở trong vỏ. Cấu trúc của các lớp vòng năm trên thân cây được mô tả khái quát ở Hình 1.1. Vỏ của cây gỗ bao gồm một lớp mô bần ở phía ngoài và một lớp libe còn đang sống ở phía trong. Vùng libe cũng bao gồm các nhu mô và các sợi có vách dày. Tầng phát sinh ống mạch (tượng tầng) là cơ quan sinh ra những tế bào mới trên thân cây gỗ. Tầng trưởng đường kính của cây gỗ xuất hiện do tầng phát sinh ống mạch (tượng tầng) phân chia và các tế bào chuyên hóa lớn lên tạo thành gỗ và libe mới. Vào đầu mùa sinh trưởng, cây lá kim hình thành quản bào đường kính rộng với vách mỏng. Vào cuối mùa sinh trưởng, quản bào nhỏ nhất với vách dày được

hình thành ở phía ngoài vòng năm. Những lớp tế bào trên thân hình thành vào đầu mùa sinh trưởng được gọi là gỗ sớm. Những lớp tế bào trên thân hình thành vào cuối mùa sinh trưởng được gọi là gỗ muộn. Gỗ sớm và gỗ muộn thường có màu sắc khác nhau. Sự gia tăng kích thước tế bào trưởng thành có thể tạo ra một dãy gỗ sớm giữa hai dãy gỗ muộn. Kết quả là hình thành vòng năm giả. Vòng năm giả cũng có thể hình thành do những thay đổi bất thường của điều kiện môi trường. Chẳng hạn sinh trưởng của cây gỗ có thể thay đổi do sự chuyển tiếp từ điều kiện thuận lợi sang điều kiện không thuận lợi trong mùa sinh trưởng.



Hình 1.1. Cấu trúc của các lớp vòng năm trên thân cây lá kim.
(Phỏng theo Fritts, 1971)

1.2.2. Niên đại thực vật và khí hậu thực vật

Theo Fritts (1965, 1971, 1974, 1976), khoa học về tuổi thọ của cây gỗ hay khoa học về niên đại của cây gỗ (Dendrochronology) là một ngành khoa học nghiên cứu về thời gian và xác định niên đại cho các sự kiện đặc biệt. Tiếp đầu ngữ *Dendro* xuất phát từ tiếng Hy Lạp, *Dendro*, có nghĩa là cây gỗ. Từ Chronology là tên của một ngành khoa học nghiên cứu về thời gian và xác định niên đại cho các sự kiện đặc biệt. Tuổi của cây gỗ có thể được xác định gần đúng từ những vòng năm ở phần gốc cây. Thời gian (năm lịch) hình thành những vòng năm của những đoạn gỗ hay cây gỗ đã chết có thể được xác định bằng phương pháp đối chiếu thời gian hình thành những vòng năm trên những cây gỗ còn sống. Sở dĩ chúng ta có thể xác định chính xác thời gian mà những sự kiện (khí hậu, lửa, sâu hại...) đã ảnh hưởng đến cây gỗ là vì tăng trưởng của cây gỗ được ấn định bởi khí hậu, địa hình, đất, lửa, sâu hại... Tất cả những ảnh hưởng này đều được cây gỗ ghi lại đầy đủ trên những lớp

vòng năm. Vì thế, cây gỗ được xem là “Nhà biên niên sử” của tự nhiên (Fritts (1965; Bitvinskas, 1974).

Khoa học về niên đại cây gỗ nghiên cứu về lịch sử hình thành những lớp vòng năm của cây gỗ. Vì thế, những phương pháp của khoa học này cũng có thể được sử dụng cho những nghiên cứu về môi trường và khí hậu (Fritts, 1965). Môn học này bao gồm một số phân môn khác nhau như khí hậu thực vật (Dendroclimatology), lập bản đồ khí hậu thực vật (Dendroclimatography), sinh thái cây gỗ (Dendroecology), thủy văn thực vật (Dendrohydrology) và địa chất thực vật (Dendrogeomorphology). Khí hậu thực vật là khoa học nghiên cứu mối quan hệ giữa tăng trưởng của cây gỗ với những yếu tố khí hậu dựa trên những thông tin hay tín hiệu được ghi lại trong những lớp vòng năm của cây gỗ. Môn học lập bản đồ khí hậu thực vật nghiên cứu đặc điểm các lớp vòng năm để lập bản đồ khí hậu quá khứ, hiện tại và tương lai. Sinh thái cây gỗ nghiên cứu đặc điểm và cấu trúc các lớp vòng năm để xác định phân bố của các quần xã cây gỗ trong quá khứ. Thủy văn thực vật phân tích đặc điểm và cấu trúc các lớp vòng năm để nghiên cứu lịch sử các dòng chảy của sông, hồ và lũ lụt. Địa chất thực vật nghiên cứu đặc điểm và cấu trúc các lớp vòng năm để khám phá những quá trình địa chất (Fritts, 1974, 1976; Bitvinskas, 1974; Cook và Kairiukstis, 1990).

Những điều kiện môi trường ảnh hưởng lớn đến cây gỗ là những yếu tố kiểm soát quá trình sinh học của cây gỗ. Những thông tin này đã được ghi lại trong cấu trúc của các lớp vòng năm (Fritts, 1976). Khoa học niên đại cây gỗ quan tâm đến những biến động trong cấu trúc vòng năm được tạo ra hàng năm. Cấu trúc vòng năm được nghiên cứu bao gồm sự thay đổi bề rộng vòng năm (gỗ sớm, gỗ muộn và tổng số), mật độ gỗ trong những lớp vòng năm, độ dày vách tế bào, hàm lượng C, H, O trong những lớp gỗ. Chính vì thế, nhiều tác giả (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976; Fritts và Swetnam, 1989; Briffa và Jones, 1990) cho rằng, những số liệu về niên đại vòng năm cây gỗ là những nguồn thông tin hữu ích để nghiên cứu những biến đổi của khí hậu (quá khứ, hiện tại và tương lai), những thay đổi về kết cấu loài của QXTV, động đất, trượt đất, nhiễm bẩn môi trường và đặc tính sinh thái cây

gỗ...Theo Bitvinskas (1974) và Fritts (1976), sở dĩ những kiến thức của khoa học về niên đại thực vật có thể cung cấp những thông tin về khí hậu quá khứ là vì bề rộng vòng năm được đo đạc dễ dàng cho nhiều năm liên tục và chúng có thể được sử dụng để kiểm tra tài liệu khí hậu.

Những biến động về bề rộng vòng năm trên thân cây gỗ là một dấu hiệu rõ nét biểu hiện ảnh hưởng của môi trường (khí hậu, địa hình, đất, sinh vật và con người...) đến cây gỗ. Vì thế, nghiên cứu đặc điểm và cấu trúc vòng năm trong mối quan hệ với những biến động của những yếu tố sinh thái cho phép khám phá những đặc tính sinh thái của cây gỗ. Những tín hiệu từ những lớp vòng năm trên thân cây gỗ cũng được sử dụng để xác định không chỉ biến động của lượng mưa, gió, tuyết, lửa rừng và các hoạt động của núi lửa cách đây hàng trăm năm, mà còn dự đoán những hiện tượng và quá trình tự nhiên khác (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976; Schweingruber, 1987; Fritts và Swetnam, 1989; Briffa và Jones, 1990).

Những thông tin chứa trong những lớp vòng năm là nguồn tài liệu giá trị đối với những nghiên cứu về môi trường (Cook, 1987, 1990). Những biến động của khí hậu quá khứ có thể được khôi phục nhờ vào phân tích biến động bề rộng vòng năm và mật độ gỗ (Fritts, 1976). Những hiện tượng như động đất, trượt đất và lũ lụt trong quá khứ cũng có thể được xác định thông qua đặc điểm của các chuỗi bề rộng vòng năm cây gỗ (Bitvinskas, 1974; Cook, 1987, 1990). Phân tích chuỗi bề rộng vòng năm cây gỗ còn cho phép xác định sự thay đổi môi trường dưới tán rừng và động thái lỗ trống trong tán rừng. Những biến đổi bất thường của môi trường (nhiễm bẩn, côn trùng, lửa...) cũng có thể được xác định dựa trên biến động của chuỗi bề rộng vòng năm (Cook, 1987, 1990; Oberhuber và ctv, 1998).

Nhiều nhà khoa học (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976; Schweingruber, 1987; Cook và Kairiukstis, 1990) cho rằng, những phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật là công cụ hữu ích để khám phá mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ với khí hậu; xác lập mối liên hệ giữa các hiện tượng xảy ra trên trái đất với hoạt động của mặt trời; khôi phục và dự đoán biến động của các quá trình tự nhiên. Phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật được sử dụng

không chỉ trong các nghiên cứu về động thái nguồn nước, chế độ thủy văn, qui luật biến động của khí hậu và dự đoán khí hậu, mà còn về sinh thái cá thể và quần thể cây gỗ, dự đoán năng suất và diễn thế rừng, dự đoán sâu bệnh, đánh giá hiệu quả của các biện pháp kỹ thuật lâm sinh và ảnh hưởng của con người tới rừng.

Mục đích của những nghiên cứu niên đại thực vật và khí hậu thực vật là nhằm xây dựng những dãy số liệu phản ánh những biến động của vòng năm trong thời gian dài và những thang chuẩn của biến động vòng năm đối với từng vùng địa lý riêng biệt. Kết quả của những nghiên cứu này góp phần làm sáng tỏ những ảnh hưởng của các yếu tố sinh thái, đặc biệt là hoạt động của mặt trời, đến sinh trưởng và năng suất của rừng (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976). Ngày nay số liệu niên đại vòng năm đã được thu thập trên phạm vi toàn cầu; đồng thời nhiều phương pháp hiện đại đã được ứng dụng để phân tích vòng năm cây gỗ (Cook và Kairiukstis, 1990).

1.3. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật

1.3.1. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Mỹ

Người đặt nền móng cho khoa học niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Tây Bắc Mỹ là Andrew Ellicott Douglass (Fritts, 1965). Ông bắt đầu khám phá những đặc điểm của vòng năm cây gỗ vào năm 1901. Thông qua phân tích vòng năm, Douglass nhận thấy biến động bề rộng vòng năm của cây gỗ có liên quan đến vị trí địa lý, tuổi cây và điều kiện môi trường. Năm 1904, Douglass đã đưa ra phương pháp đối chiếu thời gian hình thành những lớp vòng năm. Năm 1914, Douglass đã công bố những nghiên cứu về ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu đến sinh trưởng của cây gỗ. Từ 1932 – 1944, Douglass đã phát triển những phương pháp phân tích vòng năm cây gỗ. Sau này Schulman (1950) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã phát triển phương pháp phân tích vòng năm bằng cách chuyển bề rộng vòng năm thành chỉ số bề rộng vòng năm. Những vòng năm có những dấu hiệu bất thường là những thông tin hữu ích để khám phá mối liên hệ giữa sinh trưởng của cây gỗ với khí hậu. Nói chung, hai nhà khoa học Douglass và Schulman

là những người đầu tiên đặt nền móng cho khoa học niên đại thực vật ở Tây Bắc Mỹ (Cook và Kairiukstis, 1990).

Ở Đông Bắc Mỹ, Stewart (1913) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) là người đầu tiên nghiên cứu mối quan hệ giữa biến động bề rộng vòng năm của cây gỗ với những yếu tố khí hậu ở New York. Sau này nhiều tác giả (Marshall, 1927; Lyon, 1935; Goldthwait và Lyon, 1937; Creighton và Hock, 1940; Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã sử dụng phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật để xác định ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ và khôi phục khí hậu quá khứ ở nhiều vùng thuộc Đông Bắc Mỹ.

1.3.2. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Liên xô

Khác với những nhà khoa học Mỹ, những nhà khoa học Liên Xô (cũ) thoạt đầu chỉ quan tâm đến lĩnh vực khí hậu thực vật. Shvedov (1882 - 1981) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã xây dựng những phương pháp xác định mối quan hệ giữa biến động bề rộng vòng năm với những yếu tố khí hậu. Khoa học khí hậu thực vật ở Liên Xô (cũ) đã phát triển mạnh mẽ vào những năm 1950 - 1960. Rudacov (1951, 1958, 1961) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã áp dụng phương pháp trung bình di động để phân tích khuynh hướng biến động bề rộng vòng năm theo tuổi cây gỗ. Sau này, phương pháp trung bình di động đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới áp dụng để xây dựng chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm cây gỗ. Gursky và ctv (1953) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã sử dụng mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của loài *Juniperus turkestanica* với khí hậu để khôi phục độ ẩm ở vùng Trung Á. Zviedris và Matuzenis (1962) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã áp dụng phương pháp khí hậu thực vật để xác định phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của một số loài cây gỗ ở Latvia với hoạt động của mặt trời. Komin (1963, 1969, 1970) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã nghiên cứu ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng của rừng ở vùng núi Ural. Shizatov (1965, 1975, 1979, 1986) (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã áp dụng phương pháp khí hậu thực vật để khôi phục khí hậu và xác định động thái của rừng ở vùng cực bắc.

Ở Liên Xô (cũ), Hội đồng niên đại thực vật và khí hậu thực vật đã được thành lập vào năm 1980 (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990). Hội đồng này cho rằng phương pháp khí hậu thực vật có thể được áp dụng trong những nghiên cứu về ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng của cây gỗ và rừng. Phương pháp này có ý nghĩa lớn trong trường hợp so sánh sinh trưởng của rừng ở những môi trường khác nhau. Phương pháp này cũng cho phép phân tích chi tiết đặc điểm vật hậu, kết cấu loài, biến động hàm lượng các bon trong tăng trưởng vòng năm và ảnh hưởng của những yếu tố môi trường khác.

1.3.3. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở châu Âu

Feliksik và ctv (1990, 2002, 2003, 2004, 2008, 2009) đã nghiên cứu mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của 5 loài cây gỗ mọc trong cùng điều kiện môi trường ở ven biển Baltic thuộc Ba Lan; trong đó hai loài cây mọc tự nhiên (*Picea abies* (L.) Karst và *Pinus sylvestris* L.) và ba loài cây ở rừng trồng (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Picea sitchensis* (Bong.) Carr và *Abies alba* Mill.). Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, nhiệt độ và lượng mưa trong mùa sinh trưởng từ tháng 3 đến tháng 8 có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng của 5 loài cây gỗ này. Sương giá cuối mùa đông và đầu mùa xuân có ảnh hưởng rất xấu đến tăng trưởng của 5 loài cây gỗ này. Ngoài ra, mỗi loài cây gỗ có phản ứng khác nhau với lượng mưa và nhiệt độ. Momchil và ctv (2012) đã nghiên cứu ảnh hưởng của khí hậu đến sự thay đổi bề rộng vòng năm và hình thái quản bào của *Pinus sylvestris* ở những địa hình khác nhau trong cùng điều kiện khí hậu ở Ba Lan. Dũthorn và ctv (2013) đã phân tích ảnh hưởng của vi môi trường đến những tín hiệu khí hậu và khuynh hướng biến đổi của bề rộng vòng năm. Dựa trên những tín hiệu khí hậu của những chuỗi niên đại vòng năm, Dũthorn và ctv (2013) đã khôi phục khí hậu quá khứ ở vùng trung tâm và phía bắc Thụy Điển. Novak và ctv (2013) đã xác định những tín hiệu khí hậu trong đặc điểm và cấu trúc gỗ sớm và gỗ muộn của loài *Pinus halepensis* ở Spain và Slovenia Herzegovina. Amodei và ctv (2013) đã sử dụng phương pháp khí hậu thực vật để xác định phản ứng của *Pinus salzmannii* với

khí hậu ở 3 quần thể khác nhau thuộc miền nam nước Pháp. Kết quả nghiên cứu cho thấy phản ứng của *Pinus salzmannii* với khí hậu thay đổi tùy theo quần thể.

1.3.4. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Australia, New Zealand, Trung Quốc, Nhật Bản, vùng Địa Trung Hải và Canada

Những phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật cũng đã được nhiều nhà khoa học Australia và New Zealand quan tâm. Từ những năm 1970, các nhà khoa học New Zealand đã xây dựng 65 chuỗi niên đại thực vật; trong đó có những chuỗi niên đại dài đến 1.500 năm (Dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990). Norton và ctv, 1989; dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã sử dụng phương pháp khí hậu thực vật để khôi phục nhiệt độ, lượng mưa và dòng chảy của một số sông ở New Zealand. Tại Australia, một số nhà nghiên cứu (Ogden, 1981; Ogden, 1981; Booth và Ryan, 1985; Perlinski, 1983; dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) đã xác định ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của loài *Pisonia grandis*, *Araucaria cunninghamii*, *Callitris columellaris* và *Macleayana*. Oberhuber và ctv (1998) đã áp dụng những phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật để phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của *Pinus sylvestris* với những yếu tố khí hậu trên những đất khô hạn ở Australia. Ở Nhật Bản, Takahashi và ctv (2005) đã phát triển chuỗi niên đại vòng năm và xác định ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của *Betula ertanii* phân bố ở độ cao 1600 - 2.400 m trên núi Norikura. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, tăng trưởng bề rộng vòng năm của *Betula ertanii* có phản ứng rõ rệt với nhiệt độ, số giờ nắng và lượng mưa. Ở Canada, Andano và ctv (2005) đã phát triển những mô hình để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và lượng mưa đến tăng trưởng của Vân sam trắng (*Picea glauca* (Moench) Voss) ở vùng Québec.

Martin-Benito và ctv (2013) đã xác định ảnh hưởng của điều kiện khô hạn đến tăng trưởng bề rộng vòng năm và cấu tạo quản bào của 2 loài *Pinus nigra* và *Pinus sylvestris* ở vùng Địa Trung Hải. Điều kiện khô hạn được đánh giá thông qua chỉ số mưa và lượng nước bốc hơi. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mùa hè nóng và

khô có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của 2 loài *Pinus nigra* và *Pinus sylvestris*.

1.3.5. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở nhiệt đới

Mặc dù có những khó khăn trong việc xác định tuổi cây và quá trình hình thành vòng năm, nhưng hai phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật cũng đã được áp dụng ở rừng nhiệt đới. Berlage (1936; dẫn theo Cook và Kairiukstis, 1990) là người đầu tiên nghiên cứu về ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Tách (*Tectona grandis*) ở đảo Java của Indonesia. Sau này nhiều tác giả cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Tách (*Tectona grandis*) ở những vùng khác nhau (Jacoby và D'Arrigo, 1990; D'Arrigo và ctv, 2011).

Tại Ấn Độ, Pant và Borgaonkar (1983) đã nghiên cứu mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Tách với khí hậu ở khu vực Thane. Sau này nhiều tác giả cũng đã xác định mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Tách với những yếu tố khí hậu ở những vùng khác nhau tại Ấn Độ (Bhattacharyya và ctv, 1992; Santosh và ctv, 2007; Ram và ctv, 2008, 2010; Rathore và Jasrai, 2013).

Phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật cũng đã được áp dụng để phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Tách với khí hậu ở Thái Lan (Pumijumnon và ctv, 1995), Myanmar (D'Arrigo và ctv, 2011), miền Bắc Benin (Akossou và ctv, 2012).

1.3.6. Những nghiên cứu về niên đại thực vật và khí hậu thực vật ở Việt Nam

Vũ Công Hậu (1980) đã xác định ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu ở khu vực Trung Du Bắc Bộ đến sản lượng quả Vải (*Nephelium litchi*). Trần Thị Tuyết Hằng (1998) đã phân tích ảnh hưởng của những yếu tố khí hậu đến sinh trưởng của Thông đuôi ngựa (*Pinus massoniana* Lamb) ở vùng núi Tam Đảo, Hà Nội. Nguyễn Văn Thêm (2003) đã áp dụng phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật để phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Thông ba lá (*Pinus keysia* Royle ex Gordon) ở khu vực Lạc Dương thuộc tỉnh Lâm Đồng. Phạm Trọng Nhân và ctv (2011) đã áp dụng phương pháp khí hậu thực vật để

nghiên cứu phản ứng của Thông ba lá với sự thay đổi của những yếu tố khí hậu ở một số khu vực khác nhau thuộc tỉnh Lâm Đồng. Nguyễn Văn Thêm (2012) đã xác định phản ứng của Bạch tùng với biến động của những yếu tố khí hậu ở khu vực Núi Ông thuộc tỉnh Bình Thuận. Nguyễn Văn Nhân (2011, 2012) đã phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với những yếu tố khí hậu ở khu vực Đức Trọng thuộc tỉnh Lâm Đồng. Trần Quang Bảo (2013) đã nghiên cứu ảnh hưởng của khí hậu và cường độ hoạt động mặt trời tới sinh trưởng vòng năm của Cẩm lai vú (*Dalbergia oliver* Pierre) tại Đắk Lắk. Trần Quang Bảo và Vũ Đình Thắng (2013) đã phân tích ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới sinh trưởng vòng năm và phân vùng sinh thái thích hợp đối với Pơ mu (*Fokienia hodginsii*) ở Việt Nam.

1.4. Phương pháp phân tích khí hậu thực vật

Theo Fritts (1976), đặc tính sinh thái của cây gỗ và rừng có thể được xác định thông qua mối quan hệ giữa tăng trưởng của cây gỗ với khí hậu. Những phản ứng của cây gỗ đối với những biến động của các yếu tố khí hậu có thể biểu hiện thông qua sự thay đổi về đường kính, chiều cao, thể tích thân cây và sinh khối... Khi đường kính thân tăng trưởng mạnh, thì chiều cao, thể tích thân cây và sinh khối cũng tăng trưởng mạnh. Bởi vì đường kính thân cây ngang ngực (D, cm) là một chỉ tiêu dễ đo đạc, nên các nhà sinh thái học thường sử dụng biến động bề rộng vòng năm trên thân cây gỗ để phân tích ảnh hưởng của khí hậu.

Trong những nghiên cứu khí hậu thực vật, phương pháp chọn những cây mẫu, xử lý số liệu và khai thác thông tin trong những lớp vòng năm của cây gỗ là vấn đề rất quan trọng. Để xác định ảnh hưởng của những rối loạn trong môi trường (khai thác, lửa rừng và sâu bệnh...) đến sinh trưởng của cây gỗ, nhà sinh thái học phải chọn và so sánh biến động bề rộng vòng năm trên thân những cây mẫu từ rừng chưa bị tác động và rừng đã bị tác động do khai thác, lửa rừng và sâu bệnh... Ngược lại, để xác định những ảnh hưởng của khí hậu, những cây mẫu phải được chọn ở những nơi mà khí hậu là yếu tố giới hạn. Nếu cần xác định ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng của cây gỗ, thì nơi thu mẫu phải có các trạm khí tượng. Trạm khí tượng có thể nằm ngay ở nơi thu mẫu hoặc nằm cách xa nơi thu mẫu từ 20 - 30 km,

đôi khi đến 60 km (Cook và Kairiukstis, 1990). Trạm khí tượng đã ghi chép đầy đủ diễn biến thời tiết của nhiều năm. Những cây mẫu được chọn là những cây dễ bị tổn thương do biến động của khí hậu. Chúng sống ở những vùng núi cao và khí hậu khô hạn. Những cây mẫu phải có hình dáng cân đối, cấu trúc vòng năm rõ ràng, không bị những tác động mạnh của những yếu tố phi khí hậu (Fritts, 1976).

Các mẫu gỗ thường được thu thập bằng khoan tăng trưởng (Fritts, 1976). Các mẫu gỗ được xử lý bằng cách bào nhẵn hoặc dùng dao sắc cắt dọc theo hướng xuyên tâm. Để quan sát rõ vòng năm, các mẫu gỗ cần phải được xử lý bằng nước vôi trong hoặc este. Để xác định chính xác thời gian hình thành các lớp vòng năm, nhà nghiên cứu cần thu thập một vài mẫu ở những lập địa tốt nhất bằng khoan tăng trưởng. Những vòng năm của những cây mẫu này được sử dụng để kiểm định biến động vòng năm và đối chiếu thời gian (xác định tuổi và năm lịch của từng vòng năm). Nếu bề rộng vòng năm lớn và biến động giữa các bề rộng vòng năm nhỏ, thì những cây mẫu này biểu hiện không rõ ảnh hưởng của các yếu tố giới hạn ở lập địa đó. Khi trường hợp đó xảy ra, nhà nghiên cứu cần phải thu thập những mẫu khác ở lập địa khô hơn, có nhiều đá hơn. Bởi vì điều kiện khí hậu trên lập địa này có thể là yếu tố giới hạn rõ rệt đối với tăng trưởng của cây gỗ. Những mẫu gỗ của những cây sống ở những lập địa quá cực đoan cũng không phải là một mẫu tốt. Nguyên nhân là vì kích thước vòng năm của những cây gỗ trên những lập địa này thường rất nhỏ hoặc hình thành những vòng năm giả. Điều đó có thể gây ra những khó khăn cho việc đo đạc vòng năm và đối chiếu thời gian. Nếu vòng năm trên thân cây gỗ biểu hiện không rõ ràng, thì nhà nghiên cứu cần phải chọn những cây gỗ khác.

Để xác định chính xác thời gian hình thành vòng năm, nhà nghiên cứu cần phải đối chiếu vòng năm của nhiều cây gỗ có tuổi khác nhau. Bề rộng của các vòng năm cần phải được đo lặp lại một vài lần ở hai hoặc bốn hướng theo đường kính thân cây. Sau khi lấy mẫu gỗ, các mẫu gỗ này phải được bảo quản cẩn thận để tránh hư hỏng hoặc co rút không đều theo các hướng xuyên tâm. Để đạt được mục đích này, những mẫu gỗ cần được bảo quản cẩn thận trong những hộp kín hoặc trong các ống plastic. Thời gian bảo quản các mẫu gỗ trong các hộp kín không quá 3 - 7

ngày kể từ lúc thu mẫu. Sau khi hoàn thành công việc ở ngoài trời, các mẫu gỗ cần được đưa ngay về phòng thí nghiệm để sấy khô, đối chiếu thời gian và đo đạc bề rộng vòng năm... Những công việc này đòi hỏi sự thận trọng, kiên nhẫn và chính xác. Đối chiếu thời gian là một công việc rất quan trọng, nhưng cũng rất khó khăn. Nó có thể được thực hiện bằng cách mục trắc, vẽ biểu đồ hoặc phân tích bằng máy tính. Để nhận được kết quả tốt, việc phân tích và đối chiếu thời gian phải được làm trên nhiều cây mẫu (Fritts, 1976).

Số lượng cây mẫu là một vấn đề quan trọng trong nghiên cứu khí hậu thực vật và sinh thái thực vật. Số lượng cây mẫu càng nhiều thì những thông tin được khai thác từ vòng năm cây gỗ càng chính xác. Tuy vậy, số lượng cây mẫu được chọn có thể thay đổi tùy theo điều kiện nghiên cứu. Trên những lập địa cực đoan, số lượng cây mẫu có thể dao động từ 10 - 20 cây. Trên những lập địa thuận lợi, số lượng cây mẫu dao động từ 20 - 60 cây hoặc hơn nữa. Nói chung, số lượng cây mẫu cần phải được xác định dựa trên mục tiêu nghiên cứu của khí hậu thực vật và sinh thái thực vật. Trong thực tế, những cây gỗ mọc ở các vị trí khác nhau có thể phản ứng khác nhau đối với những yếu tố khí hậu và phi khí hậu (địa hình, đất, QXTV...). Vì thế, trong những nghiên cứu khí hậu thực vật, những cây mẫu được chọn theo chủ đích; đồng thời dung lượng mẫu cũng không cần phải có số lượng lớn (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976; Cook, 1990).

Sinh trưởng của cây gỗ và rừng chịu ảnh hưởng tổng hợp của nhiều yếu tố sinh thái khác nhau. Theo Cook (1987), kích thước bề rộng vòng năm của cây gỗ có thể được mô tả bằng hàm tuyến tính đa biến (Hàm 1.1).

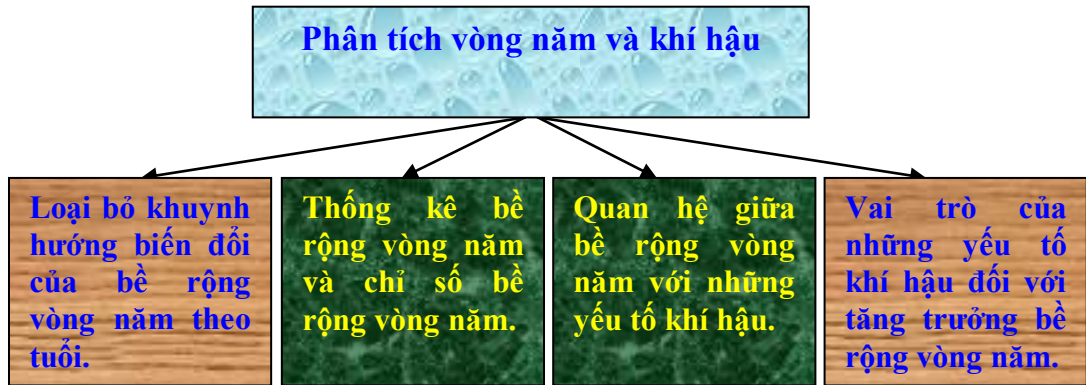
$$R_A = Y_A + C_A + \beta * D_{1A} + \beta * D_{2A} + E_A \quad (1.1)$$

Ở hàm (1.1), R_A = chuỗi bề rộng vòng năm ở tuổi A; Y_A = biến động của bề rộng vòng năm theo tuổi cây gỗ; C_A = tín hiệu có liên quan đến khí hậu; $\beta * D_{1A}$ = những ảnh hưởng của những yếu tố nội sinh; $\beta * D_{2A}$ = những ảnh hưởng của những yếu tố ngoại sinh; E_A = những biến động của bề rộng vòng năm không thể giải thích được. Hệ số β kết hợp với D_{1A} và D_{2A} là biến nhị phân, nhận giá trị (0) và (1). Khi xuất hiện tín hiệu khí hậu trong lớp vòng năm, thì hệ số $\beta = 1$. Ngược lại, khi

không xuất hiện tín hiệu khí hậu trong lớp vòng năm, thì hệ số $\beta = 0$. Ba thành phần Y_A , C_A và E_A xuất hiện liên tục trong chuỗi bề rộng vòng năm (R_A). Trái lại, hai thành phần D_{1A} và D_{2A} có thể xuất hiện hoặc không xuất hiện trong chuỗi bề rộng vòng năm. Thành phần Y_A biểu thị quá trình biến đổi bề rộng vòng năm theo tuổi cây gỗ. Theo quy luật, hàm $Y_A = f(A)$ có dạng hàm số mũ giảm. Hình thái của hàm này thay đổi tùy theo loài cây, giai đoạn tuổi và môi trường sống. Thành phần C_A biểu thị ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ. Những biến khí hậu có ảnh hưởng lớn đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ là lượng mưa, nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, lượng nước bốc hơi, sự thiếu hụt hơi nước, chỉ số khô hạn...; trong đó hai biến lượng mưa và nhiệt độ không khí đóng vai trò quan trọng nhất. Tín hiệu C_A có ảnh hưởng liên tục và biểu hiện rõ rệt trong những lớp vòng năm của tất cả cây gỗ hình thành quần thụ. Thành phần D_{1A} biểu thị ảnh hưởng của những yếu tố nội sinh đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ. Những biến nội sinh có ảnh hưởng lớn đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ là sự xuất hiện những lỗ trống trong tán rừng do cây già chết. Thành phần D_{2A} biểu thị ảnh hưởng của những yếu tố ngoại sinh đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ. Những biến ngoại sinh có ảnh hưởng lớn đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ là lửa, khai thác rừng, bệnh hại, gió, lũ lụt, nhiễm bẩn môi trường. Thành phần E_A là những biến động bề rộng vòng năm của cây gỗ không thể giải thích được từ những yếu tố Y_A , C_A và D_{1A} , D_{2A} .

Khi nghiên cứu biến động bề rộng vòng năm của cây gỗ trong mối quan hệ với biến động của những yếu tố khí hậu, một vấn đề quan trọng là phân biệt giữa tín hiệu và nhiễu loạn. Tín hiệu là những thông tin rõ ràng trong chuỗi bề rộng vòng năm cây gỗ để nghiên cứu một vấn đề nhất định. Trái lại, nhiễu loạn là những thông tin không rõ ràng trong chuỗi bề rộng vòng năm của cây gỗ để nghiên cứu một vấn đề nhất định. Khi phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng của cây gỗ, thì tín hiệu quan tâm là thành phần C_A , còn những yếu tố khác (Y_A , D_{1A} và D_{2A}) là những yếu tố nhiễu loạn (Cook, 1987).

Nói chung, nhiều tác giả (Fritts và ctv, 1971, 1976; Bitvinskas, 1974; Cook, 1987; Shiyatov và Mazepa, 1987) cho rằng phương pháp phân tích mối quan hệ giữa biến động bề rộng vòng năm của cây gỗ với những biến động của những yếu tố khí hậu được thực hiện theo trình tự 4 bước (Hình 1.2).



Hình 1.2. Sơ đồ biểu diễn các bước phân tích mối quan hệ giữa bề rộng vòng năm với những yếu tố khí hậu.

Bước 1 là loại bỏ khuynh hướng biến đổi bề rộng vòng năm theo tuổi. Về lý thuyết, kích thước bề rộng vòng năm trên thân cây gỗ gia tăng dần theo tuổi và đạt cao nhất ở một tuổi nào đó; sau đó giảm dần theo sự nâng cao tuổi. Để loại bỏ khuynh hướng biến đổi bề rộng vòng năm theo tuổi, người ta sử dụng phương pháp chuẩn hóa số liệu bề rộng vòng năm bằng cách chuyển bề rộng vòng năm thành chỉ số bề rộng vòng năm (K_d). Các chỉ số K_d có thể được xác định bằng cách chia bề rộng vòng năm thực tế cho bề rộng vòng năm được tính bằng phương pháp trung bình di động từ một nhóm $k = 2m + 1$ vòng năm; trong đó m là bước nhảy ($m = 1, 2, 3 \dots$ năm). Các chỉ số K_d cũng có thể được xác định bằng cách chia bề rộng vòng năm thực tế cho bề rộng vòng năm được xác định bằng những mô hình biểu thị mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm (Z_r , mm) với tuổi cây (A , năm). Bằng cách đó nhà nghiên cứu có thể xác định được chỉ số K_d cho từng cây và nhóm cây tương ứng với tuổi và năm lịch nhất định. Hàm $Z_r = f(A)$ có thể được mô tả bằng những hàm khác nhau. Fritts (1976) đã mô tả hàm $Z_r = f(A)$ dưới dạng hàm số mũ âm (1.2). Warren (1980) đã mô tả hàm $Z_r = f(A)$ dưới dạng hàm số mũ tổng quát (1.3). Shiyatov và Mazepa (1987) đã mô tả khuynh hướng biến đổi chỉ số bề rộng

vòng năm (Kd) theo tuổi cây ($A, \text{năm}$) bằng hàm (1.4). Ở công thức 1.4, Kd_A là chỉ số bề rộng vòng năm ở năm A ; R_A là chuỗi bề rộng vòng năm thực tế tại năm A ; R'_A là bề rộng vòng năm kỳ vọng nhỏ nhất; B_A là bề rộng vòng năm kỳ vọng lớn nhất.

$$Zr = \alpha * \exp(-bA) + k \quad (1.2)$$

$$Zr = aA^b * \exp(-cA) \quad (1.3)$$

$$Kd_A = (R_A - R'_A) / (B_A - R'_A) \quad (1.4)$$

Giá trị Kd được tính bình quân từ nhiều chuỗi Kd khác nhau là chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa có những đặc tính như trung bình bằng 1,0; sai tiêu chuẩn và hệ số biến động thường nhỏ hơn các trị số tương ứng của bề rộng vòng năm; hiện tượng tự tương quan giảm hoặc bị loại bỏ; tính nhạy cảm của chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm tương tự như chuỗi bề rộng vòng năm.

Bước 2 là phân tích những đặc trưng thống kê mô tả đối với các chuỗi chỉ số Kd . Kết quả ở bước này nhận được những đặc trưng thống kê mẫu (trung bình, sai lệch chuẩn, sai số chuẩn của số trung bình, lớn nhất, nhỏ nhất và phạm vi biến động...); tự tương quan (R^+); tính nhạy cảm (mSx); những tín hiệu quần thể (EPS); tỷ lệ giữa những tín hiệu khí hậu và tín hiệu nhiễu loạn (SNR). Những thông tin này là cơ sở cho việc chọn những cây mẫu có phản ứng rõ rệt với những biến động của những yếu tố khí hậu.

Bước 3 là phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd với các yếu tố khí hậu. Mục tiêu này được giải quyết bằng phân tích ma trận tương quan. Kết quả ở bước này cho phép xác định khuynh hướng (quan hệ dương hay âm) và cường độ của mối quan hệ giữa chỉ số Kd với các yếu tố khí hậu.

Bước 4 là xác định vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ. Mục tiêu này đạt được bằng phương pháp phân tích các hàm phản hồi tuyến tính đa biến từng bước. Đối với mục đích xác định đặc tính sinh thái của những loài cây gỗ, các hàm phản hồi đa biến ($Kd = f(x_i)$ với $x_i =$ yếu tố khí hậu) cho phép xác định những yếu tố khí hậu của những tháng có ảnh hưởng

rõ rệt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ. Đối với mục đích khôi phục khí hậu quá khứ, các hàm $x_i = f(Kd)$ được sử dụng để khôi phục những yếu tố khí hậu xảy ra trong quá khứ.

1.5. Thảo luận

Khoa học niên đại thực vật và khí hậu thực vật đã được phát triển mạnh mẽ từ nửa đầu của thế kỷ XX. Hai phương pháp này đã được sử dụng để khôi phục lại biến động của khí hậu quá khứ dựa trên mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ với khí hậu. Hai phương pháp này cũng đã được sử dụng để phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ với khí hậu và những yếu tố môi trường khác (địa hình, đất, QXTV, động đất, lũ lụt, lửa rừng, sâu bệnh...). Thông qua những mối liên hệ này, nhà sinh thái học không chỉ xác định được đặc tính sinh thái của những loài cây gỗ, mà còn cả mức độ ảnh hưởng tốt hay xấu của các yếu tố khí hậu. Trong nghiên cứu này, hai phương pháp niên đại thực vật và khí hậu thực vật cũng được áp dụng để phân tích vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng ở khu vực Đức trọng và Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ với những yếu tố khí hậu thường được phân tích bằng kỹ thuật hồi quy và tương quan. Khuynh hướng và cường độ của mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ với mỗi yếu tố khí hậu được phân tích bằng ma trận tương quan. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ được phân tích bằng những hàm phản hồi đa tuyến tính từng bước. Biến phản hồi là chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của cây gỗ. Biến dự đoán là những yếu tố khí hậu. Các hàm dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ được xây dựng dựa theo những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng lớn nhất. Trong nghiên cứu này, những kỹ thuật hồi quy và tương quan cũng được sử dụng để phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với những yếu tố khí hậu.

Tăng trưởng của cây gỗ phụ thuộc vào tuổi, biến động của những yếu tố khí hậu và những yếu tố môi trường khác (địa hình, đất, sinh vật, con người). Những

mối quan hệ này có thể được sử dụng để xây dựng những mô hình dự đoán tăng trưởng của cây gỗ và rừng. Cho đến nay khoa học và thực tiễn ở Việt Nam vẫn còn thiếu những mô hình dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng dựa theo những yếu tố khí hậu. Vì thế, đề tài này phát triển những chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa và sử dụng chúng để xác định phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu. Đây là cơ sở khoa học để xác định đặc tính sinh thái học và dự đoán sinh trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

Khí hậu được cấu thành bởi nhiều yếu tố khác nhau. Đời sống của cây gỗ và rừng phụ thuộc rất lớn vào hai quá trình nhiệt và ẩm. Vì thế, đề tài này chỉ phân tích phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với 6 yếu tố khí hậu: T, M, Rh, N, P và K. Những yếu tố khí hậu này ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây gỗ không chỉ trong năm hiện tại, mà còn cả những năm trước đó. Vì thế, đề tài này không chỉ phân tích phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với biến động của các yếu tố khí hậu trong những tháng của năm hiện tại, mà còn cả những tháng của năm trước đó.

Ở phía Nam nước ta, những tài liệu về khí hậu chỉ được thu thập từ đầu thập niên 1980 trở lại đây. Mặt khác, trong nghiên cứu khí hậu thực vật, tài liệu khí hậu có thể được thu thập từ những trạm khí tượng thủy văn nằm cách xa nơi thu mẫu vòng năm cây gỗ đến 60 km. Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt đã thu thập và lưu trữ đầy đủ những tài liệu về khí hậu trong nhiều năm. Những cây mẫu Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đã được thu thập chỉ nằm cách Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt khoảng 20 km. Vì thế, đề tài này đã sử dụng tài liệu khí hậu từ Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt để phân tích phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với biến động của những yếu tố khí hậu từ năm 1980 đến năm 2014.

Chương 2

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

- (1) Đặc điểm khí hậu ở khu vực nghiên cứu.
- (2) Đặc điểm bề rộng vòng năm và chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.
- (3) Phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với biến động của những yếu tố khí hậu.
- (4) Xác định vai trò của các yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.
- (5) Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với các yếu tố khí hậu.
- (6) Phản ứng của Du sam trong quần xã thực vật và trên đất trồng với biến động của những yếu tố khí hậu.
- (7) Dự đoán tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng dựa theo những yếu tố khí hậu.

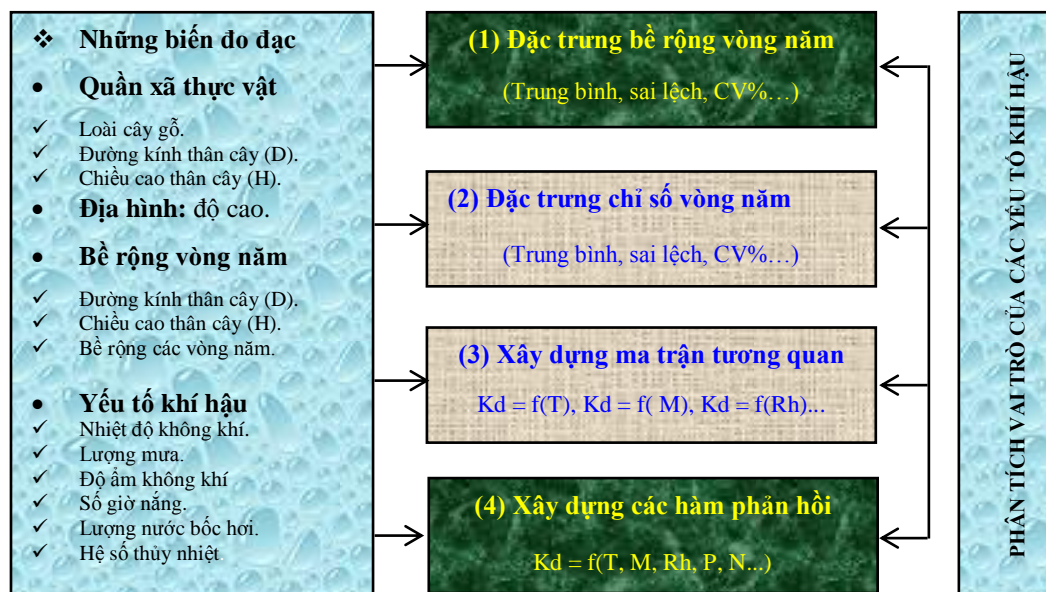
2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp luận

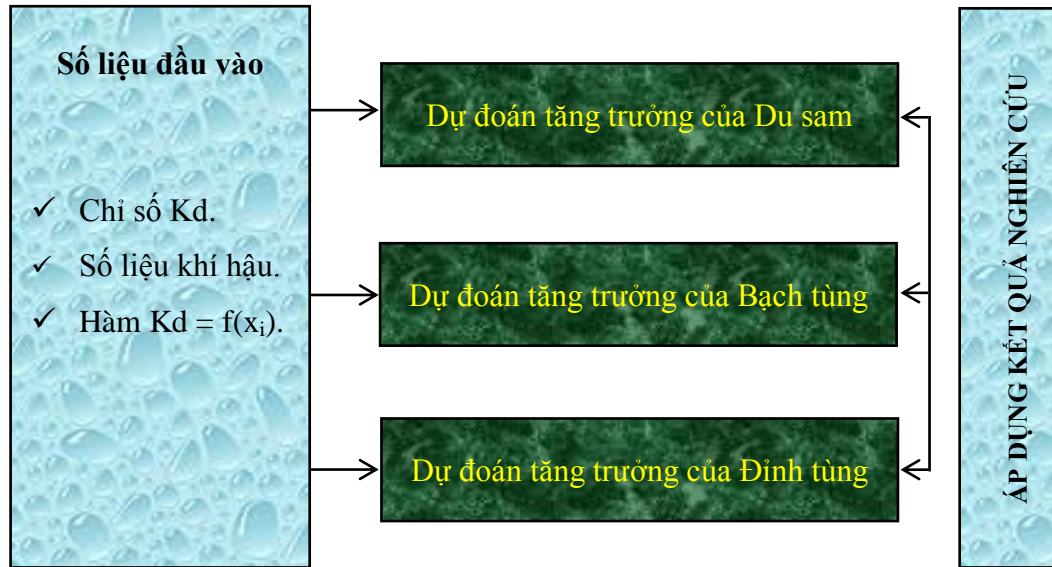
Phương pháp luận của đề tài là phương pháp mô tả và phương pháp mô hình hóa. Phương pháp mô tả được sử dụng để mô tả những đặc trưng của quần thụ, bề rộng vòng năm và chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Phương pháp mô hình hóa bằng những mô hình toán được áp dụng để phân tích mối quan hệ giữa biến động bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu. Các mô hình được xây dựng dựa trên giả định bề rộng vòng năm (Z_r , mm) của cây gỗ là một hàm của các yếu tố khí hậu, nghĩa là $Z_r = f(\text{khí hậu})$.

Từ quan điểm trên đây, hướng tiếp cận của đề tài bắt đầu từ phát triển ba chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Tiếp đến xây dựng ma trận tương quan để phân tích khuynh hướng và cường độ của mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với những yếu tố khí hậu. Tiếp theo sử dụng phương pháp phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến từng bước để xác định những biến khí hậu đóng vai trò lớn nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Sau đó xây dựng các hàm dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm đối với ba loài cây gỗ này dựa theo những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng lớn nhất.

Phương pháp phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm đối với ba loài cây gỗ này được mô tả ở Hình 2.1. Phần áp dụng kết quả nghiên cứu vào thực tiễn được mô tả ở Hình 2.2.



Hình 2.1. Sơ đồ mô tả các bước phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.



Hình 2.2. Sơ đồ mô tả áp dụng kết quả nghiên cứu để dự đoán tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng, Đinh tùng.

2.2.2. Những giả thuyết nghiên cứu

Giả thuyết 1. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng thay đổi theo tuổi cây. Giả thuyết này được kiểm định bằng cách so sánh bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này trên những cây mẫu có kích thước khác nhau.

Giả thuyết 2. Những yếu tố khí hậu của các tháng trong năm ảnh hưởng không giống nhau đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Giả thuyết này được kiểm định bằng phân tích ma trận tương quan giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với biến động của những yếu tố khí hậu. Từ ma trận tương quan, xác định khuynh hướng và cường độ của mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với những yếu tố khí hậu. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này được phân tích bằng các hàm phản hồi tuyến tính đa biến.

Giả thuyết 3. Khí hậu ảnh hưởng đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng lớn hơn so với những yếu tố môi trường khác (địa

hình và điều kiện QXTV). Giả thuyết này được kiểm định bằng phân tích so sánh phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu ở những cấp độ cao địa hình và điều kiện QXTV khác nhau.

2.2.3. Phương pháp thu thập số liệu

2.2.3.1. Xác định những đặc trưng của quần xã thực vật rừng

Chuỗi bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng được thu thập trong những quần thụ thuộc kiểu Rkh. Những đặc trưng của QXTV được mô tả thông qua 3 ô tiêu chuẩn điển hình với kích thước 2.000 m² (40*50 m); trong đó mỗi loài cây gỗ là 1 ô tiêu chuẩn. Thông tin thu thập trong các ô tiêu chuẩn bao gồm thành phần loài cây gỗ (S, loài); mật độ (N, cây/ha); đường kính thân cây ngang ngực (D, cm); chiều cao toàn thân (H, m); tiết diện ngang thân cây (G, m²/ha) và trữ lượng gỗ thân cây (M, m³/ha). Những loài cây gỗ được nhận biết theo Phạm Hoàng Hộ (1999). Đường kính thân cây được đo đạc bằng thước kẹp kính với độ chính xác 0,5 cm. Chiều cao thân cây được đo đạc bằng thước Blume-Leiss với độ chính xác 0,5 m.

2.2.3.2. Thu thập mẫu vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

(a) Chọn cây mẫu. Những cây mẫu được chọn phải có những tiêu chuẩn như kích thước lớn; sức sống tốt; tán lá tròn đều; không bị sâu hại hay cụt ngọn; không bị thương tật hay cháy. Ngoài ra, những cây mẫu được ưu tiên chọn khi chúng mọc trên địa hình dốc, tầng đất mỏng, nhiều đá lộ đầu...Nguyên nhân là vì những cây lớn tuổi không chỉ chứa nhiều vòng năm, mà còn có phản ứng với biến động của khí hậu rõ rệt hơn so với những cây non. Mặt khác, những cây mọc trong những điều kiện địa hình cao và dốc, tầng đất mỏng và khô có phản ứng rất rõ rệt với biến động của các yếu tố khí hậu (Bitvinskis, 1974; Fritts, 1976; Cook, 1987; Nguyễn Văn Thêm, 2010).

Trong nghiên cứu này, những cây mẫu của Du sam và Bạch tùng được chọn để thu thập vòng năm có $D > 80$ cm, còn Đinh tùng có $D > 50$ cm. Vị trí của những cây mẫu nằm cách Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt 20 km (Phụ lục 1). Để loại bỏ

yếu tố đất, những cây mẫu của ba loài cây gỗ này đã được thu thập trong cùng loại đất vàng đỏ phát triển trên đá granit. Để loại bỏ yếu tố địa hình, những cây mẫu của ba loài cây gỗ này đã được thu thập trong cùng cấp địa hình. Theo đó, những cây mẫu của Du sam đã được thu thập độ cao từ 1.000 – 1.400 m, còn Bạch tùng và Đinh ở độ cao từ 1.200 – 1.600 m so với mực nước biển.

Ở khu vực nghiên cứu chỉ bắt gặp 1 cá thể Du sam ($D = 200$ cm; $H = 28$ m) mọc trên đất trồng dưới chân Núi Voi thuộc xã Hiệp An, huyện Đức Trọng. Thời gian Du sam sống trên đất trồng khoảng 34 năm từ 1980 – 2014. Vì thế, đề tài chỉ phân tích ảnh hưởng của điều kiện QXTV và đất trồng đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với khí hậu. Số liệu vòng năm của Du sam mọc trên đất trồng được thu thập từ tài liệu của Nguyễn Văn Nhân (2011).

Sau khi loại bỏ những mẫu gỗ bị hỏng, số lượng cây mẫu được chọn là 8 cây đối với Du sam, 9 cây đối với Bạch tùng và 7 cây đối với Đinh tùng. Ngoài ra, chuỗi bề rộng vòng năm của Du sam mọc trên đất trồng được thu thập trên một cây mẫu có kích thước $D = 200$ cm và $H = 28$ m. Tổng số cây mẫu của ba loài này là 25 cây.

(b) Thu thập vòng năm trên thân cây mẫu. Đối với mỗi cây mẫu, bề rộng vòng năm trên thân được thu thập theo 2 hướng vuông góc với nhau tại vị trí cách mặt đất 120 – 130 cm bằng khoan tăng trưởng Pressler (Hình 2.3).



Hình 2.3. Khoan tăng trưởng Pressler.

Từ bề rộng vòng năm của hai hướng khoan này, xác định bề rộng vòng năm trung bình của cây mẫu. Chuỗi vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng thu thập được tương ứng là 192 năm, 201 năm và 127 năm. Để chống co rút và cong vênh, các mẫu gỗ được bảo quản trong ống plastic (Hình 2.4).



Hình 2.4. Mẫu gỗ được bảo quản trong những ống plastic trước khi xử lý.

2.2.3.3. Thu thập tài liệu khí hậu

Những yếu tố khí hậu (T, M, Rh, N, P, K) của 12 tháng trong năm được thu thập từ năm 1980 đến năm 2014 tại Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt.

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

2.2.4.1. Phân tích đặc trưng của QXTV

Đối với những ô mẫu, kết cấu loài cây gỗ được xác định theo phương pháp của Thái Văn Trùng (1999) (Công thức 2.1); trong đó N%, G% và V% tương ứng là mật độ tương đối, tiết diện ngang thân cây tương đối và thể tích thân cây tương đối của loài. Thể tích thân cây được xác định theo công thức $V = g \cdot H \cdot F$, với $F = 0,45$.

$$IVI\% = (N\% + G\% + V\%)/3 \quad (2.1)$$

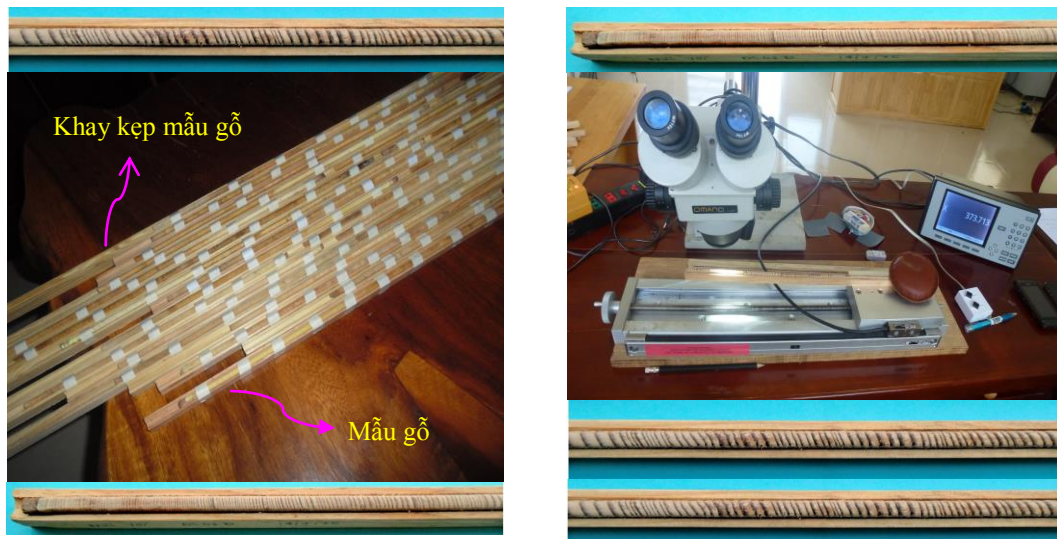
2.2.4.2. Mô tả và phân tích những đặc trưng khí hậu

Chuỗi số liệu khí hậu của khu vực nghiên cứu được tập hợp theo 12 tháng trong năm tương ứng với từng năm lịch. Sau đó xác định những đặc trưng thống kê mô tả đối với từng biến khí hậu (T, M, Rh, N, P, K) theo 12 tháng trong năm và

thời gian nhiều năm. Những đặc trưng thống kê mô tả được tính toán bao gồm giá trị trung bình (\bar{X}), giá trị lớn nhất (Max), giá trị nhỏ nhất (Min), phương sai (S^2), sai lệch chuẩn (S), sai số chuẩn của số trung bình (S_e), hệ số biến động (CV%). Chế độ khô ẩm của khu vực nghiên cứu được xác định theo phương pháp của Thái Văn Trùng (1999); trong đó bao gồm lượng mưa cả năm (M, mm), chỉ số khô hạn (X) và độ ẩm không khí trung bình (Rh,%). Ngoài ra, xây dựng biểu đồ khí hậu Gaussen – Walter để xác định mùa khô và mùa mưa ở khu vực nghiên cứu. Mùa khô và mùa mưa tương ứng là những tháng có tổng lượng mưa nhỏ hơn 100 mm/tháng và lớn hơn 100 mm/tháng. Sau đó tổng hợp và thuyết minh những đặc trưng khí hậu của khu vực nghiên cứu.

2.2.4.3. Xử lý mẫu gỗ và đo đặc bề rộng vòng năm

Trước khi đo đặc bề rộng các vòng năm, các mẫu gỗ được cố định vào khay kẹp gỗ (Hình 2.5) và xử lý bằng giấy nhám mịn. Sau đó xác định các vòng năm tương ứng với các năm lịch, bắt đầu từ vòng năm ngoài cùng gần nhất với năm thu mẫu vòng năm.



Hình 2.5. Khay kẹp mẫu gỗ và máy đo đặc vòng năm.

Mỗi bề rộng vòng năm được đo đặc lặp lại 3 lần bằng kính hiển vi với sự trợ giúp của phần mềm máy tính J₂X. Các bề rộng vòng năm được đo đặc với độ chính xác 0,001 mm. Kết quả của ba lần đo đặc được lấy trung bình. Để nhận được kết

quả nghiên cứu đáng tin cậy, một số vòng năm ở trung tâm lõi gỗ và vòng năm tiếp giáp với vỏ trên thân đã được loại bỏ. Những vòng năm này được loại bỏ là vì chúng phát triển chưa hoàn chỉnh hoặc bị biến dạng do ảnh hưởng của khoan tăng trưởng.

2.2.4.4. Xây dựng những chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm

Để loại bỏ ảnh hưởng của tuổi cây, bề rộng vòng năm trên những cây mẫu được chuyển thành chỉ số bề rộng vòng năm (Kd). Các chuỗi chỉ số Kd được xác định cho từng cây mẫu bằng cách chia bề rộng vòng năm thực tế cho giá trị bề rộng vòng năm được tính trung bình di động 3 năm với bước nhảy 1 năm (Công thức 2.2). Ở công thức 2.2, Kd_A là chỉ số bề rộng vòng năm ở năm A; Zr_A là bề rộng vòng năm của năm A; Zr_{A-1} và Zr_{A+1} tương ứng là bề rộng vòng năm của năm A - 1 và A + 1.

$$Kd_A = Zr_A / [(Zr_{A-1} + Zr_A + Zr_{A+1}) / 3] \quad (2.2)$$

Chu kỳ tăng trưởng bề rộng vòng năm được xác định bằng cách tính chỉ số bề rộng vòng năm theo trung bình di động 13 năm (Kd^0) với trọng số thay đổi từ - 0,0003 đến 0,7744.

2.2.4.5. Xây dựng những chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa

Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa đối với mỗi loài cây gỗ là chuỗi chỉ số Kd trung bình được tính từ những chỉ số Kd trên những cây mẫu. Những tính toán này nhằm loại bỏ những yếu tố nhiễu loạn hay ảnh hưởng của những yếu tố môi trường khác như địa hình, đất và QXTV.

Chuỗi bề rộng vòng năm thu được từ những cây mẫu là không đồng đều. Nguyên nhân là vì những cây mẫu có tuổi khác nhau. Trong nghiên cứu này, chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa của Du sam đã được xây dựng từ 6 cây mẫu với tổng số 192 năm (1822 - 2013). Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa của Bạch tùng đã được xây dựng từ 5 cây mẫu với tổng số 201 năm (1813 - 2013). Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa của Đinh tùng đã được xây dựng từ 7 cây mẫu với tổng số 127 năm (1887 - 2013).

Để phân tích ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với khí hậu, những chuỗi chỉ số Kd

chuẩn hóa của ba loài cây gỗ này đã được xây dựng theo hai cấp độ cao địa hình khác nhau (1.000 - 1.200 m và 1.200 - 1.400 m đối với Du sam; 1.200 - 1.400 m và 1.400 - 1.600 m đối với Bạch tùng và Đinh tùng). Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa đối với Du sam ở mỗi cấp độ cao địa hình đã được xây dựng từ 3 cây mẫu. Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa đối với Bạch tùng ở cấp độ cao địa hình 1.200 - 1.400 m và 1.400 - 1.600 m đã được xây dựng tương ứng từ 2 và 3 cây mẫu. Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa đối với Đinh tùng ở cấp độ cao địa hình 1.200 - 1.400 m và 1.400 - 1.600 m đã được xây dựng tương ứng từ 4 và 3 cây mẫu. Để phân tích ảnh hưởng của điều kiện QXTV và đất trồng đến mối quan hệ giữa Du sam với khí hậu, những chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa đã được tập hợp theo điều kiện QXTV (6 cây mẫu) và đất trồng (1 cây mẫu).

2.2.4.6. Xác định đặc điểm của những chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm

Mức độ tập trung và phân tán của những chỉ số Kd chuẩn hóa đối với mỗi loài cây gỗ được phân tích thông qua những đặc trưng thống kê mô tả: giá trị trung bình (m_x); phạm vi biến động ($Kd_{Max} - Kd_{Min}$), phương sai (S^2), sai lệch chuẩn (S), sai số chuẩn của số trung bình (S_e), hệ số biến động ($CV\%$) và hệ số tự tương quan thứ nhất (R^+). Hệ số R^+ là tương quan giữa bề rộng vòng năm của năm hiện tại (A) và bề rộng vòng năm của năm trước đó ($A - 1$). Giá trị R^+ càng lớn thì khuynh hướng biến động bề rộng vòng năm theo tuổi càng lớn. Mức độ phân tán của những chỉ số Kd càng lớn thì phản ứng của ba loài cây gỗ này với khí hậu càng rõ rệt.

Căn cứ vào phạm vi biến động đối với chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đã được phân chia thành 3 cấp: tốt, trung bình và kém. Sai số đo đạc trong lâm học và điều tra rừng thường cho phép nhỏ hơn 5%. Vì thế, ba cấp tăng trưởng tốt, trung bình và xấu tương ứng với chỉ số $Kd > 1,05$, $Kd = 0,95 - 1,05$ và $Kd < 0,95$. Sau đó thống kê số năm và năm lịch xuất hiện ba cấp tăng trưởng về bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này.

2.2.4.7. Xác định tín hiệu khí hậu trong những chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa

Những tín hiệu khí hậu trong các chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa được xác định thông qua tính nhạy cảm (mS_x), tín hiệu quần thể (EPS) và tỷ lệ giữa những tín hiệu khí hậu với tín hiệu nhiễu loạn (SNR). Ba thành phần mS_x , EPS và SNR được xác định tương ứng theo công thức 2.3 – 2.5 (Fritts, 1971; Briffa, 1984, 1987; Briffa và Jones, 1990). Ở công thức 2.3, Kd_A và Kd_{A+1} tương ứng là chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của năm A và A + 1; n là số niên đại vòng năm; dấu gạch đứng biểu thị giá trị tuyệt đối. Ở công thức 2.4 và 2.5, r_m là hệ số tương quan trung bình giữa những chuỗi chỉ số Kd_A với chuỗi chỉ số Kd_A chuẩn hóa của mỗi loài; n là số chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của mỗi loài.

$$mS_x = (1/n) * \sum |2(Kd_{A+1} - Kd_A) / (Kd_{A+1} + Kd_A)| \quad (2.3)$$

$$EPS = (n * r_m) / (1 + (n - 1) * r_m) \quad (2.4)$$

$$SNR = (n * r_m) / (1 - r_m) \quad (2.5)$$

Giá trị mS_x thay đổi từ 0 – 2 (Fritts, 1971). Nếu cây gỗ phản ứng không rõ rệt với sự thay đổi của khí hậu, thì mS_x nhận giá trị gần bằng không. Ngược lại, khi cây gỗ phản ứng rõ rệt với sự thay đổi của khí hậu, thì mS_x sẽ nhận giá trị lớn. Khi hai thành phần r_m và EPS nhận giá trị cao, thì phản ứng của những cá thể trong cùng loài với sự thay đổi khí hậu là tương đồng với nhau. Giá trị SNR càng nhỏ thì tín hiệu khí hậu biểu hiện càng rõ rệt trong chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm.

2.2.4.8. Xác định phản ứng tương đồng trong tăng trưởng của ba loài cây gỗ

Nhịp điệu tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng không chỉ được phân tích theo hệ số tương quan hạng (r_s), mà còn theo những đặc trưng thống kê mô tả và những tín hiệu khí hậu (mS_x , r_m , EPS và SNR) trong những chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm. Khi hệ số r_s giữa từng cặp loài tồn tại, thì hai loài có nhịp điệu tăng trưởng tương đồng với nhau.

2.2.4.9. Phân tích phản ứng của ba loài cây gỗ với những yếu tố khí hậu

Phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với 6 yếu tố khí hậu (T, M, Rh, N, P, K) đã được phân tích theo trình tự ba bước.

(1) Xác định các chỉ số khí hậu. Các biến khí hậu (T, M, Rh, N, P, K) của 12 tháng trong năm đã được chuyển thành các chỉ số khí hậu bằng cách chia mỗi yếu tố khí hậu thực tế cho giá trị trung bình di động 3 năm với bước nhảy 1 năm. Hệ số thủy nhiệt (K) của từng tháng trong năm được xác định theo phương pháp của Xelianhicov (Vương Văn Quỳnh và Trần Tuyết Hằng, 1996) (Công thức 2.6); trong đó M là tổng lượng mưa trong tháng (M, mm), T là tổng nhiệt độ trong tháng ($T^{\circ}\text{C}$).

$$K = M/(0,01*T) \quad (2.6)$$

(2) Xác định mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với những yếu tố khí hậu. Những tính toán ở phần này nhằm làm rõ hai câu hỏi chính: (a) Ba loài cây gỗ này tăng trưởng mạnh và tăng trưởng kém vào những năm nào? (b) Khuynh hướng và cường độ của mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với biến động của những yếu tố khí hậu của những tháng trong năm như thế nào?

Vấn đề thứ nhất được giải quyết bằng cách thống kê những năm lịch xuất hiện tăng trưởng mạnh và tăng trưởng kém về bề rộng vòng năm đối với ba loài cây gỗ này. Vấn đề thứ hai được giải quyết bằng phương pháp phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của ba loài cây gỗ này với các yếu tố khí hậu (T, M, Rh, N, P và K) của các tháng trong năm. Khi hệ số tương quan nhận giá trị dương, thì sự gia tăng của các yếu tố khí hậu là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Trái lại, khi hệ số tương quan nhận giá trị âm, thì sự gia tăng của các yếu tố khí hậu là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này.

Tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ chịu ảnh hưởng không chỉ bởi những yếu tố khí hậu của những tháng hiện tại, mà còn cả những tháng trước đó. Vì thế, phản hồi của ba loài cây gỗ này với sáu yếu tố khí hậu (T, M, Rh, N, P, K) không chỉ được phân tích thông qua 12 tháng trong năm, mà còn tập hợp nhiều tháng trong năm. Tập hợp nhiều tháng trong năm được phân tích bao gồm những tháng mùa khô (tháng 1 - 4); những tháng mùa mưa (tháng 5 - 10); những tháng

cuối mùa mưa đến đầu mùa khô (tháng 11 - 12) và những tháng cuối mùa mưa năm trước đến giữa mùa khô năm sau (tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau). Sở dĩ phân tích ảnh hưởng của điều kiện thời tiết ở những thời kỳ này là vì chúng có ảnh hưởng lớn đến hoạt động sống của cây gỗ. Từ ma trận tương quan, xây dựng bảng và biểu đồ để phân tích so sánh khuynh hướng (quan hệ âm, quan hệ dương) và cường độ (độ lớn của hệ số tương quan r) của mỗi quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với những yếu tố khí hậu.

(3) Xác định vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Vai trò của những yếu tố khí hậu không chỉ được đánh giá thông qua dấu (dương, âm), mà còn cả độ lớn của các hệ số tương quan giữa chỉ số K_d của ba loài cây gỗ này với các yếu tố khí hậu. Vai trò của những yếu tố khí hậu không chỉ được xác định theo từng yếu tố khí hậu nhất định (T, M, Rh, N, P, K), mà còn theo tổ hợp của nhiều yếu tố khí hậu khác nhau. Những yếu tố khí hậu của những tháng trong năm có quan hệ với nhau (cộng tuyến tính). Chẳng hạn biến động nhiệt độ không khí của tháng trước có ảnh hưởng đến biến động nhiệt độ không khí của tháng sau. Mưa nhiều làm giảm nhiệt độ không khí. Nắng nhiều làm gia tăng nhiệt độ không khí, lượng nước bốc hơi và thoát hơi nước ở thực vật... Vì thế, phương pháp hàm phản hồi đa tuyến tính từng bước đã được sử dụng để xác định vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Hàm phản hồi giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm với mỗi yếu tố khí hậu nhất định có dạng như hàm (2.7). Ở hàm (2.7), Y_j ($j =$ loài cây gỗ) là chỉ số K_d , x là yếu tố khí hậu ($x = T, M, Rh, N, P, K$), $i = 1 - n$ năm; b_k là hệ số hồi quy tương ứng với các biến khí hậu; k là tháng trong năm. Hàm (2.9) chỉ được xây dựng đối với những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng rõ rệt ($P < 0,05$) đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này.

$$Y_j = b_0 + b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_kx_{ik} \quad (2.7)$$

Yếu tố khí hậu đóng vai trò lớn nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này là yếu tố có hệ số hồi quy chuẩn hóa (HSHQ) lớn nhất.

Những yếu tố khí hậu mà HSHQ theo thứ tự giảm dần cho biết mức độ giảm dần vai trò của chúng đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này.

Sinh trưởng của cây gỗ chịu ảnh hưởng tổng hợp của nhiều yếu tố khí hậu khác nhau. Nếu xây dựng hàm phản hồi với nhiều biến khí hậu, thì hàm phản hồi sẽ rất phức tạp. Trong lâm học, người ta chỉ xác định và kiểm soát những yếu tố sinh thái chủ đạo. Vì thế, để làm giảm tính phức tạp trong phân tích hàm phản hồi, từ hàm (2.7), chọn mỗi yếu tố khí hậu của hai tháng đóng vai trò lớn nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này để xây dựng hàm phản hồi với nhiều biến khí hậu khác nhau (Hàm 2.8). Ở hàm (2.8), Y_j ($j =$ loài cây gỗ) là chỉ số Kd; x_{i1} và x_{i2} , y_{i1} và y_{i2}, \dots , z_{i1} và z_{i2} ($i = 1 - n$ năm) là những yếu tố khí hậu của 2 tháng đóng vai trò lớn nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này; b_k là hệ số hồi quy tương ứng với các biến khí hậu; k là tháng trong năm.

$$Y_j = b_0 + b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + b_3y_{i1} + b_4y_{i2} + \dots + b_{k-1}z_{i1} + b_kz_{i2} \quad (2.8)$$

Từ hàm (2.8), xác định những yếu tố khí hậu kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Các bước phân tích hồi quy và tương quan đa biến từng bước được thực hiện theo những chỉ dẫn chung của thống kê toán học (Kleinbaun và ctv, 1998; Nguyễn Văn Thêm, 2004, 2010).

2.2.4.10. Xác định phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng trong những điều kiện môi trường khác nhau đối với các yếu tố khí hậu

Phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với khí hậu có thể thay đổi tùy theo những yếu tố phi khí hậu. Trong nghiên cứu này, những yếu tố phi khí hậu được phân tích bao gồm độ cao địa hình, điều kiện QXTV và đất trồng. Độ cao địa hình được phân chia thành 2 cấp: 1.000 - 1.200 m và 1.200 - 1.400 m đối với Du sam, 1.200 - 1.400 m và 1.400 - 1.600 m đối với Bạch tùng và Đinh tùng. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa ba loài cây gỗ này với biến động của những yếu tố khí hậu được phân tích bằng ma trận tương quan và hàm phản hồi tuyến tính đa biến. Ba yếu tố khí hậu được xem xét là T, M và K. Đây là những yếu tố khí hậu đóng vai trò quan trọng nhất đối với hoạt động sống của cây gỗ và rừng. Nếu ba loài cây gỗ này mọc ở những độ cao khác nhau cùng

phản ứng giống nhau với sự thay đổi của khí hậu, thì khí hậu là yếu tố kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Trái lại, nếu ba loài cây gỗ này sống ở những độ cao khác nhau phản ứng không giống nhau với sự thay đổi của khí hậu, thì sự thay đổi độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa ba loài cây gỗ này với biến động của những yếu tố khí hậu.

Phương pháp ma trận tương quan và hàm phản hồi tuyến tính đa biến cũng được sử dụng để phân tích phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng đối với biến động của những yếu tố khí hậu. Nếu Du sam mọc trong QXTV và trên đất trồng cùng phản ứng giống nhau với sự thay đổi của khí hậu, thì khí hậu là yếu tố kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, nếu Du sam mọc trong QXTV và trên đất trồng phản ứng không giống nhau với sự thay đổi của khí hậu, thì điều kiện QXTV và đất trồng đã chi phối đến mối quan hệ giữa Du sam với những yếu tố khí hậu.

2.2.4.11. Xây dựng hàm dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm

Mức độ tăng trưởng (tốt, bình thường, xấu) bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này được đánh giá thông qua độ lớn của các chỉ số bề rộng vòng năm. Các chỉ số Kd_j ($j =$ Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng) có thể được dự đoán bằng các hàm tuyến tính đa biến; trong đó các biến dự đoán là các yếu tố khí hậu (T, M, Rh, N, P, K) của các tháng trong năm. Tuy vậy, hàm tăng trưởng bề rộng vòng năm với nhiều biến dự đoán là hàm rất phức tạp. Để hạn chế tính phức tạp này, những hàm dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này chỉ được xây dựng từ ba biến khí hậu có ảnh hưởng lớn nhất. Ba biến dự đoán này được xác định từ những kiểm định thống kê ở Mục 2.3.4.9. Hàm dự đoán chỉ số Kd_j ($j =$ Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng) theo ba biến khí hậu ($x_i, y_i, z_i; k =$ tháng, $i = 1 - n$ năm) có dạng chung như hàm (2.9).

$$Kd_j = b_0 + b_1x_{ik} + b_2y_{ik} + b_3z_{ik} \quad (2.9)$$

Sau đó sử dụng hàm (2.9) để phân chia ba cấp điều kiện thời tiết thuận lợi và khó khăn đối với sinh trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Điều kiện thời tiết được phân chia thành 3 cấp: tốt, bình thường và xấu. Điều kiện thời tiết tốt

(Cấp I) là điều kiện thời tiết đảm bảo cho ba loài cây gỗ này sinh trưởng tốt, tương ứng với chỉ số $K_d > 1,05$. Điều kiện thời tiết bình thường (Cấp II) là điều kiện thời tiết đảm bảo cho ba loài cây gỗ này sinh trưởng bình thường, tương ứng với chỉ số $K_d = 0,95 - 1,05$. Điều kiện thời tiết xấu (Cấp III) là điều kiện thời tiết gây ức chế cho sinh trưởng của ba loài cây gỗ này, tương ứng với chỉ số $K_d < 0,95$.

Mỗi yếu tố khí hậu tương ứng với ba cấp điều kiện thời tiết (I, II và III) được cho điểm tương ứng là 3, 2 và 1. Khi ba yếu tố khí hậu đều thuận lợi, bình thường và xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này, thì tổng điểm số của điều kiện thời tiết tương ứng là 9, 6 và 3. Bởi vì những yếu tố khí hậu ảnh hưởng khác nhau đối với sinh trưởng của ba loài cây gỗ này, nên cấp điều kiện thời tiết được đánh giá theo điểm số trung bình của ba yếu tố khí hậu.

Để dễ dàng cho việc đánh giá điều kiện thời tiết thuận lợi hay khó khăn đối với sinh trưởng của ba loài cây gỗ này, ba biến khí hậu (x, y, z) đã được chuyển thành các chỉ số khí hậu tổng hợp hay chỉ số phức tạp về khí hậu (X). Chỉ số X tương ứng với từng năm được đánh giá bằng điểm số. Điểm số của chỉ số X là một số bằng tích số của ba biến khí hậu ($X = x*y*z$). Sau đó xây dựng ba hàm dự đoán chỉ số K_{d_j} đối với ba loài cây gỗ này dưới dạng hàm (2.10). Hình thái của các hàm được kiểm định bằng phương pháp so sánh và chọn hàm thích hợp.

$$K_{d_j} = f(X) \quad (2.10)$$

Căn cứ vào biến động của ba chỉ số K_{d_j} và điểm số đối với chỉ số X , phân chia điều kiện thời tiết thành ba cấp tốt, bình thường và xấu. Đây là cơ sở cho việc dự đoán những năm thuận lợi và không thuận lợi đối với sinh trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

2.2.5. Công cụ xử lý số liệu

Công cụ tính toán là bảng tính Excel, phần mềm thống kê Statgraphics Plus version 4.0 và SPSS 10.0. Bảng tính Excel được sử dụng để tập hợp số liệu và vẽ biểu đồ và đồ thị. Hai phần mềm thống kê Statgraphics Plus version 4.0 và SPSS 10.0 được sử dụng để tính toán những thống kê mô tả và phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm với khí hậu.

Chương 3

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm khí hậu ở khu vực nghiên cứu

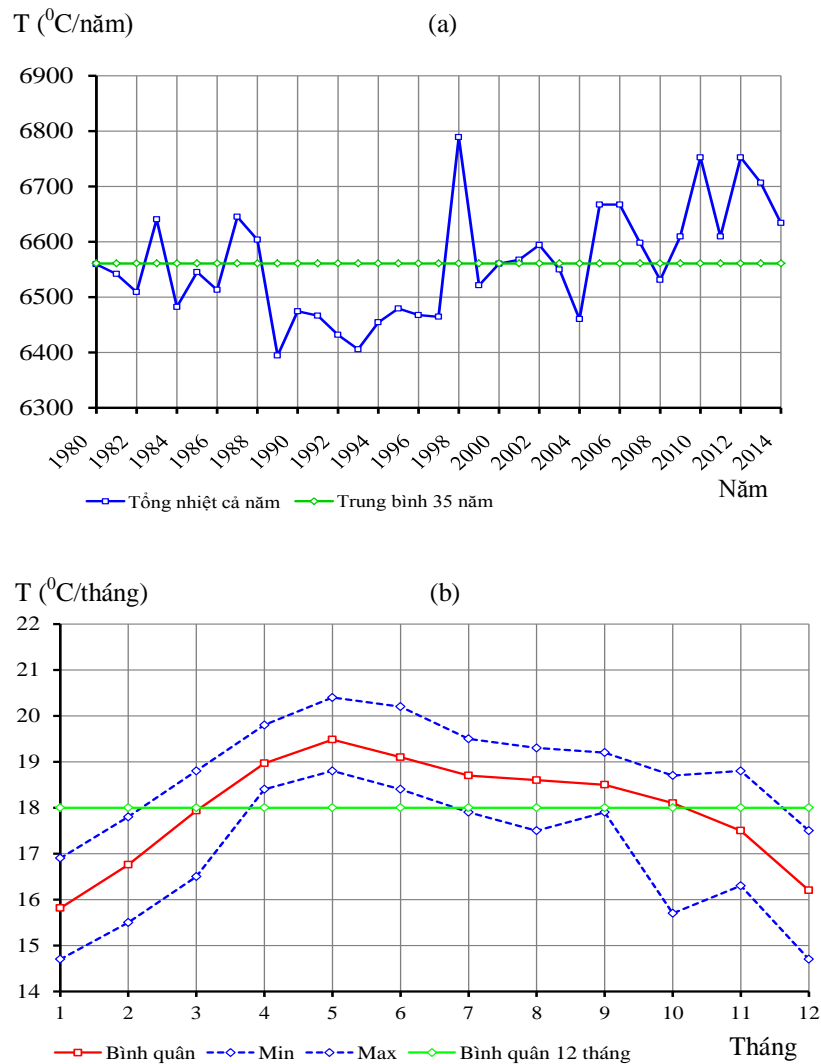
3.1.1. Đặc điểm nhiệt độ không khí

Đặc trưng thống kê nhiệt độ không khí ($T, ^\circ\text{C}$) của 12 tháng trong năm từ 1980 – 2014 ở khu vực nghiên cứu được dẫn ra ở Bảng 3.1 và Hình 3.1.

Bảng 3.1. Đặc trưng thống kê nhiệt độ không khí của 12 tháng trong năm ở khu vực Đức Trọng và Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.

Tháng	T ($^\circ\text{C}$)	$\pm S$	CV(%)	$\pm Se$	T _{Min}	T _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	15,8	0,65	4,1	0,11	14,7	16,9
2	16,8	0,57	3,3	0,10	15,5	17,8
3	17,9	0,49	2,7	0,08	16,5	18,8
4	19,0	0,36	1,9	0,06	18,4	19,8
5	19,5	0,33	1,7	0,06	18,8	20,4
6	19,1	0,41	2,1	0,07	18,4	20,2
7	18,7	0,34	1,8	0,06	17,9	19,5
8	18,6	0,39	2,1	0,07	17,5	19,3
9	18,5	0,28	1,5	0,05	17,9	19,2
10	18,1	0,54	3,0	0,09	15,7	18,7
11	17,5	0,59	3,4	0,1	16,3	18,8
12	16,2	0,59	3,7	0,10	14,7	17,5
Bình quân	18,0	0,46	2,6	0,08	16,9	18,9
Cả năm	6.561	100,4	1,5	16,9	6.394	6.789

Nguồn: Tính toán từ số liệu của Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt



Hình 3.1. Biểu đồ biểu diễn tổng nhiệt độ cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Từ số liệu ở Bảng 3.1 và Hình 3.1 cho thấy, nhiệt độ không khí bình quân tháng trong năm là $18,0^{\circ}\text{C}$, thấp nhất vào tháng 1 ($15,8^{\circ}\text{C}$) và cao nhất vào tháng 5 ($19,5^{\circ}\text{C}$). Trong 1 năm, nhiệt độ không khí gia tăng dần từ tháng 1 ($15,8^{\circ}\text{C}$) và đạt cao nhất vào tháng 5 ($19,5^{\circ}\text{C}$); sau đó giảm dần đến tháng 12 ($16,2^{\circ}\text{C}$). Chênh lệch nhiệt độ không khí cao nhất và thấp nhất giữa các tháng trong năm là $3,7^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ không khí bình quân tháng cao nhất là $18,9^{\circ}\text{C}$, dao động từ $16,9^{\circ}\text{C}$ (tháng 1) đến $20,4^{\circ}\text{C}$ (tháng 5). Nhiệt độ không khí bình quân tháng thấp nhất là $16,9^{\circ}\text{C}$, dao

động từ $14,7^{\circ}\text{C}$ (tháng 1) đến $18,4^{\circ}\text{C}$ (tháng 5). Tổng nhiệt độ bình quân cả năm là 6.561°C , thấp nhất và cao nhất tương ứng xuất hiện vào năm 1989 (6.394°C) và 1998 (6.789°C). Tổng nhiệt độ không khí bình quân của 9 năm liên tiếp từ 1989 đến 1997 ($6.448,7^{\circ}\text{C}$) thấp hơn so với bình quân 35 năm (6.537°C). Mặc khác, tổng nhiệt độ không khí có khuynh hướng gia tăng từ năm 2004 ($6.460,2^{\circ}\text{C}$) đến năm 2014 ($6.633,9^{\circ}\text{C}$). Trong 1 năm có 4 tháng xuất hiện nhiệt độ không khí nhỏ hơn so với nhiệt độ không khí bình quân năm. Đó là tháng 11 và 12 năm trước (tương ứng $17,5$ và $16,2^{\circ}\text{C}$), tháng 1 và 2 năm sau (tương ứng $15,8$ và $16,8^{\circ}\text{C}$). Nói chung, khu vực Đà Lạt có nền nhiệt thấp (6.537°C). Biến động nhiệt độ không khí bình quân giữa các năm rất nhỏ (1,4%), còn giữa các tháng trong năm dao động từ 1,5% (tháng 9) đến 4,1% (tháng 1).

3.1.2. Đặc điểm mưa

Đặc trưng thống kê lượng mưa (M, mm) của 12 tháng trong năm từ 1980 – 2014 ở khu vực nghiên cứu được dẫn ra ở Bảng 3.2 và Hình 3.2. Từ đó cho thấy, tổng lượng mưa bình quân là 1.823 mm/năm, cao nhất rơi vào năm 2000 (2.357 mm/năm), thấp nhất rơi vào năm 1981 (1.354 mm/năm). Lượng mưa bình quân 12 tháng là 151,9 mm; cao nhất là 325,6 mm và thấp nhất là 35,9 mm. Chênh lệch lượng mưa cao nhất và thấp nhất giữa các tháng trong năm là 286,6 mm. Trong 1 năm, lượng mưa bình quân tháng gia tăng dần từ tháng 1 (8,9 mm) và đạt cao nhất vào tháng 9 (277,5 mm); sau đó giảm dần đến tháng 12 (32,0 mm). Biến động lượng mưa bình quân tháng giữa các năm rất lớn, từ 34,7% (tháng 7) đến 161,6% (tháng 1). Trong 35 năm từ 1980 đến 2014, có 16 năm (1981 – 1984, 1987 – 1988, 1991 – 1994, 2001- 2008, 2011) xuất hiện tổng lượng mưa cả năm nhỏ hơn so với giá trị bình quân năm. Ngoài ra, trong 1 năm có 5 tháng (1, 2, 3, 11 và 12) xuất hiện lượng mưa thấp hơn so với lượng mưa bình quân 12 tháng trong năm. Khu vực Đà Lạt có chỉ số khô hạn là 3.2.0 (3 tháng khô với $M < 50,0$ mm, 2 tháng hạn với $M < 25,0$ mm, không có tháng kiệt). Hai tháng hạn xuất hiện vào tháng 1 (8,9 mm) và tháng 2 (19,7 mm).

Bảng 3.2. Đặc trưng thống kê lượng mưa của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.

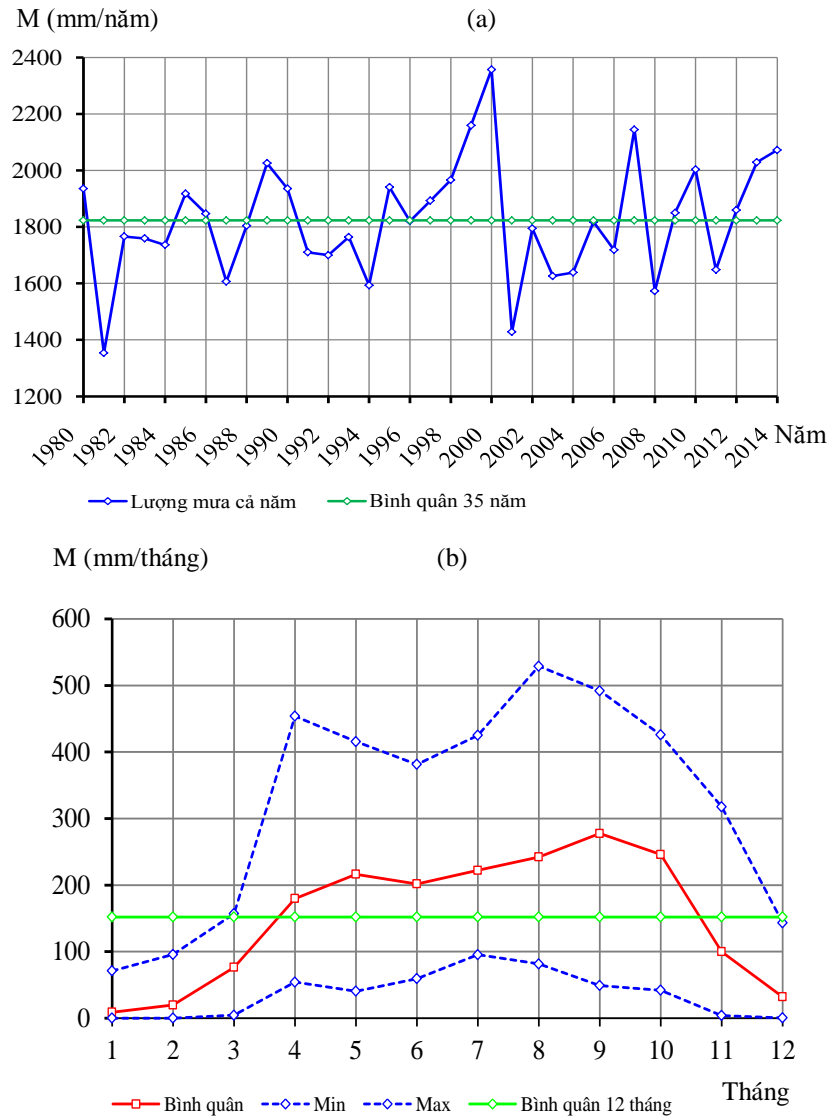
Tháng	M (mm)	$\pm S$	CV(%)	$\pm Se$	M _{Min}	M _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	8,9	14,4	161,1	2,4	0	71,0
2	19,7	27,3	138,4	4,6	0	95,7
3	76,4	48,5	63,5	8,2	4,5	157,0
4	179,7	98,2	54,7	16,6	54,3	453,8
5	216,2	85,8	39,7	14,5	40,5	415,7
6	201,7	72,4	35,8	12,2	59,3	381,4
7	222,2	77,1	34,7	13,0	95,4	425,0
8	242,2	105,4	43,5	17,8	81,5	528,8
9	277,5	102,3	36,8	17,3	49,1	491,9
10	245,9	87,1	35,4	14,7	42,0	425,7
11	99,8	74,5	74,6	12,6	3,9	317,6
12	32,0	36,4	113,8	6,2	0,4	143,4
Bình quân	151,9	69,12	69,3	11,68	35,9	325,6
Cả năm	1.823	206,9	11,3	34,9	1.354	2.357

Nguồn: Tính toán từ số liệu của Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt

3.1.3. Đặc điểm độ ẩm không khí

Phân tích đặc trưng thống kê độ ẩm không khí (Rh,%) của 12 tháng trong năm (Bảng 3.3 và Hình 3.3) cho thấy, độ ẩm không khí bình quân 35 năm từ 1980 – 2014 là 84,0%, cao nhất rơi vào năm 1989 (88%), thấp nhất là năm 2014 (80%). Độ ẩm không khí bình quân thấp nhất là 69%/tháng; cao nhất là 94%/tháng. Biên độ dao động giữa các tháng trong năm là 17%. Trong 1 năm, độ ẩm không khí gia tăng dần từ tháng 2 (74%) và đạt cao nhất vào tháng 8 (91%); bình quân 12 tháng là 84%. Biến động độ ẩm không khí giữa các tháng trong năm là 6,5%, dao động từ 3,3% (tháng 8) đến 13,6% (tháng 2). Biến động độ ẩm không khí giữa các năm rất

nhỏ (2,4%). Trong 1 năm có 5 tháng (1, 2, 3, 4 và 12) xuất hiện độ ẩm không khí thấp hơn so với giá trị bình quân 12 tháng trong năm.



Hình 3.2. Biểu đồ biểu diễn tổng lượng mưa cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Bảng 3.3. Đặc trưng thống kê độ ẩm không khí của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.

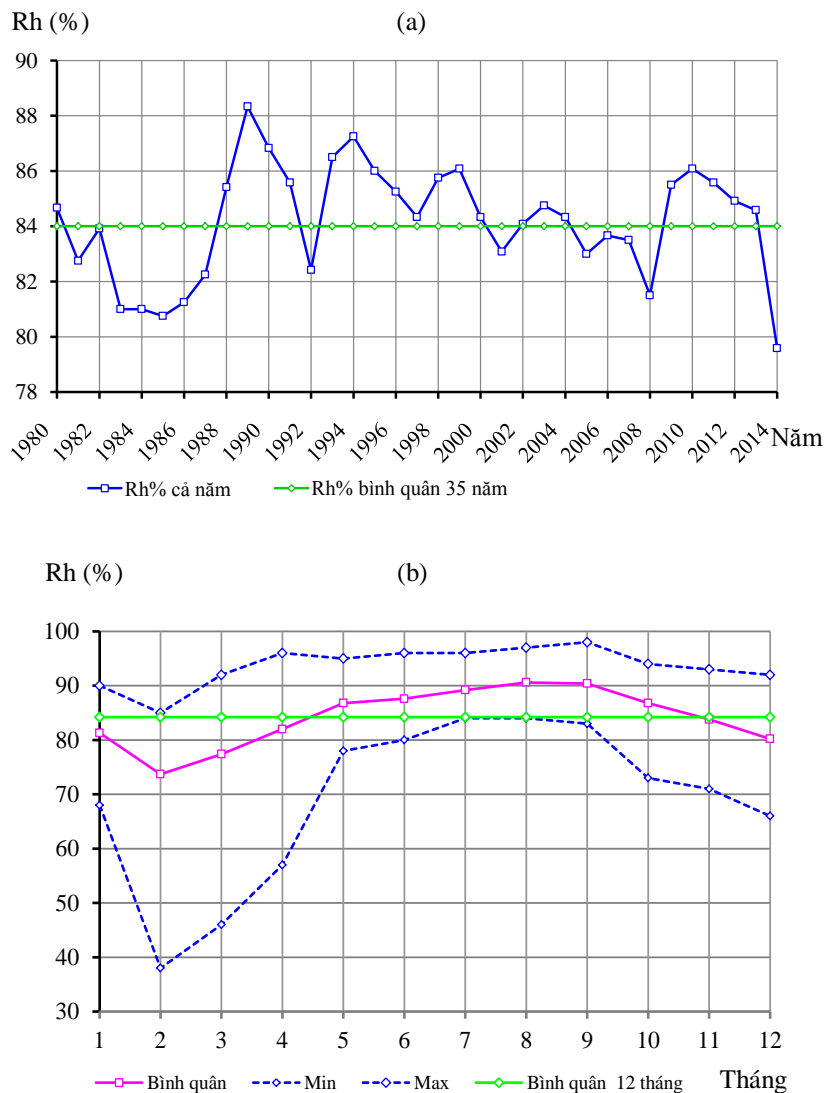
Tháng	Rh (%)	$\pm S$	CV(%)	$\pm Se$	R _{Min}	R _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	81	5,0	6,2	0,85	68	90
2	74	10	13,6	1,69	38	85
3	77	9,4	12,1	1,59	46	92
4	82	7,5	9,1	1,26	57	96
5	87	3,7	4,3	0,63	78	95
6	88	3,2	3,7	0,55	80	96
7	89	3,1	3,5	0,52	84	96
8	91	2,9	3,3	0,5	84	97
9	90	3,9	4,4	0,67	83	98
10	87	5,1	5,9	0,86	73	94
11	84	4,8	5,7	0,81	71	93
12	80	4,8	5,9	0,81	66	92
Bình quân	84	5,3	6,5	0,90	69	94
Cả năm	84	2,0	2,4	0,34	80	88

Nguồn: Tính toán từ số liệu của Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt

3.1.4. Đặc điểm số giờ nắng

Thống kê số giờ nắng (N, giờ) của 12 tháng trong năm từ 1980 – 2014 (Bảng 3.4 và Hình 3.4) cho thấy, tổng số giờ nắng bình quân là 2.169 giờ/năm, cao nhất rơi vào năm 1985 (2.507 giờ), thấp nhất rơi vào năm 2011 (1.898 giờ). Số giờ nắng bình quân tháng là 181 giờ, cao nhất vào tháng 3 (237 giờ), thấp nhất vào tháng 9 (125 giờ). Số giờ nắng bình quân cao nhất là 254 giờ/tháng; thấp nhất là 107 giờ/tháng. Chênh lệch số giờ nắng giữa tháng nhiều nắng (tháng 7 = 237 giờ) và tháng ít nắng (tháng 9 = 125 giờ) là 112 giờ. Biên động số giờ nắng cao nhất vào tháng 12 (27,3%), thấp nhất vào tháng 2 (9,6%). Trong số 35 năm từ 1980 đến 2014, có 16 năm (1994, 1997 - 2001, 2003, 2005 - 2007, 2009 - 2014) xuất hiện tổng số giờ nắng cả năm nhỏ hơn so với giá trị bình quân. Trong 1 năm có 6 tháng

liên tiếp từ tháng 6 – 11 xuất hiện số giờ nắng nhỏ hơn so với bình quân 12 tháng trong năm. Mặt khác, tổng số giờ nắng có khuynh hướng giảm rõ rệt (khoảng 15,9%) từ năm 1985 (2.507 giờ) đến năm 2014 (2.109 giờ).



Hình 3.3. Biểu đồ biểu diễn độ ẩm không khí cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Nói chung, mỗi tháng ở khu vực Đà Lạt có 181 giờ nắng, bình quân 6 giờ nắng/ngày. Những tháng có nhiều mưa (tháng 5 - 11) thì số giờ nắng thấp. Biến động số giờ nắng giữa các năm rất nhỏ (6,8%). Số giờ nắng của những tháng khô (tháng 1 – 4) có biến động nhỏ hơn so với những tháng mưa (tháng 6 - 12).

Bảng 3.4. Đặc trưng thống kê số giờ nắng của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.

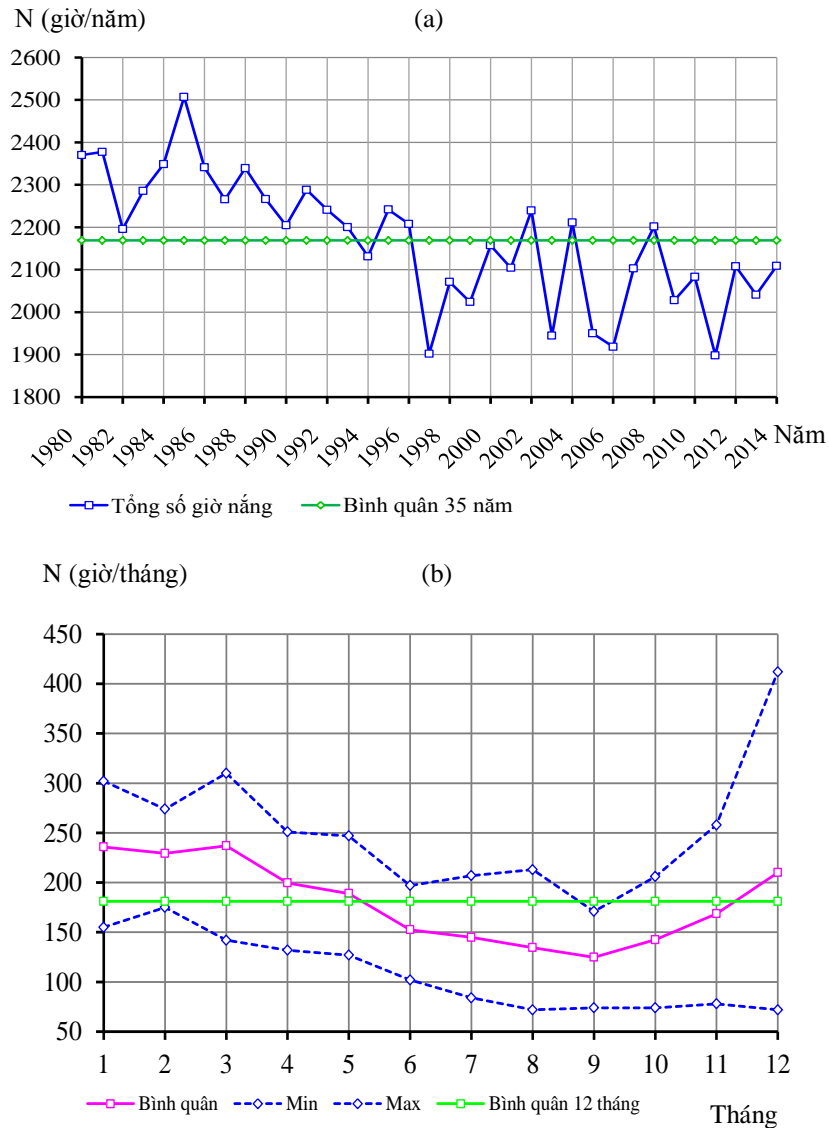
Tháng	N (giờ)	$\pm S$	CV(%)	$\pm Se$	N _{Min}	N _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	236	39	16,5	6,6	155	302
2	229	22	9,6	3,7	175	274
3	237	33	14,1	5,7	142	310
4	200	27	13,5	4,5	132	251
5	189	25	13,3	4,2	127	247
6	153	27	17,5	4,5	102	197
7	145	28	19,1	4,7	84	207
8	135	32	23,5	5,3	72	213
9	125	29	22,9	4,8	74	171
10	143	32	22,2	5,3	74	206
11	169	44	26,0	7,4	78	258
12	210	57	27,3	9,7	72	412
Bình quân	181	33	18,8	5,53	107	254
Cả năm	2.169	149,1	6,8	25,2	1.898	2.507

Nguồn: Tính toán từ số liệu của Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt

3.1.5. Đặc điểm hệ số thủy nhiệt

Phân tích hệ số thủy nhiệt (K) trong 35 năm từ năm 1980 – 2014 (Bảng 3.5 và Hình 3.5) cho thấy, hệ số thủy nhiệt bình quân là 2,68; cao nhất vào năm 2000 (3,5), thấp nhất vào năm 1981 (2,0). Hệ số thủy nhiệt bình quân tháng là 2,68, cao nhất vào tháng 9 (4,99), thấp nhất vào tháng 1 (0,18). Biến động hệ số thủy nhiệt cao nhất vào tháng 1 (160,3%), thấp nhất vào tháng 7 và tháng 10 (35,4%). Biến động hệ số thủy nhiệt giữa các năm là 11,3%.

Trong số 35 năm từ 1980 đến 2014, có 14 năm (1981 - 1984, 1987 - 1988, 1991-1994, 1994, 2001-2006, 2008 và 2011) xuất hiện hệ số thủy nhiệt cả năm nhỏ hơn so với giá trị bình quân. Trong 1 năm có 5 tháng (1, 2, 3, 11 và 12) xuất hiện hệ số thủy nhiệt nhỏ hơn so với bình quân 12 tháng trong năm.



Hình 3.4. Biểu đồ biểu diễn số giờ nắng cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Nói chung, hệ số thủy nhiệt ở khu vực Đà Lạt biến động không lớn giữa các năm, nhưng biến động khá lớn giữa các tháng trong năm. Hệ số thủy nhiệt của những tháng mùa mưa (tháng 5 – 10) cao hơn rất nhiều so với những tháng mùa khô (tháng 11 năm trước đến tháng 4 năm sau).

Bảng 3.5. Đặc trưng thống kê hệ số thủy nhiệt của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.

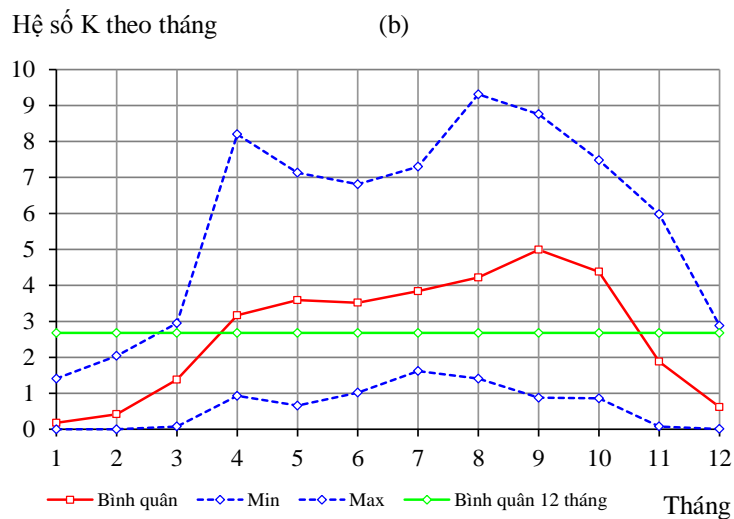
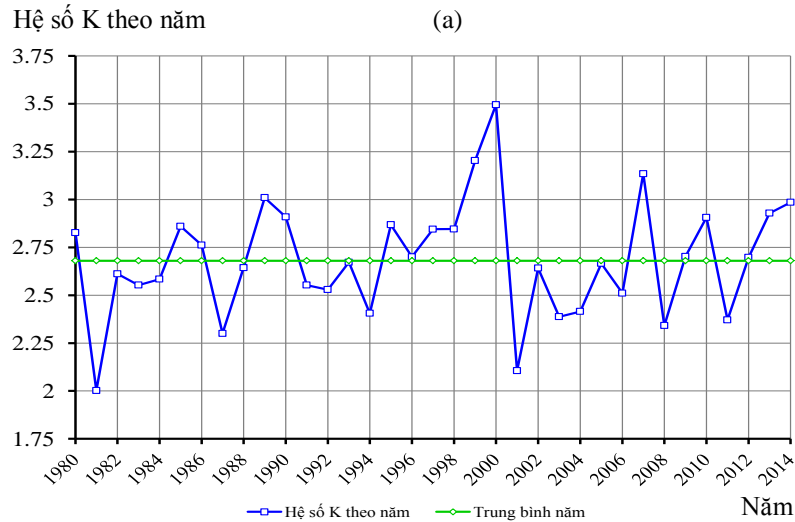
Tháng	K	$\pm S$	CV(%)	$\pm Se$	K_{Min}	K_{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0,18	0,28	160,3	0,05	0	1,41
2	0,42	0,58	138,5	0,09	0	2,04
3	1,38	0,87	63,6	0,15	0,08	2,95
4	3,17	1,75	55,4	0,29	0,93	8,20
5	3,59	1,45	40,4	0,24	0,66	7,13
6	3,52	1,28	36,4	0,22	1,02	6,81
7	3,84	1,36	35,4	0,23	1,62	7,30
8	4,22	1,87	44,3	0,32	1,41	9,31
9	4,99	1,85	36,9	0,31	0,88	8,76
10	4,38	1,55	35,4	0,26	0,86	7,48
11	1,88	1,41	74,5	0,24	0,08	5,98
12	0,62	0,71	113,6	0,12	0,01	2,88
Bình quân	2,68	1,00	69,6	0,21	0,63	5,85
Cả năm	2,68	0,30	11,3	0,05	2,00	3,50

Nguồn: Tính toán từ số liệu của Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt

3.1.6. Đặc điểm lượng nước bốc hơi

Phân tích lượng nước bốc hơi (P , mm) trong 35 năm từ 1980 – 2014 (Bảng 3.6 và Hình 3.6) cho thấy, bình quân là 861,3 mm/năm; trong đó cao nhất rơi vào năm 1981 (1.059 mm/năm), thấp nhất rơi vào năm 2014 (561 mm/năm). Lượng nước bốc hơi bình quân 12 tháng là 71,8 mm; cao nhất là 106,9 mm; thấp nhất là 39,4 mm. Trong 1 năm, lượng nước bốc hơi gia tăng dần từ tháng 1 (97,1 mm) và đạt cao nhất vào tháng 3 (111,2 mm); sau đó giảm dần đến tháng 9 (43,4 mm). Chênh lệch lượng nước bốc hơi cao nhất và thấp nhất giữa các tháng trong năm là 67,8 mm. Biên độ lượng nước bốc hơi bình quân tháng giữa các năm khá lớn, từ 17,3% (tháng 6) đến 30,4% (tháng 4). Trong số 35 năm từ 1980 đến 2014, có 15

năm (1982 – 1990, 1992, 1999 – 2000, 2011- 2014) xuất hiện tổng lượng nước bốc hơi cả năm nhỏ hơn so với giá trị bình quân.



Bảng 3.5. Biểu đồ biểu diễn hệ số thủy nhiệt cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Hiệu quả của mưa đối với thực vật có thể được đánh giá dựa theo tỷ lệ giữa lượng mưa cả năm (M, mm) và lượng nước bốc hơi cả năm (P, mm). Khi tỷ lệ $M/P < 1,0$, thì lượng mưa không đáp ứng đủ nước cho rừng. Tại khu vực Đà Lạt (Bảng 3.7), tỷ lệ M/P từ 1980 đến 2014 là 2,19; dao động từ 1,28 vào năm 1981 đến 3,69 vào năm 2014. Điều đó cho thấy lượng mưa cả năm ở khu vực Đà Lạt đủ cung cấp

nước cho thực vật. Tuy vậy, đối với những tháng mùa khô từ tháng 12 năm trước đến tháng 3 năm sau, tỷ lệ $M/P \leq 0,70$. Vì thế, tình trạng thiếu hụt nước đối với thực vật vẫn có thể xảy ra vào những tháng mùa khô.

Bảng 3.6. Đặc trưng thống kê lượng nước bốc hơi của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.

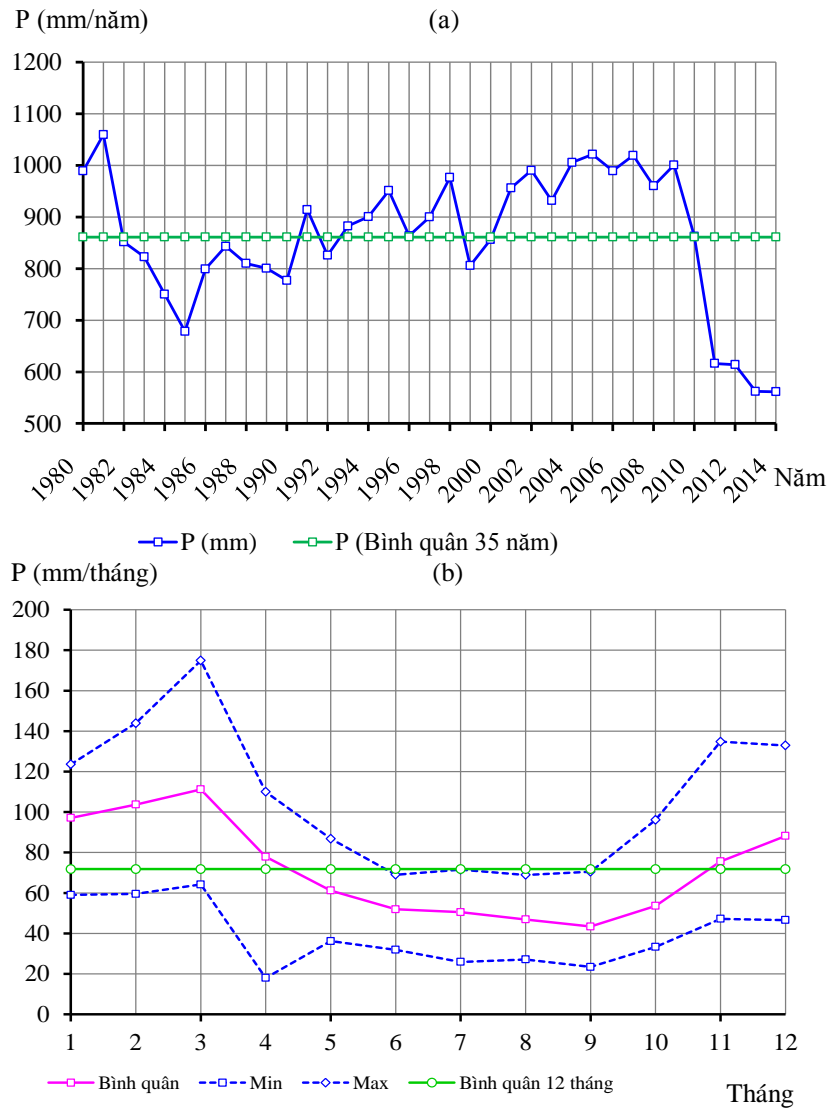
Tháng	$P_{bq}(mm)$	$\pm S$	CV(%)	$\pm Se$	P_{Min}	P_{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	97,1	17,4	17,9	2,9	59	123,6
2	103,7	18,3	17,7	3,1	59,5	143,9
3	111,2	25,3	22,7	4,3	64,2	174,9
4	77,9	23,7	30,4	4,0	18,0	110,0
5	61,2	13,2	21,7	2,2	36,2	86,8
6	51,9	9,0	17,3	1,5	31,9	69,0
7	50,5	10,6	21,0	1,8	25,9	71,5
8	46,9	9,7	20,6	1,64	27,1	68,9
9	43,4	10,2	23,5	1,7	23,4	70,5
10	53,6	11,9	22,3	2,0	33,3	96,1
11	75,6	19,3	25,5	3,3	47,2	134,8
12	88,2	21,5	24,3	3,6	46,6	132,9
Bình quân	71,8	15,8	22,1	2,7	39,4	106,9
Cả năm	861	132,9	15,4	22,5	561,0	1.059

Nguồn: Tính toán từ số liệu của Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt

3.1.7. Nhận định chung về khí hậu ở khu vực Đà Lạt

Khu vực Đà Lạt có tổng nhiệt độ cả năm khoảng $6.561^{\circ}C$; bình quân tháng trong năm là $18,0^{\circ}C$. Lượng mưa bình quân năm là 1.800 mm. Độ ẩm không khí bình quân năm là 84%. Hệ số thủy nhiệt bình quân năm là 2,68. Những năm có nhiệt độ cao thì lượng mưa thấp. Theo phân loại chế độ khô ẩm ở Việt Nam của Thái văn Trùng (1999), khí hậu ở khu vực Đà Lạt thuộc cấp II (hoi ẩm): 3 tháng

khô (tháng 12 năm trước đến tháng 2 năm sau), 2 tháng hạn (tháng 1 và 2) và không có tháng kiệt (Hình 3.7). Nói chung, lượng mưa cả năm ở khu vực Đà Lạt đủ cung cấp nước cho thực vật. Tuy vậy, tình trạng thiếu hụt nước đối với thực vật vẫn có thể xảy ra ở những tháng về mùa khô.

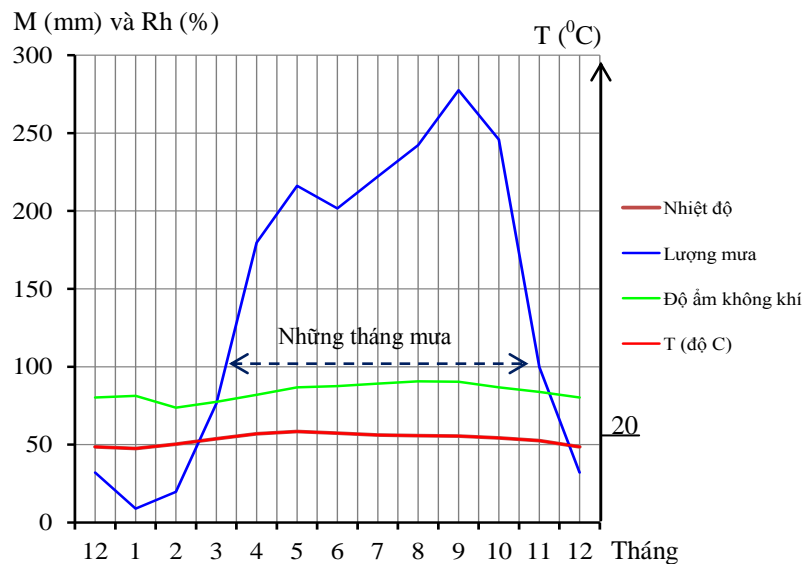


Hình 3.6. Biểu đồ biểu diễn tổng lượng nước bốc hơi cả năm (a) và bình quân tháng trong năm (b) ở khu vực Đà Lạt thuộc tỉnh Lâm Đồng.

Bảng 3.7. Tỷ lệ giữa lượng mưa (M, mm) và lượng nước bốc hơi (P, mm) của 12 tháng trong năm ở khu vực Đà Lạt. Số liệu thống kê 35 năm từ 1980 – 2014.

Tháng	Lượng mưa (M, mm)	Lượng nước bốc hơi (P, mm)	M/P
(1)	(2)	(3)	(4)
1	8,9	97,1	0,09
2	19,7	103,7	0,19
3	76,4	111,2	0,69
4	179,7	77,9	2,31
5	216,2	61,2	3,53
6	201,7	51,9	3,89
7	222,2	50,5	4,40
8	242,2	46,9	5,16
9	277,5	43,4	6,39
10	245,9	53,6	4,59
11	99,8	75,6	1,32
12	32,0	88,2	0,36
Cả năm	151,9	71,8	2,74

Nguồn: Tính toán từ số liệu của Trạm khí tượng thủy văn Đà Lạt



Hình 3.7. Biểu đồ khí hậu Gausson-Walter ở khu vực Đức Trọng-Đà Lạt.

3.2. Đặc điểm bề rộng vòng năm và chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

3.2.1. Đặc điểm chung của những quần xã thực vật rừng

Chuỗi bề rộng vòng năm của Du sam được thu thập trong những quần thụ bao gồm 23 loài cây gỗ; trong đó Du sam là loài cây gỗ đồng ưu thế (IVI = 23,8%). Mật độ quần thụ là 665 cây/ha, tiết diện ngang và trữ lượng gỗ tương ứng là 51,7 m²/ha và 481,8 m³/ha (Phụ lục 2.1). Chuỗi bề rộng vòng năm của Bạch tùng được thu thập trong những quần thụ bao gồm 25 loài cây gỗ; trong đó Bạch tùng là loài cây gỗ đồng ưu thế (IVI = 15,8%). Mật độ quần thụ là 820 cây/ha; tiết diện ngang 36,8 m²/ha và trữ lượng gỗ 296,9 m³/ha (Phụ lục 2.2). Chuỗi bề rộng vòng năm của Đinh tùng được thu thập trong những quần thụ bao gồm 23 loài cây gỗ; trong đó Đinh tùng là loài cây gỗ đồng ưu thế (IVI = 13,0%). Mật độ quần thụ là 790 cây/ha; tiết diện ngang 37,5 m²/ha, trữ lượng gỗ 260,5 m³/ha (Phụ lục 2.3).

3.2.2. Đặc điểm bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

Đặc điểm bề rộng vòng năm (Zr, mm) của ba loài cây gỗ này được ghi lại ở Bảng 3.8 và Phụ lục 3.

Bảng 3.8. Đặc trưng thống kê bề rộng vòng năm đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

Loài cây	N (năm)	Zr (mm)	±S	±Se	CV%	Zr _{Min}	Zr _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Du sam	222	2,12	1,11	0,09	53,4	0,45	6,67
Bạch tùng	205	1,87	0,82	0,06	41,4	0,62	5,45
Đinh tùng	176	1,56	0,53	0,04	34,2	0,51	3,82

Đối với Du sam (Phụ lục 3.1), số vòng năm trung bình thu được từ 8 cây mẫu là 222 năm; dao động từ 86 năm (cây số 2) đến 302 năm (cây số 5). Bề rộng vòng năm trung bình đối với 222 vòng năm là 2,12 ± 0,09 mm. Biên độ dao động bề rộng vòng năm từ 1,24 mm (cây số 5) đến 5,12 mm (cây số 2) với CV = 53,4%. Bề rộng vòng năm nhỏ nhất là 0,01 mm và lớn nhất là 14,67 mm (cây số 2).

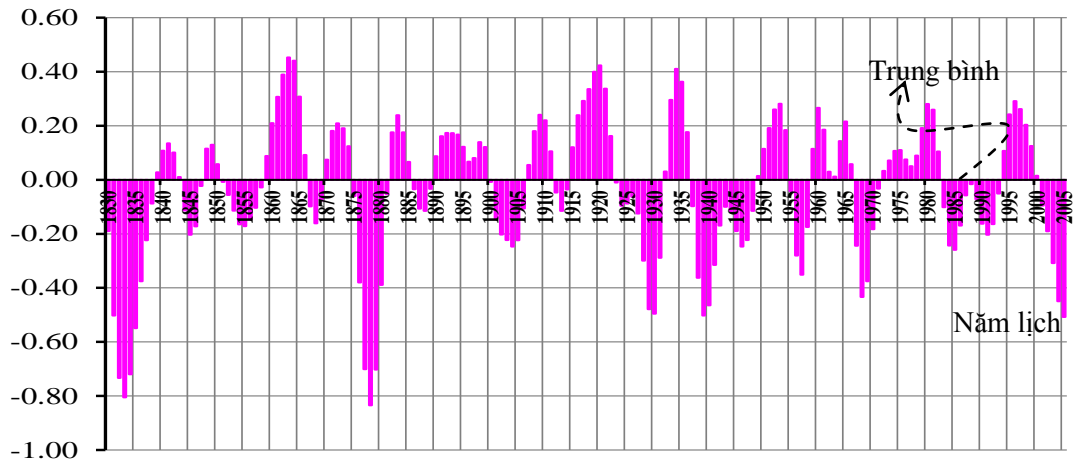
Đối với Bạch tùng (Phụ lục 3.2), số vòng năm trung bình thu được từ 9 cây mẫu là 205; dao động từ 147 năm (cây số 5) đến 269 năm (cây số 1). Bề rộng vòng năm trung bình đối với 205 vòng năm là $1,87 \pm 0,06$ mm. Biên độ dao động bề rộng vòng năm từ 1,28 mm (cây số 4) đến 2,68 mm (cây số 5) với $CV\% = 41,4\%$. Bề rộng vòng năm nhỏ nhất là 0,28 mm (cây số 3), lớn nhất là 13,73 mm (cây số 7).

Đối với Đinh tùng (Phụ lục 3.3), số vòng năm trung bình thu được từ 7 cây mẫu là 176 năm; dao động từ 129 năm (cây số 7) đến 221 năm (cây số 4). Bề rộng vòng năm trung bình đối với 176 vòng năm là $1,56 \pm 0,04$ mm. Biên độ dao động bề rộng vòng năm từ 1,26 mm (cây số 2) đến 2,57 mm (cây số 7) với $CV\% = 34,2\%$. Bề rộng vòng năm nhỏ nhất là 0,29 mm (cây số 4), lớn nhất là 5,32 mm (cây số 7).

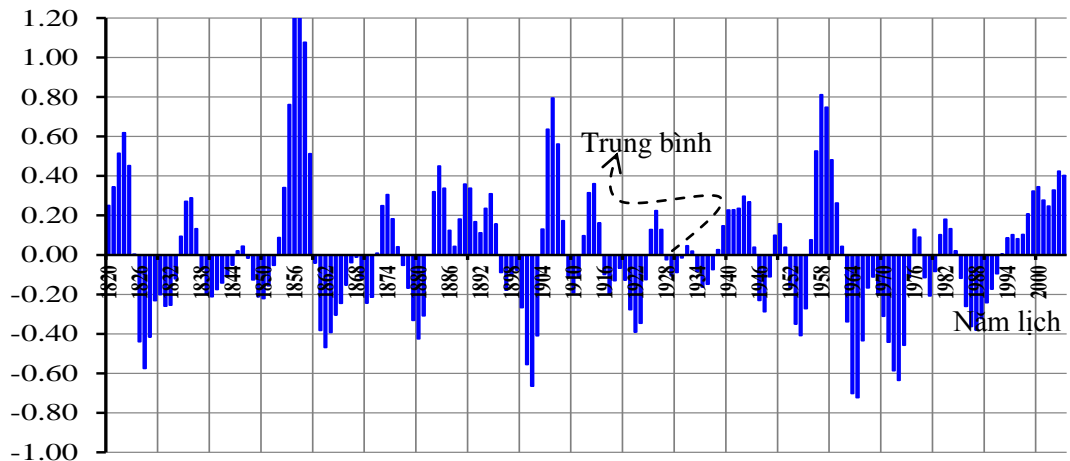
Nói chung, bề rộng vòng năm của cả ba loài cây gỗ này có biến động rất lớn. Nguyên nhân là do những cây mẫu có tuổi hay kích thước khác nhau và mọc trong những vi môi trường khác nhau. Vì thế, khi phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này, thì các chuỗi bề rộng vòng năm cần phải được chuẩn hóa để loại bỏ yếu tố tuổi cây.

Phân tích chuỗi chỉ số Kd^0 được lọc theo trọng số (Hình 3.8 – 3.10; Phụ lục 3.1b, 3.2b, 3.3b) cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh thay đổi rõ rệt theo chu kỳ. Những thời kỳ tăng trưởng mạnh và tăng trưởng kém đối với cả ba loài cây gỗ này thường xuất hiện sau 7 năm, dao động từ 2 đến 13 năm. Những biến động bề rộng vòng năm xảy ra hàng năm có liên quan đến sự thay đổi môi trường hàng năm. Trái lại, tính chu kỳ trong biến động bề rộng vòng năm có liên quan đến sự biến động theo chu kỳ của khí hậu (Cook và Kairiukstis, 1990).

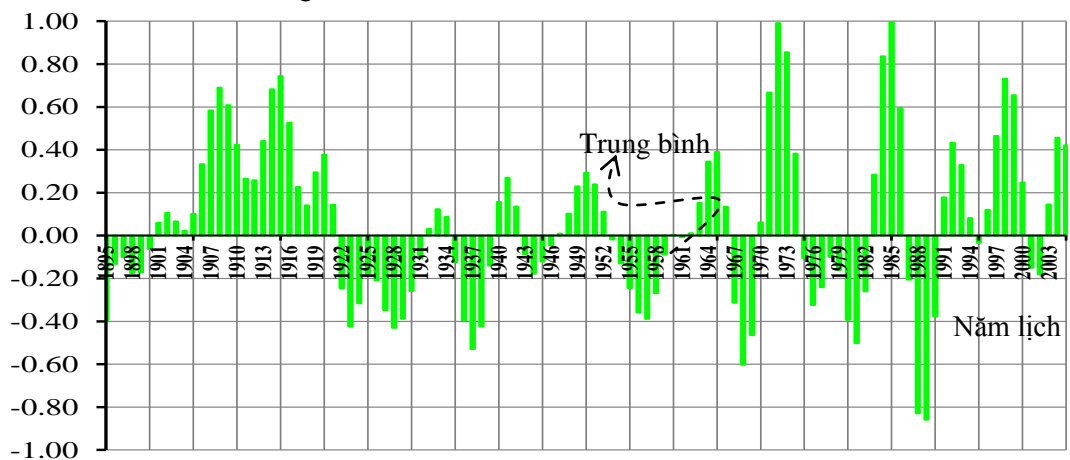
Chỉ số Kd' lọc theo trọng số

**Hình 3.8.** Chu kỳ tăng trưởng của Du sam từ 1830 - 2005.

Chỉ số Kd' lọc theo trọng số

**Hình 3.9.** Chu kỳ tăng trưởng của Bạch tùng từ 1820 - 2005.

Chỉ số Kd' lọc theo trọng số

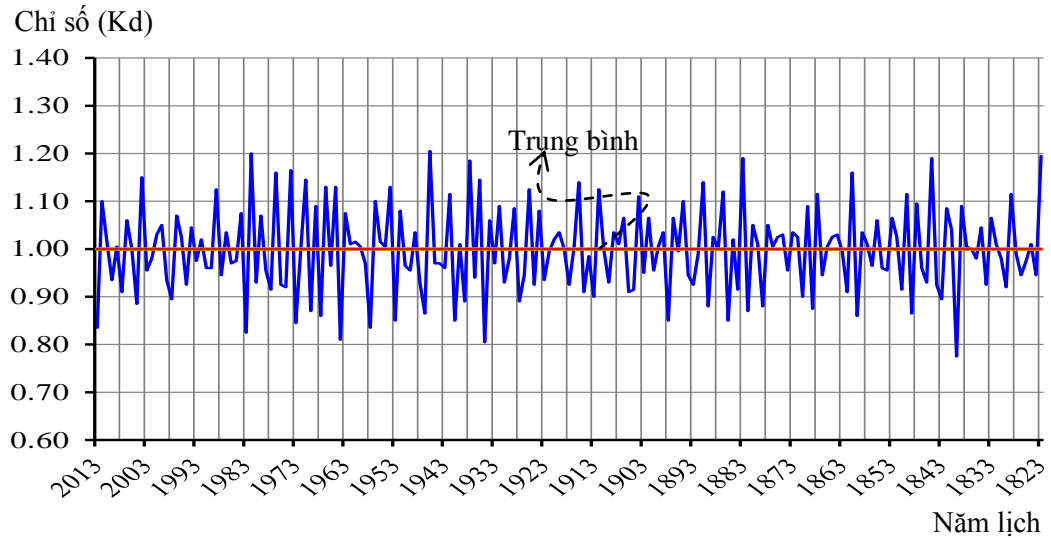
**Hình 3.10.** Chu kỳ tăng trưởng của Đinh tùng từ 1830 - 2005.

3.2.3. Chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

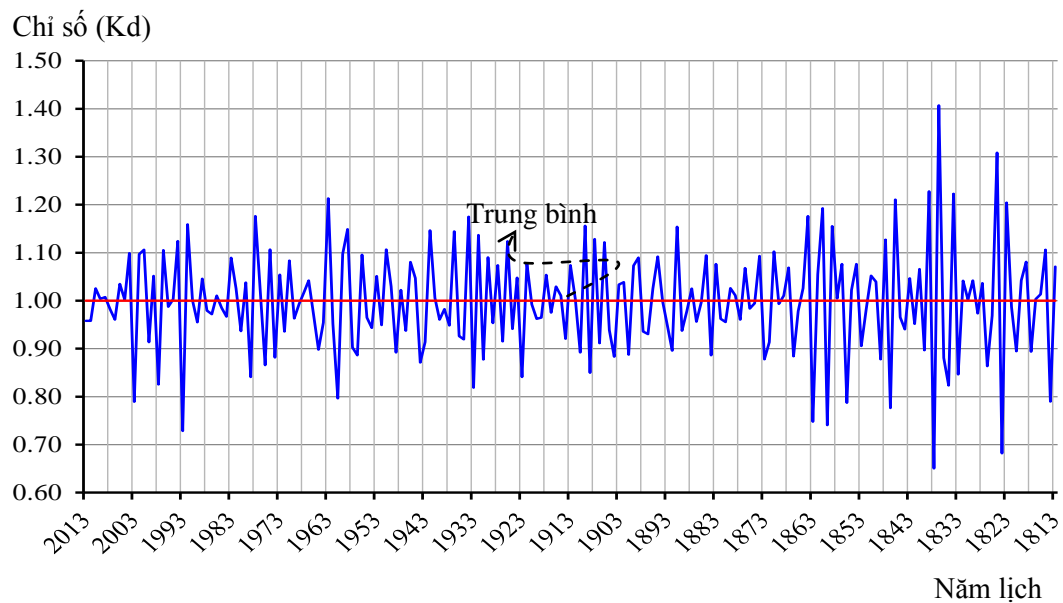
Đặc trưng thống kê chỉ số Kd của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng được dẫn ra ở Bảng 3.9, Hình 3.8 – 3.10 và Phụ lục 4 – 6. Chuỗi chỉ số Kd của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đã được phân tích tương ứng là 192 năm, 201 năm và 127 năm. Chỉ số Kd trung bình của cả ba loài cây gỗ này là 1,0. Biên độ dao động Kd lớn nhất ở loài Bạch tùng ($Kd = 0,65 - 1,41$), thấp nhất ở loài Du sam ($Kd = 0,78 - 1,21$). Hệ số biến động của chỉ số Kd cao nhất ở loài Bạch tùng (11,0%), thấp nhất ở loài Du sam (9,0%).

Bảng 3.9. Đặc trưng thống kê đối với chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

TT	Thống kê	Chỉ số Kd theo loài cây gỗ:		
		Du sam	Bạch tùng	Đinh tùng
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Số vòng năm	192	201	127
2	Bình quân	1,0	1,0	1,0
3	Sai tiêu chuẩn	0,09	0,11	0,10
4	Sai số chuẩn	0,01	0,01	0,01
5	Nhỏ nhất	0,78	0,65	0,72
6	Lớn nhất	1,21	1,41	1,28
7	CV%	9,0	11,0	10,4
8	R^+	-0,591	-0,599	-0,621
9	mS_x	0,130	0,151	0,150
10	r_m	0,689	0,670	0,635
11	EPS	0,814	0,801	0,839
12	SNR	4,4	4,0	5,2



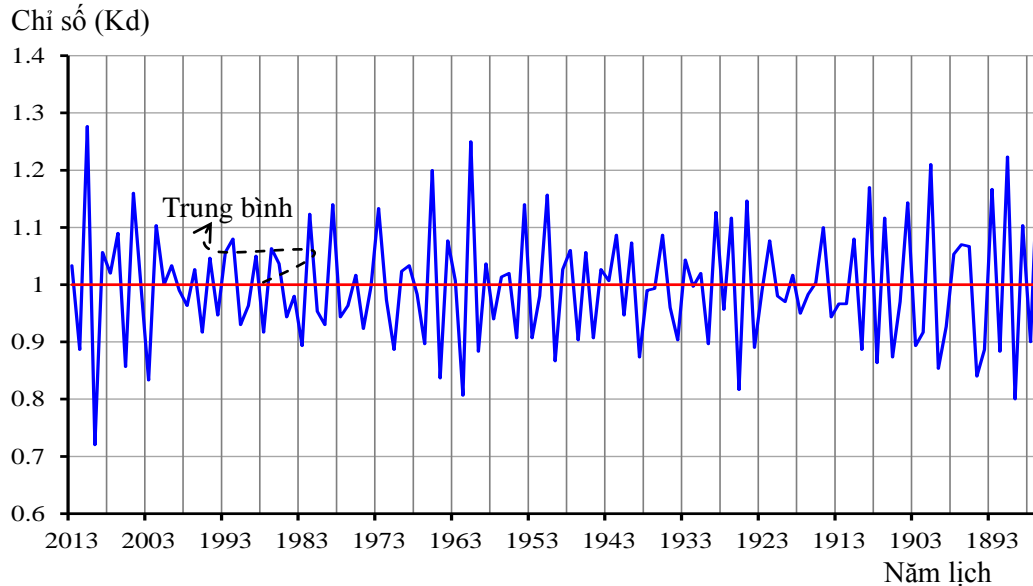
Hình 3.11. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam từ 1822 - 2013.



Hình 3.12. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng từ 1812 - 2013.

Cả ba loài cây gỗ này đều có tính nhạy cảm cao đối với những biến động của các yếu tố khí hậu; trong đó Bạch tùng ($mS_x = 0,151$) và Đinh tùng ($mS_x = 0,150$) có tính nhạy cảm cao hơn so với Du sam ($mS_x = 0,130$). Biến động của chỉ số Kd đối với những cá thể trong cùng một loài là tương đồng với nhau ($r_m = 0,689$ với $P < 0,001$ đối với Du sam; $r_m = 0,599$ với $P < 0,001$ đối với Bạch tùng; $r_m =$

0,635 với $P < 0,001$ đối với Đỉnh tùng). Điều đó chứng tỏ các cá thể trong cùng một loài phản ứng tương tự như nhau đối với những biến động của môi trường.



Hình 3.13. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng từ 1886 - 2013.

Tín hiệu quần thể nhận giá trị rất cao ($EPS = 0,801$ đối với Bạch tùng; $0,814$ đối với Du sam và $0,839$ đối với Đỉnh tùng). Điều đó chứng tỏ những cây gỗ trong cùng quần thể phản ứng tương đồng đối với những biến động của môi trường. Những tín hiệu khí hậu (SNR) biểu hiện rõ rệt trong các lớp vòng năm; trong đó tín hiệu khí hậu ở Đỉnh tùng (5,2) biểu hiện rõ rệt hơn so với Du sam (4,4) và Bạch tùng (4,0).

Căn cứ vào phạm vi biến động của chỉ số Kd đối với Du sam, Bạch tùng và Đỉnh tùng (Phụ lục 4.1; 5.1; 6.1), tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này đã được phân chia thành 3 cấp: tốt ($Kd > 1,05$), trung bình ($Kd = 0,95 - 1,05$) và kém ($Kd < 0,95$) (Bảng 3.10).

Bảng 3.10. Những đặc trưng thống kê đối với ba cấp tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

Loài cây	Cấp sinh trưởng	N (năm)	Kd bình quân	±S	CV%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Du sam	Tốt	50/26,0%	1,11	0,04	3,6
	Trung bình	81/42,2%	1,0	0,03	3,0
	Kém	61/31,8%	0,90	0,04	4,4
	Tổng	192/100%	1,00	0,09	9,0
Bạch tùng	Tốt	54/26,9%	1,13	0,06	5,3
	Trung bình	83/41,3%	1,0	0,03	3,0
	Kém	64/31,8%	0,88	0,07	8,0
	Tổng	201/100%	1,00	0,11	11,0
Đinh tùng	Tốt	37/29,1%	1,12	0,06	4,4
	Trung bình	45/35,4%	1,0	0,03	3,0
	Kém	45/35,4%	0,89	0,05	5,6
	Tổng	127/100%	1,00	0,10	10,0

Tỷ lệ số năm tăng trưởng mạnh về bề rộng vòng năm đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng tương ứng là 26,0% (50/192 năm), 26,9% (54/201 năm) và 29,1% (37/127 năm). Tỷ lệ số năm tăng trưởng kém về bề rộng vòng năm ở loài Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng tương ứng là 31,8% (61/192 năm), 31,8% (64/201 năm) và 35,4% (45/127 năm).

Từ năm 1823 đến 2013 (192 năm), Du sam tăng trưởng mạnh vào các năm 1823, 1829, 1845, 1850, 1861, 1868, 1883, 1887, 1891, 1904, 1912, 1916, 1926, 1936, 1938, 1942, 1946, 1954, 1965, 1967, 1971, 1974, 1977, 1982, 1989 và 2004. Từ năm 1813 đến 2013 (201 năm), Bạch tùng tăng trưởng mạnh vào các năm 1815, 1823, 1825, 1834, 1837, 1839, 1846, 1848, 1859, 1861, 1864, 1891, 1906, 1908, 1911, 1926, 1928, 1932, 1934, 1937, 1942, 1951, 1959, 1963, 1975, 1978, 1992, 1994, 1997, 2001. Từ năm 1887 đến 2013 (127 năm), Đinh tùng tăng trưởng mạnh

vào các năm 1887, 1889, 1891, 1893, 1901, 1904, 1907, 1909, 1925, 1927, 1929, 1951, 1954, 1961, 1966, 1973, 1979, 1982, 2005, 2012.

Nói chung, thời kỳ lặp lại tăng trưởng mạnh và tăng trưởng kém về bề rộng vòng năm thay đổi tùy theo loài cây gỗ. Đối với Du sam và Bạch tùng, số năm trung bình lặp lại thời kỳ tăng trưởng mạnh ($K_d > 1,05$) và tăng trưởng kém ($K_d < 0,95$) tương ứng là 4 năm và 3 năm. Đối với Đinh tùng, hai thời kỳ này chỉ lặp lại sau 3 năm. Điều đó chứng tỏ ba loài cây gỗ này có phản ứng khác nhau đối với những biến động của các yếu tố khí hậu.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, sự gia tăng hay suy giảm bề rộng vòng năm đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng không tương đồng với nhau ($R_s = 0,141$ với $P = 0,072$ đối với Du sam và Bạch tùng; $R_s = 0,063$ với $P = 0,422$ đối với Du sam và Đinh tùng; $R_s = -0,072$ với $P = 0,356$ đối với Bạch tùng và Đinh tùng). Điều đó chứng tỏ ba loài cây gỗ này phản ứng khác nhau đối với những biến động của các yếu tố khí hậu vào cùng một năm.

Những phân tích thống kê cho thấy, cả ba chuỗi chỉ số K_d của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đều có hiện tượng tự tương quan (R^+) âm khá cao; trong đó cao nhất ở loài Đinh tùng ($R^+ = -0,621$), thấp nhất ở loài Du sam ($R^+ = 0,591$). Mối quan hệ giữa chỉ số K_d ở năm sau (K_{d_s}) với chỉ số K_d ở năm trước (K_{d_T}) đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng có dạng tương ứng như hàm (3.1), (3.2) và (3.3) (Hình 3.11).

$$K_{d_s} = 1,57848 - 0,58113 * K_{d_T} \quad (3.1)$$

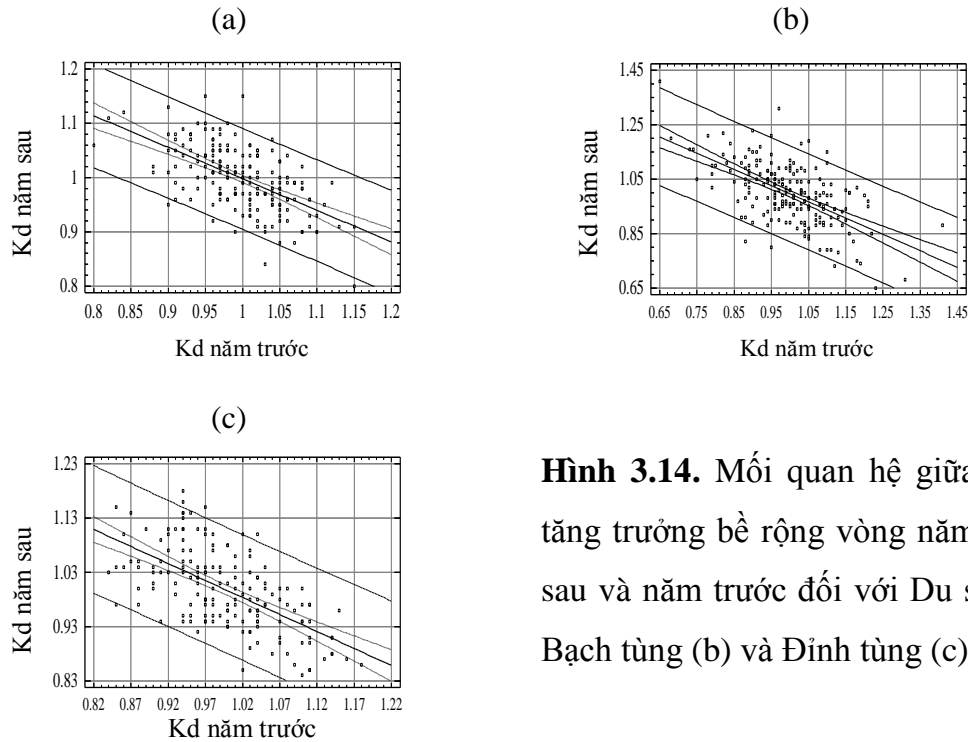
$$r = -0,591; \text{Se} = 0,047; P < 0,001$$

$$K_{d_s} = 1,59544 - 0,59912 * K_{d_T} \quad (3.2)$$

$$r = -0,599; \text{Se} = 0,088; P < 0,001$$

$$K_{d_s} = 1,62232 - 0,626542 * K_{d_T} \quad (3.3)$$

$$r = -0,618; \text{Se} = 0,058; P < 0,001$$



Hình 3.14. Mối quan hệ giữa chỉ số tăng trưởng bề rộng vòng năm ở năm sau và năm trước đối với Du sam (a), Bạch tùng (b) và Đinh tùng (c).

3.3. Phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với biến động của những yếu tố khí hậu

3.3.1. Phản ứng của Du sam với biến động của những yếu tố khí hậu

3.3.1.1. Phản ứng của Du sam với biến động của nhiệt độ không khí

Mối quan giữa chỉ số Kd của Du sam (Phụ lục 4.1) với nhiệt độ không khí của các tháng trong năm ($T_{(i=1-12)}$) từ năm 1981 đến năm 2013 (Phụ lục 7) được ghi lại ở Bảng 3.11. Từ đó cho thấy, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào các tháng 1 – 10 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau đã dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 11 và 12 lại dẫn đến sự nâng cao tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Phản ứng của Du sam biểu hiện rõ rệt với T_1 ($r = -0,381$; $P = 0,029$), T_2 ($r = -0,364$; $P = 0,037$), T_4 ($r = -0,601$; $P = 0,000$), T_6 ($r = -0,495$; $P = 0,003$), T_7 ($r = -0,601$; $P < 0,001$), T_{10} ($r = -0,459$; $P = 0,007$), T_{1-4} ($r = -0,506$; $P = 0,003$) và T_{5-10} ($r = -0,609$; $P < 0,001$).

Bảng 3.11. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với nhiệt độ không khí của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,381	0,029	33	9	-0,332	0,059	33
2	-0,364	0,037	33	10	-0,459	0,007	33
3	-0,313	0,076	33	11	0,151	0,403	33
4	-0,601	0,000	33	12	0,254	0,154	33
5	-0,331	0,060	33	1 - 4	-0,506	0,003	33
6	-0,495	0,003	33	5 - 10	-0,609	0,000	33
7	-0,601	0,000	33	11 - 12	0,244	0,172	33
8	-0,030	0,869	33	11 - 3	-0,208	0,246	33

3.3.1.2. Phản ứng của Du sam với biến động của lượng mưa

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Du sam (Phụ lục 4.1) với lượng mưa của các tháng trong năm ($M_{i=1-12}$) (Phụ lục 8) (Bảng 3.12) cho thấy, sự nâng cao lượng mưa vào các tháng từ 1 – 8 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, mưa lớn từ tháng 9 - 12, tháng 5 - 10, tháng 11 – 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, phản ứng của Du sam chỉ biểu hiện rõ rệt với M_3 ($r = 0,438$; $P = 0,011$), M_4 ($r = 0,345$; $P = 0,049$), M_5 ($r = 0,410$; $P = 0,018$), M_{10} ($r = -0,351$; $P = 0,045$), M_{12} ($r = -0,383$; $P = 0,028$), M_{1-4} ($r = 0,433$; $P = 0,012$) và M_{11-12} ($r = -0,378$; $P = 0,030$).

Bảng 3.12. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với lượng mưa của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,108	0,549	33	10	-0,351	0,045	33
2	0,005	0,979	33	11	-0,301	0,089	33
3	0,438	0,011	33	12	-0,383	0,028	33
4	0,345	0,049	33	1 - 4	0,433	0,012	33
5	0,410	0,018	33	5 - 10	-0,012	0,949	33
6	0,124	0,492	33	11 - 12	-0,378	0,030	33
7	0,139	0,441	33	11 - 3	-0,081	0,653	33
8	0,045	0,802	33	7 - 9	-0,025	0,889	33
9	-0,181	0,314	33				

3.3.1.3. Phản ứng của Du sam với biến động của độ ẩm không khí

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Du sam (Phụ lục 4.1) với độ ẩm không khí (Rh%) của các tháng trong năm (Phụ lục 9) được ghi lại ở Bảng 3.13.

Bảng 3.13. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với độ ẩm không khí của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,159	0,378	33	9	-0,093	0,607	33
2	-0,074	0,681	33	10	-0,005	0,980	33
3	-0,019	0,918	33	11	-0,073	0,688	33
4	0,514	0,002	33	12	-0,203	0,256	33
5	0,266	0,134	33	1 - 4	0,269	0,130	33
6	0,267	0,133	33	5 - 10	0,125	0,488	33
7	-0,013	0,941	33	11 - 12	-0,189	0,292	33
8	-0,060	0,740	33	11 - 3	-0,084	0,643	33

Phân tích số liệu ở Bảng 3.13 cho thấy, sự nâng cao độ ẩm không khí vào tháng 1, 4, 5, 6, 1 - 4 và 5 - 10 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, độ ẩm không khí nâng cao vào tháng 2, 3, 7 - 12, 11 - 12, 11 - 3 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng của Du sam chỉ tồn tại mối quan hệ rõ rệt với Rh_4 ($r = 0,514$; $P = 0,002$).

3.3.1.4. Phản ứng của Du sam với biến động của số giờ nắng

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Du sam (Phụ lục 4.1) với số giờ nắng của các tháng trong năm ($N_{(i=1-12)}$) từ năm 1981 đến năm 2013 (Phụ lục 10) được ghi lại ở Bảng 3.14. Từ đó cho thấy, sự nâng cao số giờ nắng vào các tháng 1, 2, 5, 7, 8, 9, 1 - 4 và 5 - 10 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, nắng nhiều vào các tháng 3, 4, 6, 10, 11, 12, 11 - 12 và 11 - 3 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, phản ứng của Du sam chỉ biểu hiện rõ rệt với số giờ nắng vào tháng 1 ($r = -0,330$; $P = 0,061$) và tháng 11 ($r = -0,308$; $P = 0,081$).

Bảng 3.14. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với số giờ nắng của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,330	0,061	33	9	-0,144	0,425	33
2	-0,078	0,666	33	10	0,148	0,410	33
3	0,144	0,423	33	11	0,308	0,081	33
4	0,056	0,759	33	12	0,064	0,724	33
5	-0,208	0,244	33	1 - 4	-0,096	0,595	33
6	0,129	0,473	33	5 - 10	-0,185	0,304	33
7	-0,235	0,188	33	11 - 12	0,190	0,290	33
8	-0,190	0,289	33	11 - 3	0,114	0,529	33

3.3.1.5. Phản ứng của Du sam với biến động của lượng nước bốc hơi

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Du sam (Phụ lục 4.1) với lượng nước bốc hơi (Phụ lục 11) của các tháng trong năm ($P_{(i=1-12)}$) (Bảng 3.15) cho thấy, sự nâng cao lượng nước bốc hơi vào các tháng từ 1 – 8 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự gia tăng lượng nước bốc hơi từ tháng từ 9 – 12 lại có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, chỉ số Kd chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với P_4 ($r = -0,540$; $P = 0,001$), P_{10} ($r = 0,637$; $P < 0,001$), P_{12} ($r = 0,409$; $P = 0,018$) và P_{11-12} ($r = 0,402$; $P = 0,020$).

Bảng 3.15. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,035	0,845	33	9	0,273	0,125	33
2	-0,191	0,286	33	10	0,637	0,000	33
3	-0,176	0,327	33	11	0,288	0,104	33
4	-0,540	0,001	33	12	0,409	0,018	33
5	-0,326	0,064	33	1 - 4	-0,371	0,033	33
6	-0,207	0,247	33	5 - 10	0,048	0,789	33
7	-0,094	0,602	33	11 - 12	0,402	0,020	33
8	-0,110	0,542	33	11 - 3	0,065	0,718	33

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Du sam (Kd) với tỷ lệ M/P (kí hiệu F) (Bảng 3.16) cho thấy, sự nâng cao tỷ lệ F vào các tháng từ 1 – 8 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự gia tăng tỷ lệ F từ tháng từ 9 – 12 là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với F_3 ($r = 0,447$; $P = 0,009$), F_4 ($r = 0,451$; $P < 0,009$), F_5 ($r = 0,397$; $P =$

0,022), F_{10} ($r = -0,462$; $P = 0,007$), F_{12} ($r = -0,387$; $P = 0,026$), F_{1-4} ($r = 0,453$; $P = 0,008$) và F_{11-12} ($r = -0,369$; $P = 0,035$).

Bảng 3.16. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với tỷ lệ lượng mưa và lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,112	0,535	33	9	-0,258	0,147	33
2	0,027	0,881	33	10	-0,462	0,007	33
3	0,447	0,009	33	11	-0,277	0,118	33
4	0,451	0,009	33	12	-0,387	0,026	33
5	0,397	0,022	33	1 - 4	0,453	0,008	33
6	0,161	0,371	33	5 - 10	-0,024	0,893	33
7	0,160	0,373	33	11 - 12	-0,369	0,035	33
8	0,088	0,627	33	11 - 3	-0,085	0,637	33

3.3.1.6. Phản ứng của Du sam với biến động của hệ số thủy nhiệt

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Du sam (Phụ lục 4.1) với hệ số thủy nhiệt (Phụ lục 12) của các tháng trong năm ($K_{(i=1-12)}$) được dẫn ra ở Bảng 3.17.

Bảng 3.17. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với hệ số thủy nhiệt của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,047	0,793	33	9	0,239	0,180	33
2	0,318	0,071	33	10	0,056	0,757	33
3	0,108	0,551	33	11	0,312	0,078	33
4	0,375	0,032	33	12	-0,152	0,397	33
5	-0,066	0,716	33	1 - 4	0,368	0,035	33
6	-0,196	0,274	33	5 - 10	-0,074	0,683	33
7	-0,308	0,082	33	11 - 12	0,294	0,096	33
8	-0,075	0,679	33	11 - 3	0,374	0,032	33

Số liệu ở Bảng 3.17 chỉ ra rằng sự nâng cao hệ số K vào các tháng từ 1 – 4, 9 - 11, 11 - 12 và 11 - 3 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao hệ số K vào các tháng 5 - 8 và tháng 12 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam chỉ biểu hiện rõ rệt với K_4 ($r = 0,375$; $P = 0,032$), K_{1-4} ($r = 0,338$; $P < 0,035$) và K_{11-3} ($r = 0,374$; $P = 0,032$).

3.3.2. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của những yếu tố khí hậu

3.3.2.1. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của nhiệt độ không khí

Mối quan giữa chỉ số Kd của Bạch tùng (Phụ lục 5.1) với nhiệt độ không khí (Phụ lục 7) của các tháng trong năm ($T_{(i=1-12)}$) được ghi lại ở Bảng 3.18.

Bảng 3.18. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với nhiệt độ không khí của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,085	0,639	33	9	0,167	0,352	33
2	0,018	0,922	33	10	-0,412	0,017	33
3	-0,103	0,567	33	11	-0,308	0,081	33
4	-0,273	0,124	33	12	0,074	0,684	33
5	-0,169	0,347	33	1 - 4	-0,146	0,417	33
6	-0,468	0,006	33	5 - 10	-0,404	0,020	33
7	-0,357	0,042	33	11 - 12	-0,129	0,475	33
8	-0,076	0,673	33	11 - 3	-0,119	0,508	33

Từ số liệu ở Bảng 3.18 cho thấy, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 9 và 12 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 1 - 8, 10 – 11, 1 – 4, 5 – 10, 11 – 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tuy vậy, phản ứng của Bạch tùng chỉ biểu hiện rõ

rệt với T_6 ($r = -0,468$; $P = 0,000$), T_7 ($r = -0,357$; $P = 0,042$), T_{10} ($r = -0,412$; $P = 0,017$) và T_{5-10} ($r = -0,404$; $P = 0,020$).

3.3.2.2. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của lượng mưa

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng (Phụ lục 5.1) với lượng mưa (Phụ lục 8) của các tháng trong năm ($M_{(i=1-12)}$) (Bảng 3.19) cho thấy, sự nâng cao lượng mưa từ tháng 1 - 8 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, mưa lớn vào tháng 9 đến tháng 12 lại dẫn đến ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Phản ứng của Bạch tùng biểu hiện rõ rệt với M_3 ($r = 0,364$; $P = 0,037$), M_6 ($r = 0,327$; $P = 0,063$), M_{11} ($r = -0,685$; $P = 0,000$), M_{1-4} ($r = 0,381$; $P = 0,029$), M_{11-12} ($r = -0,617$; $P = 0,001$) và M_{11-3} ($r = -0,395$; $P = 0,023$).

Bảng 3.19. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với lượng mưa của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,148	0,411	33	10	-0,267	0,133	33
2	0,295	0,096	33	11	-0,685	0,000	33
3	0,364	0,037	33	12	-0,137	0,447	33
4	0,216	0,227	33	1 - 4	0,381	0,029	33
5	0,090	0,620	33	5 - 10	-0,066	0,713	33
6	0,327	0,063	33	11 - 12	-0,617	0,000	33
7	0,073	0,688	33	11 - 3	-0,395	0,023	33
8	0,010	0,955	33	7 - 9	-0,171	0,342	33
9	-0,266	0,135	33				

3.3.2.3. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của độ ẩm không khí

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng (Phụ lục 5.1) với độ ẩm không khí (Phụ lục 9) của các tháng trong năm ($Rh_{(i=1-12)}$) được ghi lại ở Bảng 3.20.

Bảng 3.20. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với độ ẩm không khí của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,126	0,486	33	9	0,256	0,150	33
2	-0,266	0,134	33	10	-0,070	0,699	33
3	-0,124	0,493	33	11	-0,353	0,044	33
4	0,072	0,692	33	12	-0,218	0,223	33
5	-0,371	0,034	33	1 - 4	-0,182	0,310	33
6	0,040	0,827	33	5 - 10	0,127	0,481	33
7	0,361	0,039	33	11 - 12	-0,422	0,014	33
8	0,053	0,770	33	11 - 3	-0,373	0,032	33

Từ số liệu ở Bảng 3.20 cho thấy, sự nâng cao độ ẩm không khí vào tháng 1, 4, tháng 6 - 9 và 5- 10 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao độ ẩm không khí vào tháng 2, 3, 5, 10 - 12, 1 - 4, 11 - 12 và 11 - 3 lại dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Phản ứng của Bạch tùng biểu hiện rõ rệt với Rh_5 ($r = -0,371$; $P = 0,034$), Rh_7 ($r = 0,361$; $P = 0,039$), Rh_{11} ($r = -0,353$; $P = 0,044$), Rh_{11-12} ($r = -0,422$; $P = 0,014$) và Rh_{11-3} ($r = -0,373$; $P = 0,032$).

3.3.2.4. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của số giờ nắng

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng (Phụ lục 5.1) với số giờ nắng (Phụ lục 10) của các tháng trong năm ($N_{(i=1-12)}$) cho thấy (Bảng 3.21), nắng nhiều vào các tháng từ 1 - 7 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 8 đến tháng 12 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Phản ứng của Bạch tùng biểu hiện rõ rệt với N_1 ($r = -0,562$; $P = 0,001$), N_4 ($r = -0,541$; $P = 0,001$), N_7 ($r = -0,325$; $P = 0,065$); N_9 ($r = 0,331$; $P = 0,060$); N_{11} ($r = 0,441$; $P = 0,010$) và N_{1-4} ($r = -0,496$; $P = 0,003$).

Bảng 3.21. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với số giờ nắng của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,562	0,001	33	9	0,331	0,060	33
2	-0,179	0,320	33	10	0,283	0,110	33
3	0,088	0,625	33	11	0,441	0,010	33
4	-0,541	0,001	33	12	0,047	0,795	33
5	-0,006	0,974	33	1 - 4	-0,496	0,003	33
6	-0,206	0,250	33	5 - 10	0,170	0,344	33
7	-0,325	0,065	33	11 - 12	0,219	0,221	33
8	0,137	0,447	33	11 - 3	-0,005	0,978	33

3.3.2.5. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của lượng nước bốc hơi

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng (Phụ lục 5.1) của Bạch tùng với lượng nước bốc hơi (Phụ lục 11) của các tháng trong năm ($P_{(i=1-12)}$) được ghi lại ở Bảng 3.22.

Bảng 3.22. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,113	0,533	33	9	0,489	0,004	33
2	-0,141	0,433	33	10	0,332	0,059	33
3	-0,387	0,026	33	11	0,513	0,002	33
4	-0,326	0,064	33	12	0,213	0,235	33
5	-0,205	0,252	33	1 - 4	-0,379	0,030	33
6	-0,271	0,127	33	5 - 10	0,039	0,831	33
7	-0,134	0,458	33	11 - 12	0,416	0,016	33
8	-0,185	0,302	33	11 - 3	-0,056	0,755	33

Số liệu ở Bảng 3.22 chỉ ra rằng lượng nước bốc hơi mạnh từ tháng 1 đến tháng 8 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, lượng nước bốc hơi mạnh từ tháng 9 đến tháng 12 lại có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng chỉ tồn tại mối quan hệ rõ rệt với P_3 ($r = -0,387$; $P = 0,026$), P_4 ($r = -0,326$; $P = 0,064$), P_9 ($r = 0,489$; $P = 0,004$), P_{10} ($r = 0,332$; $P = 0,059$), P_{11} ($r = 0,513$; $P = 0,002$), P_{1-4} ($r = -0,379$; $P = 0,030$) và P_{11-12} ($r = 0,416$; $P = 0,016$).

Kết quả nghiên cứu (Bảng 3.23) cũng cho thấy, sự nâng cao tỷ lệ F vào các tháng từ 1 – 8 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự gia tăng tỷ lệ F từ tháng từ 9 – 12 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với F_3 ($r = 0,410$; $P = 0,018$), F_6 ($r = 0,346$; $P < 0,048$), F_{11} ($r = -0,644$; $P = 0,000$), F_{1-4} ($r = 0,408$; $P = 0,019$), F_{11-12} ($r = -0,579$; $P = 0,000$) và F_{11-3} ($r = -0,384$; $P = 0,027$).

Bảng 3.23. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với tỷ lệ lượng mưa và lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,146	0,418	33	9	-0,356	0,042	33
2	0,300	0,089	33	10	-0,300	0,090	33
3	0,410	0,018	33	11	-0,644	0,000	33
4	0,286	0,107	33	12	-0,134	0,458	33
5	0,132	0,465	33	1 - 4	0,408	0,019	33
6	0,346	0,048	33	5 - 10	-0,062	0,733	33
7	0,102	0,573	33	11 - 12	-0,579	0,000	33
8	0,091	0,615	33	11 - 3	-0,384	0,027	33

3.3.2.6. Phản ứng của Bạch tùng với biến động của hệ số thủy nhiệt

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd (Phụ lục 5.1) của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt (Phụ lục 12) của các tháng trong năm ($K_{(i=1-12)}$) được dẫn ra ở Bảng 3.24.

Bảng 3.24. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,147	0,416	33	9	-0,265	0,136	33
2	0,295	0,096	33	10	-0,257	0,149	33
3	0,362	0,039	33	11	-0,684	0,000	33
4	0,221	0,215	33	12	-0,139	0,439	33
5	0,093	0,608	33	1 - 4	0,382	0,028	33
6	0,349	0,047	33	5 - 10	-0,026	0,884	33
7	0,095	0,597	33	11 - 12	-0,618	0,000	33
8	0,015	0,934	33	11 - 3	-0,391	0,025	33

Từ số liệu ở Bảng 3.24 cho thấy, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt từ tháng 1 – 8 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt từ tháng 9 – 12 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tuy vậy, phản ứng của Bạch tùng chỉ biểu hiện rõ rệt với K_3 ($r = 0,362$; $P = 0,029$), K_6 ($r = 0,349$; $P = 0,047$), K_{11} ($r = -0,684$; $P = 0,000$), K_{1-4} ($r = 0,382$; $P = 0,028$), K_{11-12} ($r = -0,618$; $P = 0,000$), K_{11-3} ($r = -0,391$; $P = 0,025$).

3.3.3. Phản ứng của Đỉnh tùng với biến động của những yếu tố khí hậu

3.3.3.1. Phản ứng của Đỉnh tùng với biến động của nhiệt độ không khí

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Đỉnh tùng (Phụ lục 6.1) với chỉ số nhiệt độ không khí (Phụ lục 7) của các tháng trong năm ($T_{(i=1-12)}$) (Bảng 3.25) cho thấy, sự nâng cao nhiệt độ không khí từ tháng 1 – 9 dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, sự gia tăng nhiệt độ không khí từ

tháng 10 đến 12 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với T_1 ($r = -0,600$; $P < 0,001$), T_2 ($r = -0,410$; $P = 0,018$), T_3 ($r = -0,440$; $P = 0,010$), T_4 ($r = -0,457$; $P = 0,008$), T_5 ($r = -0,503$; $P = 0,003$), T_{1-4} ($r = -0,631$; $P < 0,001$) và T_{11-3} ($r = -0,423$; $P < 0,014$).

Bảng 3.25. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với nhiệt độ không khí của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,600	0,000	33	9	-0,189	0,291	33
2	-0,410	0,018	33	10	0,053	0,768	33
3	-0,440	0,010	33	11	0,121	0,504	33
4	-0,457	0,008	33	12	0,069	0,701	33
5	-0,503	0,003	33	1 - 4	-0,631	0,000	33
6	-0,103	0,569	33	5 - 10	-0,293	0,098	33
7	-0,164	0,360	33	11 - 12	0,100	0,581	33
8	-0,029	0,872	33	11 - 3	-0,423	0,014	33

3.3.3.2. Phản ứng của Đỉnh tùng với biến động của lượng mưa

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Đỉnh tùng (Phụ lục 6.1) với lượng mưa (Phụ lục 8) của các tháng trong năm ($M_{(i=1-12)}$) được ghi lại ở Bảng 3.26. Từ đó cho thấy, mưa lớn vào tháng 3, tháng 5 - 8, tổng lượng mưa từ tháng 5 đến tháng 10 và tháng 7 đến tháng 9 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, lượng mưa cao vào tháng 1, 2, 9 - 12 và tổng lượng mưa từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với M_1 ($r = -0,436$; $P = 0,011$), M_3 ($r = 0,364$; $P = 0,037$) và M_8 ($r = 0,446$; $P = 0,009$).

Bảng 3.26. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với lượng mưa của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,436	0,011	33	10	-0,257	0,148	33
2	-0,052	0,772	33	11	-0,001	0,996	33
3	0,364	0,037	33	12	-0,122	0,499	33
4	-0,022	0,901	33	1 - 4	0,059	0,746	33
5	0,239	0,180	33	5 - 10	0,217	0,226	33
6	0,309	0,080	33	11 - 12	-0,060	0,740	33
7	0,043	0,814	33	11 - 3	0,021	0,907	33
8	0,446	0,009	33	7 - 9	0,165	0,359	33
9	-0,203	0,258	33				

3.3.3.3. Phản ứng của Đinh tùng với biến động của độ ẩm không khí

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Đinh tùng (Phụ lục 6.1) với độ ẩm không khí (Phụ lục 9) của các tháng trong năm ($Rh_{(i=1-12)}$) từ năm 1981 đến năm 2013 được ghi lại ở Bảng 3.27.

Bảng 3.27. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với độ ẩm không khí của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,133	0,461	33	9	0,042	0,815	33
2	0,136	0,449	33	10	-0,048	0,790	33
3	-0,161	0,370	33	11	-0,261	0,142	33
4	-0,070	0,697	33	12	-0,239	0,181	33
5	0,151	0,402	33	1 - 4	0,081	0,654	33
6	-0,018	0,921	33	5 - 10	0,241	0,176	33
7	0,315	0,074	33	11 - 12	-0,376	0,031	33
8	0,099	0,583	33	11 - 3	-0,074	0,684	33

Số liệu ở Bảng 3.27 chỉ ra rằng sự nâng cao độ ẩm không khí vào các tháng 1, 2, 5, 7, 8, 9, tháng 1 - 4 và tháng 5 - 10 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, sự nâng cao độ ẩm không khí vào tháng 3, 4, 6, 10, 11, 12, tháng 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Tuy vậy, phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng chỉ biểu hiện rõ rệt với Rh_7 ($r = 0,315$; $P = 0,074$) và Rh_{11-12} ($r = 0,376$; $P = 0,031$).

3.3.3.4. Phản ứng của Đỉnh tùng với biến động của số giờ nắng

Mối quan hệ giữa chỉ số Kd chuẩn hóa của Đỉnh tùng (Phụ lục 6.1) với số giờ nắng (Phụ lục 10) của các tháng trong năm ($N_{(i=1-12)}$) từ năm 1981 đến năm 2013 được ghi lại ở Bảng 3.28.

Bảng 3.28. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với số giờ nắng của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,372	0,033	33	9	-0,196	0,274	33
2	-0,007	0,971	33	10	0,243	0,173	33
3	-0,517	0,002	33	11	0,546	0,001	33
4	-0,169	0,346	33	12	0,146	0,418	33
5	-0,281	0,114	33	1 - 4	-0,430	0,013	33
6	-0,413	0,017	33	5 - 10	-0,350	0,046	33
7	-0,157	0,384	33	11 - 12	0,360	0,040	33
8	-0,207	0,247	33	11 - 3	0,087	0,632	33

Phân tích số liệu ở Bảng 3.28 cho thấy, số giờ nắng nâng cao từ tháng 1 đến 9, tổng số giờ nắng tháng 1 - 4 và tháng 5 - 10 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 11 và 12 và tổng số giờ nắng từ tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng

vòng năm của Đỉnh tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với N_1 ($r = -0,372$; $P = 0,033$), N_3 ($r = -0,517$; $P = 0,003$), N_6 ($r = -0,413$; $P = 0,017$), N_{11} ($r = 0,546$; $P = 0,001$), N_{1-4} ($r = -0,343$; $P = 0,013$), N_{5-10} ($r = -0,350$; $P = 0,046$) và N_{11-12} ($r = 0,360$; $P = 0,040$).

3.3.3.5. Phản ứng của Đỉnh tùng với biến động của lượng nước bốc hơi

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Đỉnh tùng (Phụ lục 6.1) với lượng nước bốc hơi (Phụ lục 11) của các tháng trong năm ($P_{(i=1-12)}$) cho thấy (Bảng 3.29), sự nâng cao lượng nước bốc hơi vào tháng 1 và 2 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, sự nâng cao lượng nước bốc hơi vào các tháng 3 – 12 lại dẫn đến những ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

Bảng 3.29. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0,142	0,430	33	9	-0,028	0,875	33
2	0,077	0,671	33	10	0,191	0,288	33
3	-0,246	0,167	33	11	-0,012	0,946	33
4	-0,064	0,725	33	12	-0,100	0,581	33
5	-0,173	0,335	33	1 - 4	-0,076	0,676	33
6	-0,172	0,338	33	5 - 10	-0,171	0,341	33
7	-0,042	0,815	33	11 - 12	-0,056	0,755	33
8	-0,228	0,202	33	11 - 3	-0,148	0,412	33

Kết quả nghiên cứu (Bảng 3.30) cũng cho thấy, sự nâng cao tỷ lệ F vào tháng 3 – 8 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, sự gia tăng tỷ lệ F từ tháng từ 9 – 12 là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Tuy vậy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với F_1 ($r = -0,433$; $P = 0,012$), F_3 ($r = 0,382$; P

= 0,028), F_6 ($r = 0,318$; $P < 0,071$), F_8 ($r = 0,429$; $P = 0,013$) và F_{10} ($r = -0,326$; $P = 0,064$).

Bảng 3.30. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với tỷ lệ giữa lượng mưa và lượng nước bốc hơi của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,433	0,012	33	9	-0,187	0,296	33
2	-0,078	0,665	33	10	-0,326	0,064	33
3	0,382	0,028	33	11	0,001	0,995	33
4	0,002	0,993	33	12	-0,087	0,629	33
5	0,209	0,243	33	1 - 4	0,031	0,865	33
6	0,318	0,071	33	5 - 10	0,243	0,173	33
7	0,057	0,753	33	11 - 12	-0,039	0,828	33
8	0,429	0,013	33	11 - 3	0,034	0,852	33

3.3.3.6. Phản ứng của Đỉnh tùng với biến động của hệ số thủy nhiệt

Kết quả nghiên cứu (Bảng 3.31) cho thấy, sự gia tăng hệ số thủy nhiệt vào tháng 2, 4, 5, 6, 10, 12, 1 - 4 và 5 - 10 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, sự gia tăng hệ số thủy nhiệt vào tháng 1, 3, 7, 8, 9, 11, 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

Bảng 3.31. Mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với hệ số thủy nhiệt của các tháng trong năm.

Tháng	r	P	N	Tháng	r	P	N
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	-0,237	0,185	33	9	-0,108	0,548	33
2	0,284	0,110	33	10	0,248	0,164	33
3	-0,240	0,178	33	11	-0,186	0,300	33
4	0,017	0,923	33	12	0,290	0,102	33
5	0,232	0,195	33	1 - 4	0,008	0,963	33
6	0,003	0,985	33	5 - 10	0,102	0,571	33
7	-0,241	0,177	33	11 - 12	-0,117	0,516	33
8	-0,036	0,841	33	11 - 3	-0,243	0,174	33

3.4. Xác định vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

3.4.1. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với Du sam

3.4.1.1. Vai trò của nhiệt độ không khí

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.1.1 đã chỉ ra rằng, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam có quan hệ khá chặt chẽ với 8 yếu tố: T_1 , T_2 , T_4 , T_6 , T_7 , T_{10} , T_{1-4} và T_{5-10} (Bảng 3.11). Kết quả phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến (Bảng 3.32; Phụ lục 13a) cho thấy, giữa chỉ số Kd với 6 yếu tố (T_1 , T_2 , T_4 , T_6 , T_7 , T_{10}) tồn tại mỗi quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 52,0\%$) dưới dạng hàm (3.4) và (3.5). Sai lệch của hàm (3.4) là 4,4%. Mặt khác, giữa chỉ số Kd với 2 yếu tố T_{1-4} và T_{5-10} cũng tồn tại mỗi quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 36,6\%$) dưới dạng hàm (3.6) và (3.7) (Phụ lục 13b).

Bảng 3.32. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	5,7131		52,0%	0,063	4,4
2	T_1	-0,3493	-0,1079			
3	T_2	-0,3037	-0,1096			
4	T_4	-1,3855	-0,2575			
5	T_6	-0,3687	-0,0722			
6	T_7	-1,3770	-0,2282			
7	T_{10}	-0,9309	-0,2395			
	Hàm	(3.4)	(3.5)			
1	Hằng số	5,5246		36,6%	0,067	5,2
2	T_{1-4}	-0,9519	-0,2025			
3	T_{5-10}	-3,5738	-0,4333			
	Hàm	(3.6)	(3.7)			

Phân tích số liệu ở Bảng 3.32 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc nhiều nhất vào yếu tố T_4 ($\text{HSHQ} = |-0,2575|$); kế đến là T_{10} ($\text{HSHQ} = |-0,2395|$) và T_7 ($\text{HSHQ} = |-0,2282|$); thấp nhất là T_6 ($\text{HSHQ} = |-0,0722|$). Mặt khác, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc vào T_{5-10} ($\text{HSHQ} = |-0,4333|$) lớn hơn so với T_{1-4} ($\text{HSHQ} = |-0,2025|$). Nói chung, sự nâng cao nhiệt độ không khí có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

3.4.1.2. Vai trò của lượng mưa

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.1.2 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam có quan hệ khá chặt chẽ với 7 yếu tố (Bảng 3.12): M_3 , M_4 , M_5 , M_{10} , M_{12} , M_{1-4} và M_{11-12} . Kết quả phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến (Bảng 3.33) cho thấy, giữa chỉ số Kd với 7 yếu tố mưa này tồn tại mối quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 50,5\%$) dưới dạng hàm (3.8) và (3.9). Sai lệch của hàm (3.8) là 4,6%.

Bảng 3.33. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm\text{Se}$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	0,8921		50,5	0,065	4,6
2	M_3	0,0121	0,0954			
3	M_4	0,0401	0,2179			
4	M_5	0,1100	0,4348			
5	M_{10}	-0,0595	-0,2268			
6	M_{12}	-0,0008	-0,0089			
7	M_{1-4}	0,0265	0,1335			
8	M_{11-12}	-0,0224	-0,1806			
Hàm		(3.8)	(3.9)			

Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc nhiều nhất vào M_5 ($\text{HSHQ} = |0,4280|$); kế đến là M_{10} ($\text{HSHQ} = |-0,2268|$) và

M_4 (HSHQ = |0,2179|); thấp nhất là M_{12} (HSHQ = |-0,0089|). Nói chung, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 3 - 5 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 10 - 12 là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

3.4.1.3. Vai trò của lượng nước bốc hơi

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.1.5 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam có quan hệ khá chặt chẽ với 5 yếu tố (Bảng 3.15): P_4 , P_{10} , P_{12} , P_{1-4} và P_{11-12} . Bảng phân tích hồi quy và tương quan đa biến (Bảng 3.34) cho thấy, giữa chỉ số Kd với 3 yếu tố (P_4 , P_{10} và P_{12}) tồn tại mối quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 49,3\%$) dưới dạng hàm (3.10) và (3.11). Sai lệch của hàm 3.10 là 4,6%. Giữa chỉ số Kd với 2 yếu tố P_{1-4} và P_{11-12} cũng tồn tại mối quan hệ với nhau ($R^2 = 19,9\%$) dưới dạng hàm (3.12) và (3.13).

Bảng 3.34. Phân tích vai trò của lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	0,7235		49,3	0,061	4,6
2	P_4	-0,1059	-0,3198			
3	P_{10}	0,2229	0,3531			
4	P_{12}	0,1578	0,2334			
	Hàm	(3.10)	(3.11)			
1	Hằng số	0,9768		19,9	0,076	5,5
2	P_{1-4}	-0,1711	-0,2332			
3	P_{11-12}	0,1915	0,2798			
	Hàm	(3.12)	(3.13)			

Phân tích hàm (3.10) và (3.11) cho thấy, yếu tố P_{10} (HSHQ = |0,3531|) đóng vai trò lớn hơn so với P_4 (HSHQ = |-0,3198|) và P_{12} (HSHQ = |0,2334|). Từ hàm

(3.12) và (3.13) cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc vào P_{11-12} ($HSHQ = |0,2798|$) nhiều hơn so với P_{1-4} ($HSHQ = |-0,2332|$). Nói chung, sự nâng cao lượng nước bốc hơi vào mùa khô (tháng 1 - 4) là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, lượng nước bốc hơi nhiều vào cuối mùa mưa (tháng 10 - 12) là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

3.4.1.4. Vai trò của hệ số thủy nhiệt

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.1.6 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam tồn tại mối quan hệ chặt chẽ với K_{1-4} và K_{11-3} (Bảng 3.17). Những phân tích thống kê (Bảng 3.35) cho thấy, biến động của chỉ số Kd phụ thuộc khá chặt chẽ ($R^2 = 22,8\%$) vào biến động của K_{1-4} và K_{11-3} dưới dạng như hàm (3.14) và (3.15). Sai lệch của hàm (3.14) là 5,9%. Trong mối quan hệ này, yếu tố K_{11-3} ($HSHQ = |0,3118|$) đóng vai trò lớn hơn so với K_{1-4} ($HSHQ = |0,3041|$). Nói chung, sự gia tăng hệ số thủy nhiệt vào cuối mùa mưa năm trước đến mùa khô năm sau là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Bảng 3.35. Phân tích vai trò của hệ số thủy nhiệt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	0,8608		22,8	0,075	5,9
2	K_{1-4}	0,0598	0,3041			
3	K_{11-3}	0,0747	0,3118			
	Hàm	(3.14)	(3.15)			

3.4.1.5. Ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt độ không khí, lượng mưa và lượng nước bốc hơi vào tháng 1 - 4 đến tăng trưởng của Du sam

Những phân tích thống kê (Bảng 3.36) cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc chặt chẽ ($R^2 = 38,0\%$) vào biến động của T_{1-4} , M_{1-4} và P_{1-4} dưới dạng như hàm (3.16) và (3.17). Sai lệch của hàm (3.16) là 5,4%. Trong

mối quan hệ này, yếu tố T_{1-4} đóng vai trò lớn nhất ($HSHQ = |-0,3966|$); kế đến là M_{1-4} ($HSHQ = |0,2939|$); thấp nhất là P_{1-4} ($HSHQ = |-0,1395|$). Nói chung, sự nâng cao nhiệt độ không khí và lượng nước bốc hơi vào tháng 1 - 4 là điều kiện bất lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, mưa nhiều vào tháng 1 - 4 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Bảng 3.36. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí, lượng mưa và lượng nước bốc hơi tháng 1 - 4 đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	2,9072		38,0	0,068	5,4
2	T_{1-4}	-1,8645	-0,3966			
3	M_{1-4}	0,0582	0,2939			
4	P_{1-4}	-0,1023	-0,1395			
Hàm		(3.16)	(3.17)			

3.4.1.6. Xác định vai trò của những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng lớn nhất đến tăng trưởng của Du sam

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.4.1.1 - 3.4.1.3 đã chứng tỏ rằng, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc rất lớn vào biến động của 6 yếu tố: T_4 , T_{10} , M_5 , M_{10} , P_4 và P_{10} . Kết quả phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến (Bảng 3.37) cho thấy, giữa chỉ số Kd với 6 yếu tố khí hậu này tồn tại mối quan hệ rất chặt chẽ ($R^2 = 66,5\%$) dưới dạng như hàm (3.18) và (3.19). Sai lệch của hàm (3.18) là 3,7%. Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc lớn nhất vào T_4 ($HSHQ = |-0,3321|$); kế đến là M_5 ($HSHQ = |0,2939|$) và P_{10} ($HSHQ = |0,2255|$); thấp nhất là P_4 ($HSHQ = |-0,1192|$).

Nói chung, ba yếu tố khí hậu kiểm soát lớn nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam là nhiệt độ không khí tháng 4, lượng mưa tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10. Sự nâng cao lượng mưa tháng 5 và lượng nước bốc hơi

tháng 10 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng của Du sam. Trái lại, sự nâng cao nhiệt độ không khí tháng 4 và 10, lượng nước bốc hơi nhiều vào tháng 4 và mưa lớn vào tháng 10 là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Bảng 3.37. Phân tích ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt độ không khí, lượng mưa và lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R ²	±Se	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	3,3524		66,5	0,051	3,7
2	T ₄	-1,7823	-0,3321			
3	T ₁₀	-0,7091	-0,1833			
4	M ₅	0,0743	0,2939			
5	M ₁₀	-0,0392	-0,1494			
6	P ₄	-0,0395	-0,1192			
7	P ₁₀	0,1424	0,2255			
Hàm		(3.18)	(3.19)			

3.4.2. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với Bạch tùng

3.4.2.1. Vai trò của nhiệt độ không khí

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.2.1 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng có quan hệ khá chặt chẽ với ba yếu tố: T₆, T₇ và T₁₀ (Bảng 3.18). Kết quả phân tích hồi quy và tương quan (Bảng 3.38; Phụ lục 14) cho thấy, chỉ số Kd của Bạch tùng tồn tại mối quan hệ khá chặt chẽ (R² = 24,9%) với 3 yếu tố T₆, T₇ và T₁₀ dưới dạng như hàm (3.20) và (3.21). Sai lệch của hàm (3.20) là 5,9%. Từ số liệu ở Bảng 3.38 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc nhiều nhất vào T₆ (HSHQ = |-0,2730|) và T₁₀ (HSHQ = |-0,2166|); thấp nhất là T₇ (HSHQ = |-0,0902|). Nói chung, sự nâng cao nhiệt độ không khí dẫn đến sự suy giảm đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

Bảng 3.38. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R ²	±Se	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	4,0426		24,9	0,082	5,9
2	T ₆	-1,5397	-0,2730			
3	T ₇	-0,5918	-0,0902			
4	T ₁₀	-0,9139	-0,2166			
Hàm		(3.20)	(3.21)			

3.4.2.2. Vai trò của lượng mưa

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.2.2 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng có quan hệ khá chặt chẽ với 5 yếu tố mưa: M₃, M₁₁, M₁₋₄, M₁₁₋₁₂ và M₁₁₋₃ (Bảng 3.19). Bảng phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến (Bảng 3.39) cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc chặt chẽ (R² = 51,6%) vào 5 yếu tố mưa này dưới dạng như hàm (3.22) và (3.23). Sai lệch của hàm (3.22) là 4,9%.

Bảng 3.39. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R ²	±Se	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	1,0086		51,6	0,065	4,9
2	M ₃	0,0254	0,1841			
3	M ₁₁	-0,0780	-0,6522			
4	M ₁₋₄	0,0386	0,1786			
5	M ₁₁₋₁₂	-0,0187	-0,1386			
6	M ₁₁₋₃	-0,0131	-0,0502			
Hàm		(3.22)	(3.23)			

Trong mối quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc lớn nhất vào M_{11} ($HSHQ = |-0,6522|$); kế đến là M_3 ($HSHQ = |0,1841|$) và M_{1-4} ($HSHQ = |0,1786|$); thấp nhất là M_{11-3} ($HSHQ = |-0,0502|$). Nói chung, sự nâng cao lượng mưa từ tháng 11 đến tháng 12 là điều kiện bất lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, mưa lớn từ tháng 1 – 4 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

3.4.2.3. Vai trò của độ ẩm không khí

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.2.3 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng có quan hệ khá chặt chẽ với 5 yếu tố: Rh_5 , Rh_7 , Rh_{11} , Rh_{11-12} và Rh_{11-3} (Bảng 3.20). Bằng phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến (Bảng 3.40) cho thấy, biến động của chỉ số Kd ở Bạch tùng phụ thuộc tương đối chặt chẽ ($R^2 = 36,0\%$) vào 5 yếu tố độ ẩm không khí này dưới dạng như hàm (3.24) và (3.25). Sai lệch của hàm (3.24) là 5,8%. Trong mối quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc lớn nhất vào biến động của Rh_5 ($HSHQ = |-0,3085|$); kế đến là R_{11-3} ($HSHQ = |0,1975|$) và Rh_{11} ($HSHQ = |-0,1971|$); thấp nhất là Rh_7 ($HSHQ = |0,1152|$).

Bảng 3.40. Phân tích vai trò của độ ẩm không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	3,1403		36,0	0,076	5,8
2	Rh_5	-1,0120	-0,3085			
3	Rh_7	0,5979	0,1152			
4	Rh_{11}	-0,5028	-0,1971			
5	Rh_{11-12}	-0,5430	-0,1430			
6	Rh_{11-3}	-0,6818	-0,1975			
	Hàm	(3.24)	(3.25)			

Nói chung, sự nâng cao độ ẩm không khí vào tháng 5, 11, 11 – 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau dẫn đến sự suy giảm đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Lượng nước bốc hơi nhiều vào tháng 7 là điều kiện thuận lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

3.4.2.4. Vai trò của số giờ nắng

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.2.4 đã chỉ ra rằng, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng tồn tại mối quan hệ khá chặt chẽ với 6 yếu tố: N_1 , N_4 , N_7 , N_9 , N_{11} và N_{1-4} (Bảng 3.21). Bảng phân tích hồi quy và tương quan đa biến từng bước (Bảng 3.41) cho thấy, giữa chỉ số Kd và 6 yếu tố nắng này tồn tại mối quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 48,5\%$) dưới dạng như hàm (3.26) và (3.27). Sai lệch của hàm (3.26) là 4,9%. Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc lớn nhất vào biến động của N_1 (HSHQ = |-0,2898|); kế đến là N_4 (HSHQ = |-0,2732|) và N_9 (HSHQ = |0,1792|); thấp nhất là N_{11} (HSHQ = |0,1471|). Nói chung, sự nâng cao số giờ nắng vào tháng 1, 4 và 7 đều dẫn đến sự suy giảm đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 9 và 11 là điều kiện thuận lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

Bảng 3.41. Phân tích vai trò của số giờ nắng đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	1,4743		48,5	0,069	4,9
2	N_1	-0,2639	-0,2898			
3	N_4	-0,2548	-0,2732			
4	N_7	-0,0940	-0,1537			
5	N_9	0,0746	0,1792			
6	N_{11}	0,0622	0,1471			
	Hàm	(3.26)	(3.27)			

3.4.2.5. Vai trò của lượng nước bốc hơi

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.3.2.5 đã chỉ ra rằng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng có quan hệ khá chặt chẽ với 7 yếu tố: P_3 , P_4 , P_9 , P_{10} , P_{11} , P_{1-4} và P_{11-12} (Bảng 3.22). Bằng phân tích hồi quy và tương quan đa biến từng bước (Bảng 3.42) cho thấy, biến động của chỉ số Kd có quan hệ khá chặt chẽ ($R^2 = 37,2\%$) với 5 yếu tố (P_3 , P_4 , P_9 , P_{10} , P_{11}) dưới dạng như hàm (3.28) và (3.29). Sai lệch của hàm (3.28) là 5,3%. Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc lớn nhất vào biến động của P_{11} (HSHQ = |0,3101|); kế đến là P_9 (HSHQ = |0,2807|) và P_3 (HSHQ = |-0,1398|); thấp nhất là P_{10} (HSHQ = |0,0053|). Mặt khác, chỉ số Kd cũng tồn tại mỗi quan hệ tương đối chặt chẽ ($R^2 = 21,0\%$) với P_{1-4} và P_{11-12} dưới dạng như hàm (3.30) và (3.31); trong đó yếu tố P_{11-12} (HSHQ = |0,2883|) đóng vai trò lớn hơn so với P_{1-4} (HSHQ = |-0,2325|).

Bảng 3.42. Phân tích vai trò của lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	0,7185		37,2	0,077	5,3
2	P_3	-0,0807	-0,1398			
3	P_4	-0,0221	-0,0612			
4	P_9	0,1895	0,2807			
5	P_{10}	0,0037	0,0053			
6	P_{11}	0,1885	0,3101			
	Hàm	(3.28)	(3.29)			
1	Hằng số	0,9684		21,0	0,083	6,1
2	P_{1-4}	-0,1871	-0,2325			
3	P_{11-12}	0,2168	0,2883			
	Hàm	(3.30)	(3.31)			

Nói chung, sự nâng cao lượng nước bốc hơi vào cuối mùa mưa (tháng 11 – 12) là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, lượng nước bốc hơi nhiều từ tháng 1 – 4 là yếu tố bất lợi cho tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

3.4.2.6. Xác định vai trò của những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng lớn nhất đến tăng trưởng của Bạch tùng

Những phân tích ở Mục 3.4.1.1 - 3.4.1.5 đã chứng tỏ rằng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc rất lớn vào biến động của 7 yếu tố: T_6 , M_{11} , Rh_5 , N_1 , N_4 , P_9 và P_{11} . Bảng phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến từng bước (Bảng 3.43) cho thấy, biến động của chỉ số Kd có quan hệ rất chặt chẽ ($R^2 = 65,1\%$) với 7 yếu tố khí hậu này dưới dạng như hàm (3.32) và (3.33). Sai lệch của hàm 3.32 là 4,2%.

Bảng 3.43. Phân tích ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm không khí, số giờ nắng và lượng nước bốc hơi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	2,5995		65,1	0,058	4,2
2	T_6	-0,7321	-0,1298			
3	M_{11}	-0,0402	-0,3363			
4	Rh_5	-0,4321	-0,1317			
5	N_1	-0,2111	-0,2318			
6	N_4	-0,2480	-0,2659			
7	P_9	0,1369	0,2027			
8	P_{11}	-0,0737	-0,1213			
	Hàm	(3.32)	(3.33)			

Trong mối quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc lớn nhất vào M_{11} ($HSHQ = |-0,3363|$); kế đến là N_4 ($HSHQ = |-0,2659|$) và N_1 ($HSHQ = |-0,2318|$); thấp nhất là P_{11} ($HSHQ = |-0,1213|$). Điều đó chứng tỏ rằng lượng mưa vào tháng 11, số giờ nắng vào tháng 1 và 4 kiểm soát lớn nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

3.4.3. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với Đỉnh tùng

3.4.3.1. Vai trò của nhiệt độ không khí

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.3.1 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng có quan hệ khá chặt chẽ với 6 yếu tố: T_1 , T_2 , T_4 , T_5 , T_{1-4} và T_{11-3} (Bảng 3.25). Bảng phân tích hồi quy và tương quan đa biến từng bước (Bảng 3.44; Phụ lục 15) cho thấy, chỉ số Kd của Đỉnh tùng tồn tại mối quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 40,6\%$) với 4 yếu tố (T_1 , T_2 , T_4 , T_5) dưới dạng như hàm (3.34) và (3.35). Sai lệch của hàm 3.34 là 6,0%.

Bảng 3.44. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	4,9523		40,6	0,083	6,0
2	T_1	-1,4388	-0,3608			
3	T_2	-0,3137	-0,0918			
4	T_4	-0,9884	-0,1492			
5	T_5	-1,2127	-0,1735			
	Hàm	(3.34)	(3.35)			
1	Hằng số	4,3717		35,8	0,083	6,8
2	T_{1-4}	-3,2874	-0,5665			
3	T_{11-3}	-0,0822	-0,0107			
	Hàm	(3.36)	(3.37)			

Trong mối quan hệ này, yếu tố T_1 ($\text{HSHQ} = |-0,3601|$) ảnh hưởng đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng lớn hơn so với T_2 ($\text{HSHQ} = |-0,0918|$), T_4 ($\text{HSHQ} = |-0,1492|$) và T_5 ($\text{HSHQ} = |-0,1735|$). Mặt khác, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng cũng tồn tại mối quan hệ khá chặt chẽ với T_{1-4} và T_{11-3} ($R^2 = 35,8\%$) dưới dạng hàm (3.36) và (3.37); trong đó yếu tố T_{1-4} ($\text{HSHQ} = |-0,5665|$) đóng vai trò lớn hơn so với T_{11-3} ($\text{HSHQ} = |-0,0107|$). Từ những phân tích trên đây cho thấy, sự gia tăng nhiệt độ không khí vào mùa khô từ tháng 1 – 4 là yếu tố bất lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

3.4.3.2. Vai trò của lượng mưa

Những phân tích thống kê ở Mục 3.3.3.2 đã chứng tỏ rằng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng có quan hệ chặt chẽ với 4 yếu tố: M_1 , M_3 , M_6 và M_8 (Bảng 3.26). Những phân tích thống kê (Bảng 3.45) cho thấy, giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng và bốn yếu tố mưa này tồn tại mối quan hệ chặt chẽ ($R^2 = 47,6\%$) dưới dạng như hàm (3.38) và (3.39). Sai lệch của hàm 3.38 là 5,5%.

Bảng 3.45. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm\text{Se}$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	0,8579		47,6	0,078	5,5
2	M_1	-0,0376	-0,4412			
3	M_3	0,0452	0,2888			
4	M_6	0,0391	0,1110			
5	M_8	0,0968	0,3237			
Hàm		(3.38)	(3.39)			

Trong mối quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc lớn nhất vào M_1 ($\text{HSHQ} = |-0,4412|$); kế đến là M_8 ($\text{HSHQ} = |0,3237|$) và M_3 ($\text{HSHQ} = |0,2888|$); thấp nhất là M_6 ($\text{HSHQ} = |0,1110|$). Nói chung, sự nâng cao

lượng mưa vào tháng 1 dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, mưa lớn vào tháng 3, 6 và 8 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

3.4.3.3. Vai trò của số giờ nắng

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.3.3.4 cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng có quan hệ khá chặt chẽ với 7 yếu tố: N_1 , N_3 , N_6 , N_{11} , N_{1-4} , N_{5-10} và N_{11-12} (Bảng 3.28). Những phân tích hồi quy và tương quan đa biến từng bước (Bảng 3.46) cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc chặt chẽ ($R^2 = 46,8\%$) vào 4 yếu tố (N_1 , N_3 , N_6 , N_{11}) dưới dạng như hàm (3.40) và (3.41). Sai lệch của hàm (3.40) là 6,2%. Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc lớn nhất vào N_3 (HSHQ = |-0,3585|); kế đến là N_{11} (HSHQ = |0,2943|) và N_6 (HSHQ = |-0,2201|); thấp nhất là N_1 (HSHQ = |-0,0857|).

Bảng 3.46. Phân tích vai trò của số giờ nắng đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	1,5109		46,8	0,078	6,2
2	N_1	-0,0883	-0,0857			
3	N_3	-0,4096	-0,3585			
4	N_6	-0,1560	-0,2201			
5	N_{11}	0,1410	0,2943			
	Hàm	(3.40)	(3.41)			
1	Hằng số	1,8634		30,2	0,089	6,7
2	N_{1-4}	-0,5556	-0,3137			
3	N_{5-10}	-0,4134	-0,2751			
4	N_{11-12}	0,1046	0,1939			
	Hàm	(3.42)	(3.43)			

Mặt khác, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng cũng tồn tại mối quan hệ khá chặt chẽ ($R^2 = 30,2\%$) với 3 yếu tố (N_{1-4} , N_{5-10} , N_{11-12}) dưới dạng như hàm (3.42) và (3.43). Trong mỗi quan hệ này, yếu tố N_{1-4} ($HSHQ = |-0,3137|$) đóng vai trò lớn hơn so với N_{5-10} ($HSHQ = |-0,2751|$) và N_{11-12} ($HSHQ = |0,1939|$).

Từ những phân tích trên đây cho thấy, sự gia tăng số giờ nắng vào mùa khô từ tháng 1 - 4 và mùa mưa từ tháng 5 - 10 đều dẫn đến sự suy giảm đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 11 và 12 là yếu tố thuận lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

3.4.3.4. Xác định vai trò của những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng lớn nhất đến tăng trưởng của Đỉnh tùng

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.4.3.1 - 3.4.3.3 đã chứng tỏ rằng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc rất lớn vào 6 yếu tố khí hậu: T_1 , T_{1-4} , M_1 , M_8 , N_3 và N_{11} . Bằng phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến từng bước (Bảng 3.47) cho thấy, biến động của chỉ số Kd của Đỉnh tùng có quan hệ rất chặt chẽ ($R^2 = 63,7\%$) với 6 yếu tố khí hậu này dưới dạng như hàm (3.44) và (3.45). Sai lệch của hàm (3.44) là 4,6%. Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc lớn nhất vào biến động của M_1 ($HSHQ = |-0,2890|$); kế đến là T_{1-4} ($HSHQ = |-0,2698|$) và N_{11} ($HSHQ = |0,2400|$); thấp nhất là M_8 ($HSHQ = |0,1059|$).

Từ những phân tích trên đây cho thấy, ba yếu tố khí hậu kiểm soát lớn nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng là M_1 , T_{1-4} và N_{11} . Sự nâng cao lượng mưa tháng 1 và nhiệt độ không khí tháng 1 - 4 dẫn đến những ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, mưa nhiều vào tháng 8 và nắng nhiều vào tháng 11 là yếu tố thuận lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

Bảng 3.47. Phân tích ảnh hưởng tổng hợp của nhiệt độ không khí, lượng mưa và số giờ nắng đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R ²	±Se	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	3,1575		63,7	0,066	4,6
2	T ₁	-0,4903	-0,1230			
3	T ₁₋₄	-1,5660	-0,2698			
4	M ₁	-0,0246	-0,2890			
5	M ₈	0,0316	0,1059			
6	N ₃	-0,2206	-0,1931			
7	N ₁₁	0,1150	0,2400			
	Hàm	(3.44)	(3.45)			

3.5. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với những yếu tố khí hậu

3.5.1. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với khí hậu

3.5.1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ không khí

Những mẫu vòng năm của Du sam được thu thập ở hai cấp độ cao 1.000 - 1.200 m và 1.200 m - 1.400 m so với mực nước biển (Phụ lục 16). Ở độ cao 1.000 - 1.200 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam (Phụ lục 16.1) diễn ra mạnh vào các năm 1980, 1982, 1989, 1994, 2007 và 2012, còn tăng trưởng kém vào các năm 1981, 1983, 1990, 1999 và 2013. Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam (Phụ lục 16.2) xảy ra mạnh vào các năm 1984, 1989, 1992, 1997 và 2004, còn tăng trưởng kém vào các năm 1980, 1991, 1998, 2005 và 2008. Nói chung, biến động bề rộng vòng năm của Du sam ở hai cấp độ cao này là không tương đồng với nhau ($r_k = -0,052$; P

= 0,772). Điều đó chứng tỏ độ cao địa hình đã ảnh hưởng đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Phân tích mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Du sam ở hai cấp độ cao này với nhiệt độ không khí từ năm 1981 - 2013 (Phụ lục 17) cho thấy, phản ứng của Du sam với nhiệt độ không khí thay đổi tùy theo độ cao so với mặt nước biển. Ở độ cao 1.000 - 1.200 m, sự nâng cao nhiệt độ không khí từ tháng 1 – 10 đã dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 11 và 12 lại kéo theo sự gia tăng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, chỉ số Kd của Du sam chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với T_4 ($r = -0,656$; $P < 0,001$), T_7 ($r = -0,535$; $P < 0,001$), T_{11} ($r = 0,348$; $P = 0,047$), T_{12} ($r = 0,407$; $P = 0,019$), T_{1-4} ($r = -0,352$; $P = 0,045$) và T_{11-12} ($r = 0,441$; $P < 0,010$). Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát mạnh nhất bởi T_4 ($HSHQ = |-0,4285|$); kế đến là T_7 ($HSHQ = |-0,2777|$) và T_{11-12} ($HSHQ = |-0,2467|$); thấp nhất là T_{11} ($HSHQ = |-0,0272|$) (Bảng 3.48).

Bảng 3.48. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.000 - 1.200 m.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy ^(*)		R ²	±Se	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	4,5481		50,6	0,094	6,7
2	T_4	-3,3778	-0,4285			
3	T_7	-2,4531	-0,2777			
4	T_{11}	-0,1314	-0,0272			
5	T_{12}	0,2032	0,0444			
6	T_{1-4}	0,8003	0,1159			
7	T_{11-12}	1,4017	0,2467			
Hàm		(3.46)	(3.47)			

Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, sự nâng cao nhiệt độ không khí từ tháng 1 – 12 đã dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du

sam. Tuy vậy, chỉ số Kd của Du sam chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với T_1 ($r = -0,399$; $P = 0,022$), T_6 ($r = -0,611$; $P < 0,001$), T_7 ($r = -0,336$; $P = 0,056$), T_{10} ($r = -0,701$; $P < 0,001$), T_{1-4} ($r = -0,406$; $P = 0,019$), T_{5-10} ($r = -0,629$; $P < 0,001$) và T_{11-3} ($r = -0,431$; $P < 0,012$). Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát mạnh nhất bởi T_{10} ($\text{HSHQ} = |-0,5522|$); kế đến là T_6 ($\text{HSHQ} = |-0,3177|$) và T_1 ($\text{HSHQ} = |-0,2039|$); thấp nhất là T_{11-3} ($\text{HSHQ} = |-0,0556|$) (Bảng 3.49).

Bảng 3.49. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.200 - 1.400 m.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm\text{Se}$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	5,7933		62,8	0,069	5,1
2	T_1	-0,8309	-0,2039			
3	T_6	-2,0726	-0,3177			
4	T_7	0,7553	0,0995			
5	T_{10}	-2,6950	-0,5522			
6	T_{1-4}	-0,5029	-0,0848			
7	T_{5-10}	0,9880	0,0950			
8	T_{11-3}	-0,4360	-0,0556			
Hàm		(3.48)	(3.49)			

Từ những phân tích trên đây cho thấy, ở độ cao 1.000 - 1.200 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát mạnh nhất bởi T_4 , T_7 và T_{11-12} . Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát mạnh nhất bởi T_1 , T_6 và T_{10} . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc nhiều nhất vào yếu tố T_4 , T_7 và T_{5-10} . Nói chung, nhiệt độ không khí gia tăng đều dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Nói cách khác, Du sam đòi

hỏi chế độ nhiệt thấp. Trong mối quan hệ này, yếu tố độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với nhiệt độ không khí.

3.5.1.2. Ảnh hưởng của lượng mưa

Phản ứng của Du sam với lượng mưa thay đổi tùy theo độ cao địa hình (Phụ lục 18). Ở độ cao 1.000 - 1.200 m so với mặt nước biển, lượng mưa lớn vào tháng 1, 2 và tháng 6 - 12 đã dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa từ tháng 3 - 5 và tổng lượng mưa tháng 1 - 4, 5 - 10 và 7 - 9 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, chỉ số Kd của Du sam chỉ tồn tại mối quan hệ rõ rệt với M_4 ($r = 0,315$; $P = 0,075$) và M_5 ($r = 0,343$; $P = 0,051$). Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, sự gia tăng lượng mưa từ tháng 1 - 8 và tổng lượng mưa tháng 1 - 4 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa từ tháng 9 đến tháng 12, tổng lượng mưa tháng 5 - 10, tháng 7 - 9, tháng 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Những phân tích thống kê cho thấy, ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, chỉ số Kd của Du sam biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với M_1 ($r = 0,349$; $P = 0,043$), M_3 ($r = 0,434$; $P = 0,012$), M_9 ($r = -0,438$; $P = 0,011$), M_{10} ($r = -0,402$; $P = 0,021$), M_{11} ($r = -0,408$; $P = 0,018$), M_{12} ($r = -0,420$; $P = 0,012$), M_{1-4} ($r = 0,364$; $P = 0,038$) và M_{11-12} ($r = -0,492$; $P = 0,004$). Trong mối quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc lớn nhất vào M_{11-12} ($\text{HSHQ} = |-0,4783|$); kế đến là M_9 ($\text{HSHQ} = |-0,2042|$) và M_1 ($\text{HSHQ} = |0,1797|$); thấp nhất là M_{12} ($\text{HSHQ} = |-0,0250|$) (Bảng 3.50).

Những phân tích trên đây đã chứng tỏ rằng, ở độ cao 1.000 - 1.200 m so với mặt nước biển, hai yếu tố M_4 và M_5 có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát chặt chẽ bởi M_1 , M_9 và

M_{11-12} . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc nhiều nhất vào biến động của lượng mưa tháng 4, 5 và 10.

Bảng 3.50. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.200 - 1.400 m.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	1,0973		50,6	0,094	6,7
2	M_1	0,0156	0,1797			
3	M_3	0,0272	0,1707			
4	M_9	-0,0636	-0,2042			
5	M_{10}	-0,0322	-0,0972			
6	M_{11}	0,0190	0,1376			
7	M_{12}	-0,0029	-0,0250			
8	M_{14}	0,0123	0,0492			
9	M_{11-12}	-0,0747	-0,4783			
Hàm		(3.50)	(3.51)			

3.5.1.3. Ảnh hưởng của hệ số thủy nhiệt

Phản ứng của Du sam với hệ số thủy nhiệt thay đổi tùy theo độ cao địa hình (Phụ lục 19). Ở độ cao 1.000 - 1.200 m so với mặt nước biển, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào tháng 2, 4, 5, 10, 11, 1 - 4, 5 - 10, 11 - 12 và 11 - 3 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào các tháng 1, 3, 6, 7, 8 và 12 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, chỉ số Kd của Du sam chỉ tồn tại mối quan hệ tương đối rõ rệt với K_6 ($r = -0,350$; $P = 0,046$) và K_9 ($r = 0,323$; $P = 0,067$). Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt từ tháng 1 - 4, 8 - 9, 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy

nhật vào tháng 5, 7, 10, 12 và 5 – 10 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tuy vậy, chỉ số Kd của Du sam chỉ tồn tại mối quan hệ rõ rệt với K_3 ($r = 0,322$; $P = 0,067$), K_4 ($r = 0,341$; $P = 0,052$), K_5 ($r = -0,441$; $P = 0,010$), K_{11} ($r = 0,369$; $P = 0,035$), K_{1-4} ($r = 0,421$; $P = 0,015$), K_{11-12} ($r = 0,356$; $P = 0,042$) và K_{11-3} ($r = 0,539$; $P = 0,001$). Trong mỗi quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát mạnh nhất bởi K_5 ($\text{HS HQ} = |-0,3981|$), K_3 ($\text{HS HQ} = |0,2764|$), K_{1-4} ($\text{HS HQ} = |0,3979|$) và K_{11-3} ($\text{HS HQ} = |0,2598|$) (Bảng 3.51).

Bảng 3.51. Phân tích vai trò của hệ số thủy nhiệt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở độ cao 1.200 - 1.400 m.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	1,0439		32,1	0,091	6,6
2	K_3	0,0441	0,2764			
3	K_4	0,0381	0,1664			
4	K_5	-0,1254	-0,3981			
5	K_{11}	-0,0048	-0,0157			
	Hàm	(3.52)	(3.53)			
1	Hằng số	0,7805		39,4	0,084	6,6
2	K_{1-4}	0,0988	0,3979			
3	K_{11-12}	0,0380	0,2433			
4	K_{11-3}	0,0785	0,2598			
	Hàm	(3.54)	(3.55)			

Những phân tích trên đây đã chứng tỏ rằng, ở độ cao 1.000 - 1.200 m so với mặt nước biển, hai yếu tố K_6 và K_9 có ảnh hưởng rõ rệt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát chặt chẽ bởi K_3 , K_5 , K_{1-4} và

K_{11-3} . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của *Du sam* phụ thuộc nhiều nhất vào biến động của K_4 , K_{1-4} và K_{11-3} . Nói chung, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của *Du sam* với hệ số thủy nhiệt.

3.5.2. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với khí hậu

3.5.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ không khí

Những mẫu vòng năm của Bạch tùng được thu thập ở hai cấp độ cao 1.200 - 1.400 m và 1.400 m - 1.600 m so với mặt nước biển (Phụ lục 20). Phân tích phản ứng của Bạch tùng ở hai cấp độ cao này với nhiệt độ không khí (Phụ lục 21) cho thấy, ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 1, 3, 8 và 9 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 2, 4 - 7, 10 - 12, 1 - 4, 5 - 10, 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tuy vậy, mối quan hệ giữa chỉ số K_d của Bạch tùng với nhiệt độ không khí chỉ biểu hiện rõ rệt vào tháng 9 ($r = 0,352$; $P = 0,044$) và tháng 10 ($r = -0,388$; $P = 0,026$). Ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 2 và tháng 12 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao nhiệt độ vào tháng 1 và tháng 4 - 11 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Mối quan hệ giữa chỉ số K_d của Bạch tùng với nhiệt độ không khí biểu hiện rõ rệt vào tháng 6 ($r = -0,536$; $P = 0,001$), tháng 7 ($r = -0,509$; $P = 0,002$) và tháng 5 - 10 ($r = -0,450$; $P = 0,009$). Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc nhiều nhất vào T_6 , T_7 và T_{10} .

Nói chung, sự nâng cao nhiệt độ không khí dẫn đến sự suy giảm mạnh đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với nhiệt độ không

khí. Phản ứng của Bạch tùng với nhiệt độ không khí ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển biểu hiện rõ rệt hơn so với độ cao 1.200 - 1.400 m.

3.5.2.2. Ảnh hưởng của lượng mưa

Phản ứng của Bạch tùng với lượng mưa thay đổi tùy theo độ cao so với mặt nước biển (Phụ lục 22). Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, lượng mưa lớn vào tháng 1, 5, 9, 11, 7 - 9, 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, lượng mưa lớn vào tháng 2 - 4, 6 - 8, 10, 12 và tổng lượng mưa từ tháng 1 - 4 và 5 - 10 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tuy vậy, mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng với lượng mưa chỉ biểu hiện rõ vào tháng 6 ($r = 0,370$; $P = 0,034$), tháng 11 ($r = -0,675$; $P < 0,001$), tháng 11 - 12 ($r = -0,618$; $P < 0,001$) và tháng 11 - 3 ($r = -0,581$; $P < 0,001$). Trong mỗi quan hệ này, yếu tố M_{11} ($HSHQ = |-0,6102|$) đóng vai trò lớn hơn so với yếu tố M_6 ($HSHQ = |0,3225|$). Ngoài ra, yếu tố M_{11-12} ($HSHQ = |-0,5551|$) ảnh hưởng đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng lớn hơn so với M_{11-3} ($HSHQ = |-0,0717|$) (Bảng 3.52).

Bảng 3.52. Phân tích vai trò của lượng mưa đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng ở độ cao 1.200 - 1.400 m.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	0,9563		53,1	0,095	6,3
2	M_6	0,1553	0,3225			
3	M_{11}	-0,1132	-0,6102			
	Hàm	(3.56)	(3.57)			
1	Hằng số	1,1170		41,9	0,108	7,9
2	M_{11-12}	-0,1030	-0,5551			
3	M_{11-3}	-0,0150	-0,0717			
	Hàm	(3.58)	(3.59)			

Ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, lượng mưa lớn từ tháng 1 – 7 là điều kiện thuận lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa từ tháng 8 - 12, 5 – 10, 7 – 9, 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Mỗi quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng với M chỉ biểu hiện rõ rệt vào tháng 3 ($r = 0,419$; $P = 0,015$) và tháng 10 ($r = -0,392$; $P = 0,024$).

Từ những phân tích trên đây cho thấy, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với lượng mưa. Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, ba yếu tố M_6 , M_{11} và M_{11-12} kiểm soát tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, khi phân bố ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc vào biến động của hai yếu tố M_3 và M_{10} . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc lớn nhất vào hai yếu tố M_3 và M_{11} .

3.5.2.3. Ảnh hưởng của hệ số thủy nhiệt

Phản ứng của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt thay đổi tùy theo độ cao địa hình (Phụ lục 23). Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào tháng 2 – 4, 6 – 8, 11, 1 – 4, 5 – 10, 11 – 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào tháng 1, 5, 9 và 12 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tuy vậy, mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt chỉ biểu hiện rõ vào tháng 8 ($r = 0,387$; $P = 0,026$). Ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt từ tháng 1 – 5, 7, 10 – 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào tháng 6, 8 và 9 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Mỗi quan hệ giữa chỉ số Kd của Bạch tùng với K chỉ biểu hiện rõ rệt vào tháng 11 - 3 ($r = 0,441$; $P = 0,010$).

Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào các tháng từ 1 – 8 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào các tháng 9 - 12 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Nói chung, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt. Khi phân bố ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, hệ số thủy nhiệt cao vào đầu mùa khô có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Trái lại, khi phân bố ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, sự gia tăng hệ số thủy nhiệt vào mùa khô và cuối mùa mưa đều có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

3.5.3. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với khí hậu

3.5.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ không khí

Những mẫu vòng năm của Đinh tùng được thu thập ở hai cấp độ cao 1.200 - 1.400 m và 1.400 m - 1.600 m so với mặt nước biển (Phụ lục 24). Những phân tích thống kê (Phụ lục 25) cho thấy, ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, sự nâng cao nhiệt độ không khí từ tháng 1 đến tháng 12 đều dẫn đến những ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Tuy vậy, chỉ số Kd của Đinh tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với T_5 ($r = -0,376$; $P = 0,031$), T_{11} ($r = -0,601$; $P < 0,001$), T_{11-12} ($r = -0,453$; $P = 0,008$) và T_{11-3} ($r = -0,542$; $P = 0,001$). Trong mối quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng phụ thuộc vào T_{11} ($HSHQ = |-0,5834|$) lớn hơn so với T_5 ($HSHQ = |-0,3927|$). Ngoài ra, yếu tố T_{11-3} ($HSHQ = |-0,3270|$) đóng vai trò lớn hơn so với T_{11-12} ($HSHQ = |-0,2765|$) (Bảng 3.53). Ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 1 – 9, 12, 1 – 4, 5 - 10 và 11 – 3 đã dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Trái lại, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 10 và 11 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Tuy vậy, chỉ số Kd của Đinh tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với T_1 ($r = -0,485$; $P = 0,004$), T_2 ($r = -0,617$; $P < 0,001$), T_3 ($r = -0,409$; $P < 0,018$), T_4

($r = -0,336$; $P = 0,056$), T_5 ($r = -0,573$; $P < 0,001$), T_{11} ($r = 0,385$; $P = 0,027$), T_{1-4} ($r = -0,591$; $P < 0,001$) và T_{11-3} ($r = -0,461$; $P = 0,007$). Trong mối quan hệ này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc nhiều nhất vào T_2 (HSHQ = $|-0,2825|$) và T_5 (HSHQ = $|-0,2165|$). Ngoài ra, yếu tố T_{1-4} (HSHQ = $|-0,4628|$) đóng vai trò lớn hơn so với T_{11-3} (HSHQ = $|-0,1161|$) (Bảng 3.54).

Bảng 3.53. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng ở độ cao 1.200 - 1.400 m.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R^2	$\pm Se$	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	9,9820		53,6	0,116	9,4
2	T_5	-4,3561	-0,3927			
3	T_{10}	-0,8639	-0,1139			
4	T_{11}	-3,7638	-0,5834			
	Hàm	(3.60)	(3.61)			
1	Hằng số	8,9766		34,2	0,138	11,2
2	T_{5-10}	-1,8971	-0,1174			
3	T_{11-12}	-2,0965	-0,2765			
4	T_{11-3}	-3,9849	-0,3270			
	Hàm	(3.62)	(3.63)			

Từ những phân tích trên đây cho thấy, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng với nhiệt độ không khí. Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, bốn yếu tố T_5 , T_{11} , T_{11-12} và T_{11-3} kiểm soát tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, khi phân bố ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc chủ yếu vào biến động của ba yếu tố T_2 , T_5 và T_{1-4} . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng phụ thuộc lớn nhất vào T_1 và T_{1-4} .

Bảng 3.54. Phân tích vai trò của nhiệt độ không khí đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng ở độ cao 1.400 - 1.600 m.

TT	Tham số	Hệ số hồi quy		R ²	±Se	MAPE
		Chưa chuẩn hóa	Chuẩn hóa			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Hằng số	6,3679		38,8	0,133	9,8
2	T ₁	-1,0070	-0,1555			
3	T ₂	-1,5676	-0,2825			
4	T ₃	-0,1553	-0,0198			
5	T ₄	-0,1845	-0,0172			
6	T ₅	-2,4561	-0,2165			
	Hàm	(3.64)	(3.65)			
1	Hằng số	6,8395		33,0	0,139	11,1
2	T ₁₋₄	-4,3903	-0,4628			
3	T ₁₁₋₃	-1,4479	-0,1161			
	Hàm	(3.66)	(3.67)			

3.5.3.2. Ảnh hưởng của lượng mưa

Phản ứng của Đỉnh tùng với lượng mưa thay đổi tùy theo độ cao so với mặt nước biển (Phụ lục 26). Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, lượng mưa lớn vào tháng 1, 4, 9 - 12, 1 - 4 và 11 - 12 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, lượng mưa lớn vào tháng 2, 3, 5 - 8 và tổng lượng mưa từ tháng 5 - 10 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Tuy vậy, chỉ số Kd của Đỉnh tùng chỉ biểu hiện mối quan hệ rõ với M₃ (r = 0,339; P = 0,053) và M₁₀ (r = -0,492; P < 0,001). Ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, lượng mưa lớn từ tháng 1, 2, 4, 7, 11, 1 - 4, 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12 và tổng lượng mưa từ

tháng 5 – 10 có ảnh hưởng tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Tuy vậy, mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Đinh tùng với lượng mưa chỉ biểu hiện rõ rệt vào tháng 1 ($r = -0,572$; $P = 0,001$) và tháng 8 ($r = 0,325$; $P = 0,065$). Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng phụ thuộc lớn nhất vào M_1 , M_3 và M_8 .

Nói chung, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng với lượng mưa. Khi phân bố ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng phụ thuộc vào lượng mưa tháng 3 và 10. Trái lại, khi phân bố ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng phụ thuộc vào lượng mưa tháng 1 và 8.

3.5.3.3. Ảnh hưởng của hệ số thủy nhiệt

Những phân tích thống kê (Phụ lục 27) cho thấy, ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào tháng 1, 2, 8, 10, 11, 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào tháng 3, 4, 6, 7, 9, 1 - 4 và 5 – 10 có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Đinh tùng với hệ số thủy nhiệt chỉ biểu hiện rõ rệt vào tháng 12 ($r = 0,505$; $P = 0,003$). Ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt từ tháng 2, 5, 9, 10, 12 và tháng 5 - 10 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Trái lại, sự nâng cao hệ số thủy nhiệt vào tháng 1, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 1 - 4, 11 - 12 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Tuy vậy, mối quan hệ giữa chỉ số Kd của Đinh tùng với hệ số thủy nhiệt chỉ biểu hiện rõ rệt vào tháng 1 ($r = -0,470$; $P = 0,006$) và tháng 11 – 3 ($r = -0,364$; $P = 0,037$).

Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, hệ số thủy nhiệt nâng cao vào tháng 2, 4, 5, 6, 10, 12, 1 - 4 và 5 - 10 có ảnh hưởng tốt đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Trái lại, hệ số thủy nhiệt nâng cao vào tháng 1, 3, 7, 8, 9, 11, 11 - 12

và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau có ảnh hưởng xấu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng.

Nói chung, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Đinh tùng với hệ số thủy nhiệt. Khi phân bố ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng phụ thuộc chủ yếu vào hệ số thủy nhiệt tháng 12. Trái lại, khi phân bố ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng phụ thuộc chủ yếu vào hệ số thủy nhiệt tháng 1 và tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau.

3.6. Phản ứng của Du sam trong quần xã thực vật và trên đất trồng với biến động của những yếu tố khí hậu

3.6.1. Chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng

Hai chuỗi chỉ số Kd của Du sam trong QXTV và trên đất trồng thu thập được tương ứng là 192 năm (Phụ lục 4) và 177 năm (Phụ lục 28). Giá trị trung bình của hai chuỗi chỉ số Kd này là 1,0. Biên độ dao động của chỉ số Kd trên đất trồng ($Kd = 0,43 - 1,64$) lớn hơn so với chỉ số Kd trong QXTV ($Kd = 0,78 - 1,21$). Hệ số biến động và hệ số tự tương quan thứ nhất đối với chỉ số Kd trên đất trồng (tương ứng $CV = 21,5\%$; $R^+ = -0,658$) cũng lớn hơn so với QXTV ($CV = 9,0\%$; $R^+ = -0,591$) (Bảng 3.55). Sự biến động của chỉ số Kd chứng tỏ rằng môi trường sống khác nhau đã chi phối đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

3.6.2. Phản ứng của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với khí hậu

3.6.2.1. Phản ứng của Du sam với nhiệt độ không khí

Những phân tích thống kê (Phụ lục 29) cho thấy, Du sam mọc trong QXTV phản ứng rõ rệt với T_1 , T_2 , T_4 , T_6 , T_7 , T_{10} , T_{1-4} và T_{5-10} ; trong đó yếu tố T_4 và T_{10} đóng vai trò lớn nhất. Trái lại, khi mọc trên đất trồng, chỉ số Kd chỉ tồn tại mối quan hệ rõ rệt với T_5 ($r = -0,470$; $P = 0,013$), T_{12} ($r = -0,480$; $P < 0,011$), T_{5-10} ($r = -0,382$; $P < 0,049$) và T_{11-3} ($r = -0,439$; $P = 0,022$). Những phân tích trên đây chứng tỏ rằng, phản ứng của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với nhiệt độ không khí là khác nhau.

Bảng 3.55. Đặc trưng thống kê đối với chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng.

TT	Thống kê	Chỉ số Kd của Du sam:	
		Trong QXTV ^(*)	Trên đất trồng ^(**)
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Số vòng năm	192	177
2	Trung bình	1,0	1,0
3	Sai tiêu chuẩn	0,09	0,22
4	Sai số chuẩn	0,01	0,02
5	Nhỏ nhất	0,78	0,43
6	Lớn nhất	1,21	1,64
7	CV%	9,0	21,5
8	R ⁺	-0,591	-0,658
9	mS _x	0,130	0,313

(*) Số liệu từ Bảng 3.9. (**) Nguyễn Văn Nhân, 2011.

3.6.2.2. Phản ứng của Du sam với lượng mưa

Kết quả nghiên cứu (Phụ lục 30) cho thấy, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV có mối quan hệ rõ rệt với M_3 , M_4 , M_5 , M_{10} , M_{12} , M_{1-4} và M_{11-12} ; trong đó hai yếu tố M_5 và M_{10} đóng vai trò lớn nhất. Trái lại, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trên đất trồng biểu hiện mối quan hệ rõ rệt với M_3 ($r = 0,443$; $P = 0,021$), M_7 ($r = 0,384$; $P < 0,048$), M_8 ($r = -0,472$; $P < 0,013$), M_9 ($r = 0,388$; $P < 0,045$) và M_{11-12} ($r = -0,401$; $P = 0,038$); trong đó hai yếu tố M_3 và M_8 đóng vai trò lớn nhất. Từ những phân tích so sánh trên đây cho thấy, phản ứng của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với lượng mưa là khác nhau.

3.6.2.3. Phản ứng của Du sam với hệ số thủy nhiệt

Những phân tích thống kê (Phụ lục 31) cho thấy, chỉ số Kd của Du sam trong QXTV tồn tại mối quan hệ rõ rệt với K_4 ($r = 0,375$; $P = 0,032$), K_{1-4} ($r = 0,338$; $P < 0,035$) và K_{11-3} ($r = 0,374$; $P = 0,032$). Trái lại, khi mọc ở điều kiện đất trồng, Du sam phản ứng rõ rệt với sự thay đổi của K_3 ($r = 0,441$; $P = 0,021$), K_7 ($r = 0,384$; $P = 0,048$), K_8 ($r = -0,457$; $P = 0,017$), K_9 ($r = 0,391$; $P = 0,044$) và K_{11-12} (r

= -0,388; P = 0,046). Từ những phân tích so sánh trên đây cho thấy, phản ứng của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với hệ số thủy nhiệt là khác nhau.

3.7. Dự đoán tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng dựa theo những yếu tố khí hậu

3.7.1. Dự đoán tăng trưởng của Du sam dựa theo những yếu tố khí hậu

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.4.1.6 đã chứng tỏ rằng ba yếu tố khí hậu đóng vai trò lớn nhất đối với tăng bề rộng vòng năm của Du sam là T_4 , M_5 và P_{10} (Bảng 3.37). Vì thế, ba yếu tố khí hậu này đã được sử dụng để dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Những phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 32) cho thấy, hàm dự đoán chỉ số Kd đối với Du sam dựa theo ba chỉ số khí hậu (T_4 , M_5 và P_{10}) có dạng như hàm (3.69). Sai lệch trung bình của hàm (3.69) là 4,2%.

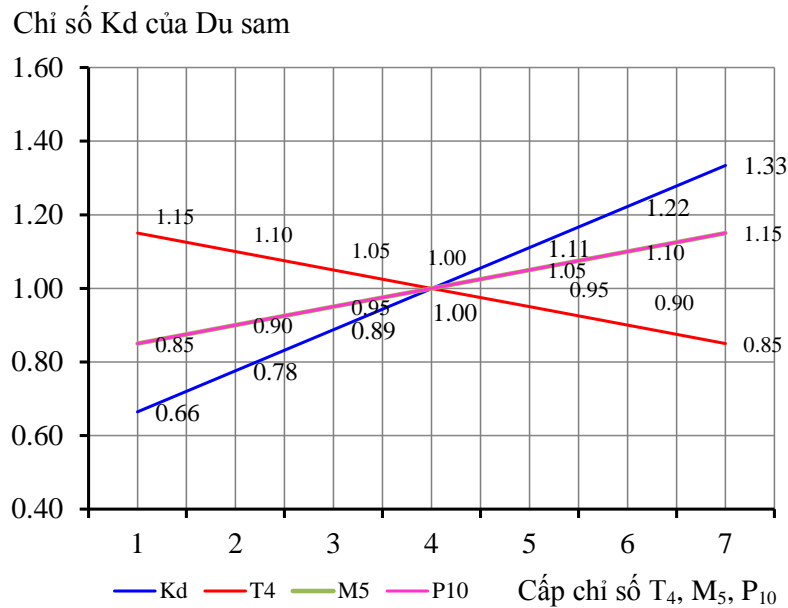
$$Kd = 2,56065 - 1,89668 * T_4 + 0,0679015 * M_5 + 0,267313 * P_{10} \quad (3.69)$$

$$R^2 = 59,2\%; \pm Se = 0,053; MAE = 0,041; MAPE = 4,2\%.$$

Từ hàm (3.69) cho thấy, khi chỉ số T_4 thay đổi từ 1,15 đến 0,85 và M_5 và P_{10} thay đổi từ 0,85 đến 1,15, thì chỉ số Kd của Du sam tăng dần từ 0,66 đến 1,33. Khi ba chỉ số T_4 , M_5 và P_{10} nhận giá trị bằng 1,0, thì chỉ số Kd của Du sam cũng nhận giá trị bằng 1,0 (Bảng 3.56; Hình 3.15).

Bảng 3.56. Dự đoán chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam theo ba chỉ số khí hậu.

TT	Chỉ số Kd	Yếu tố khí hậu:		
		T_4	M_5	P_{10}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0,66	1,15	0,85	0,85
2	0,78	1,10	0,90	0,90
3	0,89	1,05	0,95	0,95
4	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,11	0,95	1,05	1,05
6	1,22	0,90	1,10	1,10
7	1,33	0,85	1,15	1,15



Hình 3.15. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam theo ba chỉ số khí hậu (T₄, M₅ và P₁₀).

3.7.2. Dự đoán tăng trưởng của Bạch tùng dựa theo những yếu tố khí hậu

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.4.2.6 đã chứng tỏ rằng ba yếu tố khí hậu đóng vai trò lớn nhất đối với tăng bề rộng vòng năm của Bạch tùng là M₁₁, N₁ và N₄ (Bảng 3.43). Vì thế, những yếu tố khí hậu này đã được sử dụng để dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

Những phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 33) cho thấy, hàm dự đoán chỉ số Kd của Bạch tùng dựa theo ba chỉ số khí hậu (N₁, N₄ và M₁₁) có dạng như hàm (3.70). Sai lệch của hàm (3.70) là 4,5%.

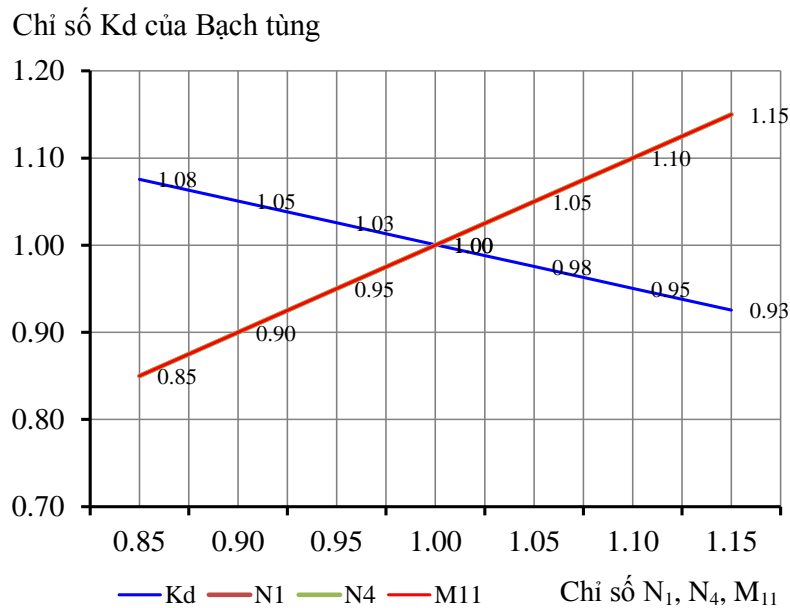
$$Kd = 1,50133 - 0,225009 \cdot N_1 - 0,223064 \cdot N_4 - 0,0526812 \cdot M_{11} \quad (3.70)$$

$$R^2 = 57,0\%; \pm Se = 0,061; MAE = 0,043; MAPE = 4,5\%.$$

Từ hàm (3.70) cho thấy, khi ba chỉ số N₁, N₄ và M₁₁ gia tăng từ 0,85 đến 1,15, thì chỉ số Kd của Bạch tùng giảm dần từ 1,08 đến 0,93. Khi ba chỉ số khí hậu này nhận giá trị bằng 1,0 thì chỉ số Kd của Bạch tùng cũng nhận giá trị bằng 1,0 (Bảng 3.57; Hình 3.16).

Bảng 3.57. Dự đoán chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng theo ba chỉ số khí hậu.

TT	Chỉ số Kd	Yếu tố khí hậu:		
		N_1	N_4	M_{11}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1,08	0,85	0,85	0,85
2	1,05	0,90	0,90	0,90
3	1,03	0,95	0,95	0,95
4	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,98	1,05	1,05	1,05
6	0,95	1,10	1,10	1,10
7	0,93	1,15	1,15	1,15

**Hình 3.16.** Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng theo ba chỉ số khí hậu (N_1 , N_4 và M_{11}).

3.7.3. Dự đoán tăng trưởng của Đỉnh tùng dựa theo những yếu tố khí hậu

Kết quả nghiên cứu ở Mục 3.4.3.4 đã chứng tỏ rằng ba yếu tố kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng là T_{1-4} , M_1 và N_{11} (Bảng 3.47). Vì thế, những yếu tố khí hậu này đã được sử dụng để dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

Những phân tích hồi quy và tương quan (Phụ lục 34) cho thấy, hàm dự đoán chỉ số Kd của Đỉnh tùng dựa theo ba chỉ số khí hậu (T_{1-4} , M_1 và N_{11}) có dạng như hàm (3.71). Sai lệch của hàm (3.71) là 5,0%.

$$Kd = 3,21597 - 2,33996 * T_{1-4} - 0,0250939 * M_1 + 0,152877 * N_{11} \quad (3.71)$$

$$R^2 = 55,4\%; \pm Se = 0,069; MAE = 0,049; MAPE = 5,0\%.$$

Từ hàm (3.71) cho thấy, khi hai chỉ số T_{1-4} và M_1 tăng dần từ 0,85 đến 1,15 và N_{11} giảm dần từ 1,15 đến 0,85, thì chỉ số Kd của Đỉnh tùng giảm dần từ 1,38 đến 0,63. Khi ba chỉ số T_{1-4} , M_1 và N_{11} nhận giá trị bằng 1,0 thì chỉ số Kd của Đỉnh tùng cũng nhận giá trị bằng 1,0 (Bảng 3.58; Hình 3.17).

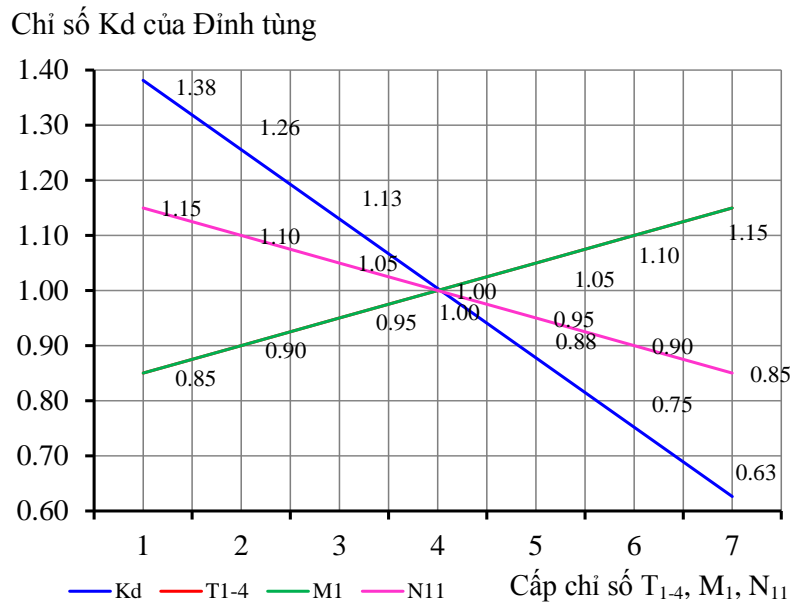
Bảng 3.58. Dự đoán chỉ số bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng theo ba yếu tố khí hậu.

TT	Chỉ số Kd	Yếu tố khí hậu:		
		T_{1-4}	M_1	N_{11}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1,38	0,85	0,85	1,15
2	1,26	0,90	0,90	1,10
3	1,13	0,95	0,95	1,05
4	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,88	1,05	1,05	0,95
6	0,75	1,10	1,10	0,90
7	0,63	1,15	1,15	0,85

3.7.4. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đỉnh tùng

Điều kiện thời tiết thuận lợi và không thuận lợi đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này được phân chia thành 3 cấp: tốt, bình thường và xấu. Ba cấp điều kiện thời tiết này tương ứng với ba cấp sinh trưởng tốt ($Kd > 1,05$), trung bình ($Kd = 0,95 - 1,05$) và kém ($Kd < 0,95$). Phạm vi biến động của các yếu tố khí hậu tương ứng với ba cấp điều kiện thời tiết đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đỉnh tùng được dẫn ra ở Bảng 3.59 –

3.61. Phân tích số liệu ở Bảng 3.59 cho thấy, những năm có $T_4 < 18,5^{\circ}\text{C}$, $M_5 > 325$ mm và $P_{10} > 70$ mm là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, những năm có $T_4 > 19,5^{\circ}\text{C}$, $M_5 < 125$ mm và $P_{10} < 40$ mm là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.



Hình 3.17. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi của chỉ số bề rộng vòng năm của Đinh tùng theo ba chỉ số khí hậu (T_{1-4} , M_1 và N_{11}).

Bảng 3.59. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với sinh trưởng của Du sam.

TT	Yếu tố khí hậu:			Chỉ số Kd	Cấp sinh trưởng	Cấp thời tiết
	T_4 ($^{\circ}\text{C}$)	M_5 (mm)	P_{10} (mm)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	$< 18,5$	> 325	> 70	$> 1,05$	Tốt	Tốt
2	$18,5-19,5$	$125 - 325$	$40 - 70$	$0,95 - 1,05$	Trung bình	Bình thường
3	$> 19,5$	< 125	< 40	$< 0,95$	Kém	Xấu

Điều kiện thời tiết tốt cho tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng là $N_1 < 200$ giờ, $N_4 < 170$ giờ và $M_{11} < 15$ mm. Trái lại, những năm có $N_1 > 270$ giờ, $N_4 > 230$ giờ và $M_{11} > 180$ mm là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng (Bảng 3.60). Điều kiện thời tiết tốt cho tăng trưởng bề rộng

vòng năm của Đinh tùng là $M_1 < 2$ mm, $T_{1-4} < 17^{\circ}\text{C}$ và $N_{11} > 220$ giờ. Trái lại, những năm có $M_1 > 20$ mm, $T_{1-4} > 18^{\circ}\text{C}$ và $N_{11} < 125$ giờ là điều kiện xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng (Bảng 3.61).

Bảng 3.60. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với sinh trưởng của Bạch tùng.

TT	Yếu tố khí hậu:			Chỉ số Kd	Cấp sinh trưởng	Cấp thời tiết
	N_1 (giờ)	N_4 (giờ)	M_{11} (mm)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	< 200	< 170	< 15	> 1,05	Tốt	Tốt
2	200 - 270	170 - 230	15 - 180	0,95 – 1,05	Trung bình	Bình thường
3	> 270	> 230	> 180	< 0,95	Kém	Xấu

Bảng 3.61. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với sinh trưởng của Đinh tùng.

TT	Yếu tố khí hậu:			Chỉ số Kd	Cấp sinh trưởng	Cấp thời tiết
	M_1 (mm)	T_{1-4} ($^{\circ}\text{C}$)	N_{11} (giờ)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	< 2	< 17	> 220	> 1,05	Tốt	Tốt
2	2 – 20	17 – 18	125 - 220	0,95 – 1,05	Trung bình	Bình thường
3	> 20	> 18	< 125	< 0,95	Kém	Xấu

Cấp điều kiện thời tiết của tùng năm được đánh giá bằng điểm số của ba yếu tố khí hậu. Bởi vì những yếu tố khí hậu trong cùng một năm có thể ảnh hưởng khác nhau đối với sinh trưởng của ba loài cây gỗ này, nên cấp điều kiện thời tiết được xác định theo điểm số trung bình của ba yếu tố khí hậu. Nói chung, những năm có tổng điểm số của ba yếu tố khí hậu lớn hơn 8 là năm thuận lợi cho sinh trưởng của ba loài cây gỗ này. Trái lại, những năm có tổng điểm số của ba yếu tố khí hậu nhỏ hơn 4 là năm không thuận lợi cho sinh trưởng của ba loài cây gỗ này. Những năm có tổng điểm số của ba yếu tố khí hậu từ 5 – 7 là những năm có điều kiện thời tiết bình thường đối với sinh trưởng của ba loài cây gỗ này.

Điều kiện thời tiết thuận lợi hay khó khăn đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng có thể được xác định bằng chỉ số khí hậu

tổng hợp hay chỉ số phức tạp về khí hậu (X). Điểm số của chỉ số X là tích số của ba biến khí hậu. Theo đó, điểm số của chỉ số X đối với Du sam được tính theo công thức: $X_{DS} = (T_4 * M_5 * P_{10}) / 10^3$. Điểm số của chỉ số X đối với Bạch tùng được tính theo công thức: $X_{BT} = (N_1 * N_4 * M_{11}) / 10^6$. Điểm số của chỉ số X đối với Đinh tùng được tính theo công thức: $X_{DT} = (T_{1-4} * M_1 * N_{11}) / 10^3$.

Những phân tích thống kê (Phụ lục 35 - 37) cho thấy, hàm dự đoán chỉ số $Kd = f(X)$ đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng tương ứng có dạng như hàm (3.72) - (3.74).

$$Kd_{DS} = (0,693802 + 0,0579755 * \ln(X_{DS}))^2 \quad (3.72)$$

$$r^2 = 99,8\%; \pm Se = 0,001; P < 0,001.$$

$$Kd_{BT} = \exp(0,111185 - 0,0541944 * \sqrt{X_{BT}}) \quad (3.73)$$

$$r^2 = 98,7\%; \pm Se = 0,010; P < 0,001.$$

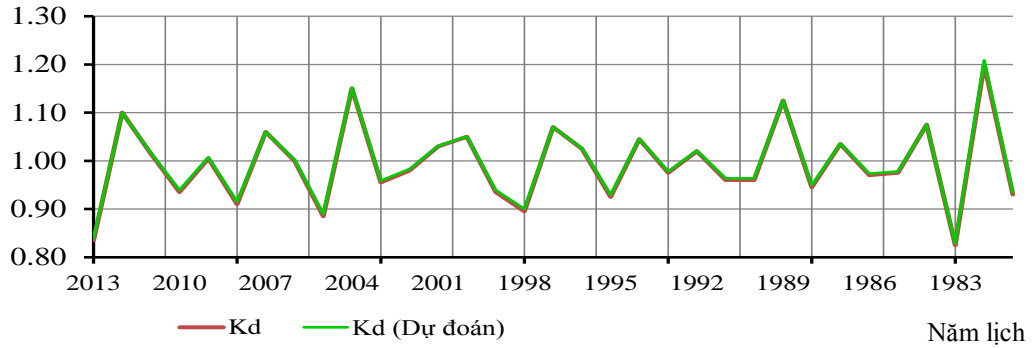
$$Kd_{DT} = 1 / (0,916023 + 0,00368734 * X_{DT}) \quad (3.74)$$

$$r^2 = 88,5\%; \pm Se = 0,037; P < 0,001.$$

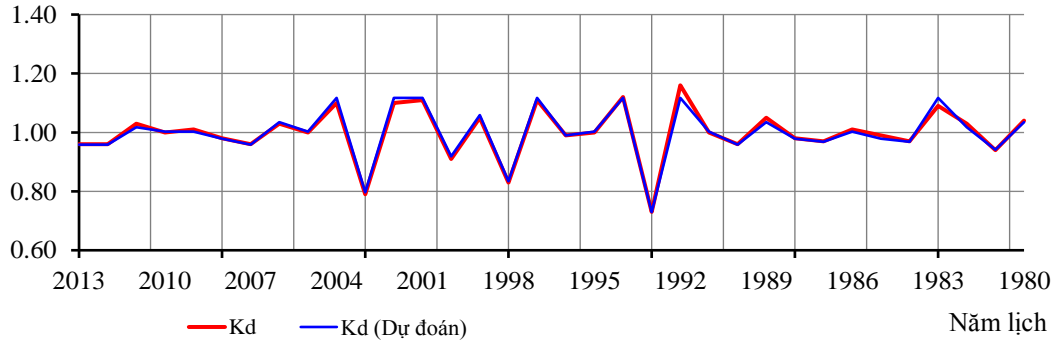
Chỉ số Kd của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng được dự đoán bằng cách thay thế điểm số của ba chỉ số khí hậu tổng hợp (X_{DS} , X_{BT} , X_{DT}) vào ba hàm (3.72) - (3.74).

Kết quả nghiên cứu (Hình 3.18) cho thấy, chỉ số Kd của ba loài cây gỗ này được dự đoán chính xác theo điểm số của ba chỉ số khí hậu tổng hợp. Vì thế, điểm số của ba chỉ số khí hậu tổng hợp đã được sử dụng để phân cấp điều kiện thời tiết đối với sinh trưởng của ba loài cây gỗ này (Bảng 3.62). Từ đó cho thấy, Du sam sinh trưởng tốt, trung bình và xấu tương ứng với ba cấp điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp là $X_{DS} > 300$, $125 - 300$ và < 125 . Bạch tùng sinh trưởng tốt, trung bình và xấu tương ứng với ba cấp điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp là $X_{BT} < 2$, $2 - 8$ và > 8 . Đinh tùng sinh trưởng tốt, trung bình và xấu tương ứng với ba cấp điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp là $X_{DT} < 10$, $10 - 40$ và > 40 .

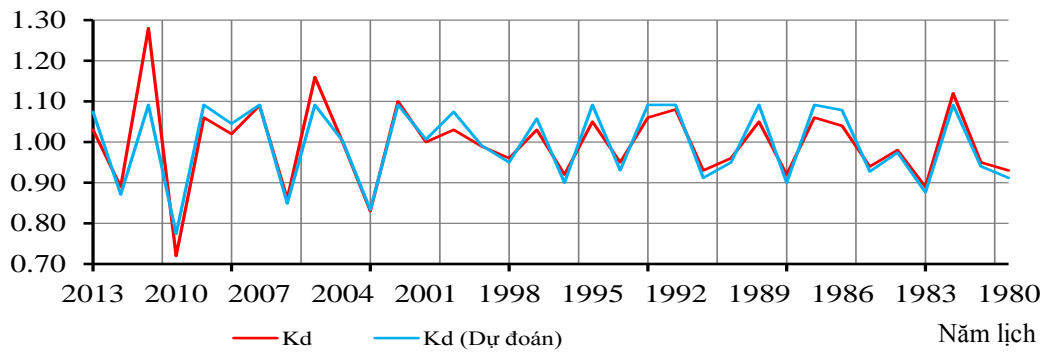
Chỉ số Kd của Du sam



Chỉ số Kd của Bạch tùng



Chỉ số Kd của Đinh tùng



Hình 3.18. Biểu đồ biểu diễn chỉ số Kd thực tế và chỉ số Kd dự đoán đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

Bảng 3.62. Phân cấp điều kiện thời tiết đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh theo điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp.

Cấp sinh trưởng	Cấp thời tiết	Điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp:		
		Du sam	Bạch tùng	Đinh tùng
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tốt	Tốt	> 300	< 2	< 10
Trung bình	Bình thường	125 - 300	2 - 8	10 - 40
Kém	Xấu	< 125	> 8	> 40

3.8. Thảo luận

3.8.1. Chuỗi niên đại vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

Đề tài này đã phân tích tính nhạy cảm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với biến động của 6 yếu tố khí hậu (T, M, Rh, N, P, K). Những vòng năm tương ứng với những năm lịch đã được xác định bằng phương pháp đối chiếu thời gian. Bề rộng vòng năm thay đổi rất lớn không chỉ giữa ba loài cây gỗ, mà còn trong cùng một loài cây gỗ. Sự khác biệt này là do sự khác biệt về loài cây, tuổi cây mẫu và điều kiện môi trường sống. Điều này cũng đã được nhiều tác giả khẳng định (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976; Cook và Kairiukstis, 1990). Để loại bỏ khuynh hướng biến động bề rộng vòng năm do ảnh hưởng của tuổi cây và những yếu tố môi trường khác (địa hình, đất...), các chuỗi niên đại vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đã được chuyển thành các chỉ số bề rộng vòng năm. Các chỉ số này được sử dụng để phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với khí hậu.

3.8.2. Tính nhạy cảm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

Tính nhạy cảm của cây gỗ phản ánh những biến động về sinh trưởng do sự thay đổi của khí hậu, tuổi cây và những yếu tố môi trường khác (địa hình – đất, hướng dốc, QXTV...); trong đó khí hậu đóng vai trò lớn nhất (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976; Cook và Kairiukstis, 1990). Tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ là dấu hiệu rõ nét về ảnh hưởng của môi trường (khí hậu, địa hình – đất, sinh vật – con người...). Vì thế, những chuỗi niên đại vòng năm là tài liệu quý để nghiên cứu

đặc tính sinh thái của cây gỗ (Fritts, 1965). Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phạm vi và hệ số biến động của chỉ số Kd lớn nhất ở loài Bạch tùng, thấp nhất ở loài Du sam. Cả ba loài cây gỗ này đều có tính nhạy cảm cao đối với những biến động của các yếu tố khí hậu; trong đó Bạch tùng và Đinh tùng có tính nhạy cảm cao hơn so với Du sam. Biến động của chỉ số bề rộng vòng năm đối với những cá thể trong cùng một loài là tương đồng với nhau. Điều đó chứng tỏ các cá thể trong cùng một loài phản ứng tương tự như nhau đối với những biến động của môi trường. Tín hiệu quần thể nhận giá trị rất cao. Điều đó chứng tỏ những cây gỗ trong cùng quần thể loài phản ứng tương đồng đối với những biến động của các yếu tố môi trường. Những tín hiệu khí hậu biểu hiện rõ rệt trong các lớp vòng năm; trong đó tín hiệu khí hậu ở Đinh tùng biểu hiện rõ rệt hơn so với Du sam và Bạch tùng. Đây là cơ sở để phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này.

3.8.3. So sánh mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với những yếu tố khí hậu

Tăng trưởng của cây gỗ chịu ảnh hưởng tổng hợp của nhiều yếu tố khí hậu; trong đó hai quá trình nhiệt và ẩm (lượng mưa, độ ẩm không khí, lượng nước bốc hơi) đóng vai trò lớn nhất (Bitvinskas, 1974; Fritts, 1976; Cook và Kairiukstis, 1990; Kimmins, 1998). Tuy vậy, phản ứng tăng trưởng của cây gỗ với sự thay đổi của hai quá trình này chỉ biểu hiện rõ rệt vào những tháng trước và trong mùa sinh trưởng (Fritts, 1976). Điều đó giải thích vì sao nhiệt độ không khí trung bình và lượng mưa trung bình của tháng được sử dụng để phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng của cây gỗ.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, sự nâng cao nhiệt độ không khí của các tháng trong năm đều dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Điều đó chứng tỏ cả ba loài cây gỗ này đều cần chế độ nhiệt thấp. Vì thế, ba loài cây gỗ này thường phân bố ở những vùng núi cao nhiệt đới. Tuy vậy, mặc dù phân bố trong cùng điều kiện địa lý và khí hậu giống nhau, nhưng ba loài cây gỗ này phản ứng không hoàn toàn giống nhau với sự thay đổi của

hiệt độ không khí. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát chặt chẽ không chỉ bởi nhiệt độ không khí của các tháng mùa khô (tháng 1 – 4), mà còn cả các tháng mùa mưa (tháng 5 – 10). Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng chỉ bị kiểm soát chặt chẽ bởi nhiệt độ không khí của các tháng mùa khô (tháng 1 – 4) và các tháng cuối mùa mưa năm trước đến giữa mùa khô năm sau (tháng 11 – 3). Trái lại, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc lớn nhất vào nhiệt độ không khí của những tháng đầu mùa mưa (tháng 6, 7), tháng 10 và các tháng mùa mưa (tháng 5 – 10). Nói chung, sự nâng cao nhiệt độ không khí vào mùa khô và đầu mùa mưa đều dẫn đến những ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Hiện tượng này xảy ra được giải thích là do nhiệt độ cao về mùa khô dẫn đến bốc hơi nước mạnh. Sự thiếu hụt nước về mùa khô lại kìm hãm hoạt động của tượng tầng trên thân cây vào đầu mùa sinh trưởng. Kết quả là cây gỗ sẽ tăng trưởng kém.

Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng phụ thuộc vào biến động lượng mưa hàng tháng trong năm. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam có quan hệ chặt chẽ với lượng mưa vào tháng 3, 4, 5, 10, 12, tổng lượng mưa tháng 1 – 4 và 11 – 12; trong đó vai trò lớn nhất là lượng mưa tháng 5 và 10. Sự gia tăng lượng mưa vào tháng 5 là điều kiện thuận lợi cho sinh trưởng của Du sam. Trái lại, mưa nhiều vào tháng 10 dẫn đến sự suy giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng có quan hệ chặt chẽ với lượng mưa tháng 3, 6, 11, tổng lượng mưa từ tháng 1 – 4, 11 – 12 và 11 - 3; trong đó vai trò lớn nhất là lượng mưa tháng 3 và tháng 11. Sự gia tăng lượng mưa tháng 3 là điều kiện thuận lợi cho sinh trưởng của Bạch tùng. Trái lại, mưa nhiều vào tháng 11 lại kìm hãm tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng bị kiểm soát mạnh nhất bởi lượng mưa tháng 1, 3, 6 và 8. Sự gia tăng lượng mưa vào tháng 1 là điều kiện xấu đối với sinh trưởng của Đinh tùng. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 3, 6 và 8 là điều kiện tốt đối với sinh trưởng của Đinh tùng. Nói chung, mưa lớn vào những tháng mùa khô (tháng 1 – 4) và những tháng đầu mùa mưa (tháng 5 – 6) là điều

kiện tốt đối với tăng trưởng của cả ba loài Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Trái lại, mưa lớn vào những tháng cuối mùa mưa (tháng 10 – 12) là điều kiện xấu đối với tăng trưởng của cả ba loài cây gỗ này.

Hàm lượng nước trong đất có ý nghĩa lớn đối với hoạt động của hệ rễ và tượng tầng trên thân cây gỗ (Kimmins, 1998). Ở khu vực nghiên cứu, mưa thường xuất hiện vào đầu tháng 5. Hoạt động của tượng tầng trên thân cây gỗ xảy ra vào cuối mùa khô (tháng tư) đến đầu mùa mưa. Vì thế, mưa lớn từ tháng 3 đến tháng 5 đảm bảo đủ nước cho những hoạt động của tượng tầng trên thân cây vào cuối mùa khô đến đầu mùa mưa. Trái lại, sự dư thừa nước vào cuối mùa mưa không chỉ dẫn đến sự thiếu hụt ôxy trong đất, mà còn cả chất khoáng do bị rửa trôi mạnh. Ngoài ra, sự dư thừa nước trong đất cũng làm giảm nhiệt độ đất về mùa lạnh. Kết quả gây ra những ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng của phần gỗ muôn vào thời kỳ cuối mùa mưa (Fritts, 1976; Cook và Kairiukstis, 1990).

3.8.4. Vai trò của những yếu tố khí hậu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

Phân tích hàm phản hồi tuyến tính đa biến từng bước đã chỉ ra rằng, ba yếu tố kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam là nhiệt độ không khí vào tháng 4, lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10. Sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 4 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Hiện tượng này xảy ra được giải thích là do nhiệt độ cao vào tháng 4 dẫn đến bốc hơi nước mạnh. Sự thiếu hụt nước trong đất lại ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng trên thân cây vào đầu mùa sinh trưởng (tháng 5 – 6). Mưa nhiều vào tháng 5 có ảnh hưởng tốt đến hoạt động của tượng tầng trên thân cây. Ở khu vực nghiên cứu, thời kỳ mưa lớn trong năm thường xảy ra từ tháng 7 đến tháng 10. Mưa lớn dẫn đến độ ẩm đất quá cao và làm rửa trôi nhiều chất khoáng. Điều này có thể dẫn đến sự thiếu hụt ô xy và chất khoáng trong đất. Vì thế,

lượng nước bốc hơi mạnh vào tháng 10 có tác dụng làm giảm sự thiếu hụt không khí và chất khoáng trong đất. Điều đó có lợi cho sinh trưởng của Du sam.

Ba yếu tố kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng là lượng mưa vào tháng 11, số giờ nắng vào tháng 1 và tháng 4. Sự nâng cao của ba yếu tố khí hậu này đều dẫn đến ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng. Hiện tượng này xảy ra được giải thích là do sự nâng cao số giờ nắng vào tháng 1 và tháng 4 kéo theo sự gia tăng nhiệt độ không khí và lượng nước bốc hơi. Kết quả của quá trình này sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng trên thân cây vào đầu mùa sinh trưởng (tháng 5 - 6). Mưa nhiều vào tháng 11 dẫn đến độ ẩm đất quá cao và làm rửa trôi nhiều chất khoáng. Điều này có thể dẫn đến sự thiếu hụt ô xy và chất khoáng trong đất. Kết quả là Bạch tùng sẽ sinh trưởng kém.

Ba yếu tố kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng là lượng mưa vào tháng 1, nhiệt độ không khí trung bình vào tháng 1 - 4 và số giờ nắng vào tháng 11. Sự nâng cao nhiệt độ không khí trung bình vào tháng 1 - 4 và lượng mưa vào tháng 1 đều dẫn đến ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 11 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Hiện tượng này xảy ra được giải thích là do nhiệt độ cao vào tháng 1 - 4 dẫn đến bốc hơi nước mạnh. Sự thiếu hụt nước trong đất lại ảnh hưởng đến hoạt động của tượng tầng trên thân cây vào đầu mùa sinh trưởng (tháng 5 - 6). Ở khu vực nghiên cứu, tháng 1 là thời kỳ lạnh nhất trong năm. Vì thế, mưa nhiều vào tháng 1 dẫn đến nhiệt độ không khí và nhiệt độ đất giảm xuống quá thấp. Kết quả sẽ ảnh hưởng xấu đối với những quá trình sinh lý của Đinh tùng.

Nhiều nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng, các loài cây gỗ khác nhau có phản ứng khác nhau đối với sự thay đổi của những yếu tố khí hậu. Nghiên cứu của Phạm Trọng Nhân và ctv (2011) cho thấy, khi mọc ở những khu vực khác nhau, Thông ba lá phản ứng không giống nhau với sự thay đổi của những yếu tố khí hậu. Tại khu vực Bảo Lộc, Thông ba lá có phản ứng rõ rệt với biến động của nhiệt độ không khí

và số giờ nắng tháng 3. Tại khu vực Di Linh, nhiệt độ không khí tháng 2, 3 và độ ẩm không khí tháng 5 có ảnh hưởng rõ rệt nhất đến tăng trưởng của Thông ba lá. Tại khu vực Đà Lạt, Thông ba lá phản ứng rõ rệt nhất với nhiệt độ không khí tháng 1 và 6, lượng mưa tháng 10 và độ ẩm không khí tháng 12.

Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam ở khu vực Đức Trọng có mối quan hệ chặt chẽ với nhiệt độ không khí tháng 12, lượng mưa tháng 3, độ ẩm không khí trung bình tháng 8 và 9, số giờ nắng tháng 1 và hệ số thủy nhiệt tháng 3, 8, 9 và 11 (Nguyễn Văn Nhân, 2012). Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng ở khu vực Núi Ông thuộc tỉnh Bình Thuận phụ thuộc chặt chẽ vào nhiệt độ không khí trung bình tháng 1, 1 - 4, 5 - 10 và 11 - 3, lượng mưa tháng 4 và 1 - 4, độ ẩm không khí trung bình tháng 1 và 10, số giờ nắng tháng 1 và 9 (Nguyễn Văn Thêm, 2012).

Theo Jacoby và D'Arrigo (1990), tăng trưởng bề rộng vòng năm của Tếch ở khu vực Đông Nam Á có quan hệ âm với nhiệt độ không khí tháng 1, 2 và 7; quan hệ dương với nhiệt độ không khí tháng 10. Tếch ngủ sinh lý vào tháng 1 và 2. Vì thế, nhiệt độ cao vào thời kỳ này đã gây ảnh hưởng xấu đến quá trình trao đổi chất và sinh trưởng của Tếch sau thời kỳ ngủ. Nhiệt độ cao vào tháng 7 gây ra tình trạng thiếu hụt nước và ảnh hưởng đến sinh trưởng của Tếch. Tăng trưởng vòng năm của Tếch có quan hệ dương với lượng mưa từ tháng 11 năm trước đến tháng 1 năm sau, lượng mưa tháng 3, tháng 6 - 9. Tăng trưởng vòng năm của Tếch có quan hệ âm với lượng mưa tháng 4, 5 và 10. Tăng trưởng của Tếch ở Thái Lan gia tăng mạnh vào mùa mưa (Pumijumong và ctv, 1995). Tăng trưởng của Tếch ở India phụ thuộc lớn nhất vào lượng mưa tháng 10 (Pant và Borgaonkar, 1983).

Nói chung, biến động của những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng lớn đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của các loài cây gỗ. Tuy vậy, các loài cây gỗ phản ứng không hoàn toàn giống nhau với biến động của những yếu tố khí hậu. Điều đó chứng tỏ các loài cây gỗ đòi hỏi điều kiện sinh thái khác nhau.

3.8.5. Ảnh hưởng của độ cao địa hình đến phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đối với những biến động của các yếu tố khí hậu

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, ở độ cao 1.000 - 1.200 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc chặt chẽ vào biến động của 5 yếu tố: T_4 , T_7 , T_{11-12} , M_4 và M_5 . Ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc chặt chẽ vào biến động của 6 yếu tố: T_1 , T_6 và T_{10} , M_1 , M_9 và M_{11-12} . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam phụ thuộc nhiều nhất vào 6 yếu tố: T_4 , T_7 , T_{5-10} , M_4 , M_5 và M_{10} . Như vậy, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với nhiệt độ không khí và lượng mưa. Phản ứng của Du sam với nhiệt độ không khí ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển biểu hiện rõ rệt hơn so với độ cao 1.000 - 1.200 m.

Đối với Bạch tùng, khi sống ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm bị kiểm soát chặt chẽ bởi 6 yếu tố: T_9 , T_{10} , M_6 , M_{11} , M_{11-12} và M_{11-3} . Trái lại, ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng bị kiểm soát bởi 5 yếu tố: T_6 , T_7 , T_{5-10} , M_3 và M_{10} . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng phụ thuộc nhiều nhất vào 5 yếu tố: T_6 , T_7 , T_{10} , M_3 và M_{11} . Như vậy, độ cao địa hình đã chi phối đến mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng với nhiệt độ không khí và lượng mưa. Phản ứng của Bạch tùng với nhiệt độ không khí ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển biểu hiện rõ rệt hơn so với độ cao 1.400 m.

Đối với Đinh tùng, khi mọc ở độ cao 1.200 - 1.400 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm bị kiểm soát chặt chẽ bởi 4 yếu tố: T_{11} , T_{11-3} , M_3 và M_{10} . Trái lại, khi sống ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng bị kiểm soát chặt chẽ bởi 5 yếu tố: T_2 , T_5 , T_{1-4} , M_1 và M_8 . Đối với toàn bộ khu vực nghiên cứu, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng phụ thuộc lớn nhất vào 5 yếu tố: T_1 và T_{1-4} , M_1 , M_3 và M_8 .

Nói chung, độ cao địa hình là yếu tố cải biến khí hậu. Hai quá trình khí hậu bị cải biến lớn nhất là nhiệt độ không khí và lượng mưa (Kimmins, 1998; Thái Văn Trùng, 1999). Vì thế, sự khác biệt về vùng phân bố và sinh trưởng của các loài cây gỗ ở những độ cao khác nhau được giải thích là do địa hình cải biến khí hậu. Kết quả nghiên cứu này cũng đã chứng tỏ rằng, sự nâng cao nhiệt độ không khí đều làm giảm tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Lượng mưa vào cuối mùa khô đến đầu mùa mưa và cuối mùa mưa cũng ảnh hưởng lớn đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Điều đó chứng tỏ ba loài cây gỗ này đòi hỏi chế độ nhiệt thấp. Vì lý do này, nên chúng chỉ phân bố trên những vùng núi cao. Sự khác biệt về phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng mọc trên những độ cao địa hình khác nhau với biến động của các yếu tố khí hậu được giải thích là do tính nhạy cảm của chúng với sự thiếu hụt nước cục bộ.

3.8.6. Ảnh hưởng của quần xã thực vật và đất trồng đến phản ứng của Du sam đối với những biến động của các yếu tố khí hậu

Kết quả nghiên cứu đã chứng tỏ rằng, phản ứng của Du sam với nhiệt độ không khí và lượng mưa thay đổi tùy theo môi trường sống. Khi mọc trong QXTV, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát chặt chẽ bởi 4 yếu tố: T_4 , T_{10} , M_5 và M_{10} . Trái lại, khi mọc trên đất trồng, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát chặt chẽ bởi 4 yếu tố: T_5 , T_{12} , M_3 và M_8 . Sự khác biệt về phản ứng của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với biến động của các yếu tố khí hậu được giải thích là do tính nhạy cảm của loài cây gỗ này đối với sự thay đổi điều kiện ánh sáng.

3.8.7. Mô hình dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng dựa theo những yếu tố khí hậu

Tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ bị kiểm soát bởi rất nhiều yếu tố khác nhau như tuổi cây, địa hình, đất, khí hậu và biện pháp lâm sinh. Bởi vì khí hậu là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ, nên hàm dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ dựa theo biến động của các yếu tố khí hậu là đáng tin cậy nhất (Kimmins, 1998).

Trong nghiên cứu này, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đã được dự đoán từ những yếu tố khí hậu có ảnh hưởng rõ rệt nhất. Sai lệch của các hàm dự đoán đều nhỏ hơn 6%. Tuy vậy, hàm dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của cây gỗ dựa theo nhiều yếu tố khí hậu có nhược điểm là khó xác định điểm số của những chỉ số khí hậu. Để khắc phục nhược điểm này, chỉ số K_d của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng đã được dự đoán dựa theo điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp. Điểm số của chỉ số khí hậu tổng hợp là tích số của ba biến khí hậu có ảnh hưởng lớn nhất đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Bằng cách biến đổi này, các hàm dự đoán sẽ đơn giản hơn. Vì thế, những hàm này có thể được ứng dụng để dự đoán cấp điều kiện thời tiết thuận lợi và khó khăn đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

3.8.8. Đề xuất áp dụng kết quả nghiên cứu

3.8.8.1. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa

Đề tài này đã xây dựng ba chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa đối với Du sam từ năm 1822 đến năm 2013, Bạch tùng từ năm 1813 đến năm 2013 và Đinh tùng từ năm 1887 đến năm 2013. Đây là tài liệu quý để phân tích không chỉ mối quan hệ giữa tăng trưởng của ba loài cây gỗ này với những yếu tố khí hậu, mà còn khôi phục điều kiện khí hậu ở khu vực nghiên cứu.

3.8.8.2. Dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng

Chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng ở những năm sau (K_{d_S}) có thể được ước lượng gần đúng dựa theo chỉ số bề rộng vòng năm của năm trước (K_{d_T}) bằng hàm (3.1) – (3.3). Để xác định chỉ số K_{d_S} , trước hết xác định bề rộng vòng năm của một số năm gần nhất với năm hiện tại bằng khoan tăng trưởng Pressler. Sau đó tính các chỉ số K_{d_T} và thay thế vào ba hàm (3.1) – (3.3) để nhận được các chỉ số K_{d_S} đối với mỗi loài.

Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng phụ thuộc vào biến động của các yếu tố khí hậu. Vì thế, biến động của các yếu tố khí

hậu có thể được sử dụng để dự đoán tăng trưởng của ba loài cây gỗ này. Từ những kết quả nghiên cứu, đề tài đề xuất sử dụng các hàm (3.4) – (3.19) để dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng được dự đoán theo các hàm (3.20) – (3.33). Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng được dự đoán theo các hàm (3.34) – (3.45).

Để hạn chế tính phức tạp của việc dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này, chỉ số K_d của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng được dự đoán tương ứng theo ba hàm (3.69) – (3.71). Khi ba biến khí hậu được chuyển thành các điểm số của các chỉ số khí hậu tổng hợp (X), thì ba chỉ số $K_{d_{DS}}$, $K_{d_{BT}}$ và $K_{d_{DT}}$ được ước lượng tương ứng theo ba hàm (3.72) – (3.74).

Để dự đoán tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này, trước hết thu thập các yếu tố khí hậu tại các Trạm khí hậu thủy văn ở địa phương hoặc từ những tài liệu dự đoán thời tiết hàng năm. Sau đó thay thế các biến khí hậu này vào ba hàm (3.69) – (3.71) để nhận được chỉ số bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này. Khi các biến khí hậu được chuyển thành các chỉ số khí hậu tổng hợp (X), thì cấp điều kiện thời tiết thuận lợi và khó khăn đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng được xác định theo ba hàm (3.72) – (3.74).

KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

1. Kết luận

Khu vực Đà Lạt có tổng nhiệt độ không khí cả năm là 6.561°C . Nhiệt độ không khí trung bình năm là 18°C . Lượng mưa trung bình năm là 1.800 mm. Độ ẩm không khí trung bình tháng là 84%. Số giờ nắng trung bình tháng là 181 giờ. Hệ số thủy nhiệt trung bình năm là 2,68. Theo phân cấp chế độ khô ẩm của Thái văn Trưng (1999), chế độ khô ẩm ở khu vực Đức Trọng và Đà Lạt thuộc cấp II (hơi ẩm).

Bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng có biến động rất lớn theo tuổi. Chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng có biến động nhỏ hơn so với bề rộng vòng năm. Biến động của chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng là tương tự như nhau. Những tín hiệu khí hậu biểu hiện rõ rệt trong các lớp vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

Ba yếu tố khí hậu kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam là nhiệt độ không khí vào tháng 4, lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10. Sự nâng cao nhiệt độ không khí vào tháng 4 có ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam. Trái lại, sự nâng cao lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Ba yếu tố khí hậu kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng là lượng mưa vào tháng 11, số giờ nắng vào tháng 1 và tháng 4. Sự nâng cao của ba yếu tố này đều dẫn đến ảnh hưởng xấu đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

Ba yếu tố khí hậu kiểm soát mạnh nhất đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng là lượng mưa vào tháng 1, nhiệt độ không khí trung bình vào tháng 1 – 4 và số giờ nắng vào tháng 11. Sự nâng cao lượng mưa vào tháng 1 và nhiệt độ không khí trung bình vào tháng 1 – 4 là điều kiện xấu đối với tăng trưởng

bề rộng vòng năm của Đinh tùng. Trái lại, nắng nhiều vào tháng 11 là điều kiện tốt đối với tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng.

Độ cao địa hình có ảnh hưởng đến phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với khí hậu. Khi sống ở độ cao 1.400 - 1.600 m so với mặt nước biển, cả ba loài cây gỗ này phản ứng với sự thay đổi của các yếu tố khí hậu rõ rệt hơn so với độ cao dưới 1.400 m.

Phản ứng tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam với sự thay đổi của các yếu tố khí hậu cũng phụ thuộc vào điều kiện môi trường khác. Trong điều kiện QXTV, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát chặt chẽ bởi nhiệt độ không khí vào tháng 4, 10, lượng mưa vào tháng 5 và 10. Trái lại, khi sống trên đất trồng, tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam bị kiểm soát chặt chẽ bởi nhiệt độ không khí vào tháng 5 và tháng 12, lượng mưa vào tháng 3 và 8.

Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam có thể được dự đoán theo biến động của nhiệt độ không khí vào tháng 4, lượng mưa vào tháng 5 và lượng nước bốc hơi vào tháng 10. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng có thể được dự đoán theo lượng mưa vào tháng 11, số giờ nắng vào tháng 1 và 4. Tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đinh tùng có thể được dự đoán theo lượng mưa vào tháng 1, nhiệt độ không khí trung bình vào tháng 1 - 4 và số giờ nắng vào tháng 11. Các điều kiện thời tiết thuận lợi và khó khăn đối với tăng trưởng của ba loài cây gỗ này có thể được dự đoán theo điểm số của các chỉ số khí hậu tổng hợp.

B. Đề nghị

Đề tài này đã xây dựng ba chuỗi niên đại vòng năm đối với Du sam từ 1822 - 2013, Bạch tùng từ 1813 - 2013 và Đinh tùng từ 1887 - 2013. Những chuỗi niên đại vòng năm này đã được sử dụng để phân tích phản ứng của ba loài cây gỗ này với những biến động của nhiệt độ không khí, lượng mưa, độ ẩm không khí, số giờ nắng, lượng nước bốc hơi và hệ số thủy nhiệt. Kết quả nghiên cứu đã chỉ rõ phản ứng của ba loài cây gỗ này với những biến động của 6 yếu tố khí hậu. Đề tài cũng đã xây dựng được những hàm dự đoán tăng trưởng của ba loài cây gỗ này dựa theo biến động của 6 yếu tố khí hậu. Tác giả kiến nghị các cơ quan lâm nghiệp ở Lâm

Đồng có thể ứng dụng kết quả của đề tài này để dự đoán tăng trưởng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

Do những hạn chế về thời gian và điều kiện nghiên cứu, đề tài này vẫn chưa thể xác định được quy luật hình thành những lớp vòng năm, mùa sinh trưởng và sai số của mô hình dự đoán tăng trưởng đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng. Những vấn đề này chỉ có thể được giải thích rõ ràng dựa trên những nghiên cứu về thời gian bắt đầu và kết thúc những hoạt động của tượng tầng trên thân cây, về ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến những quá trình trao đổi chất trong các cơ quan của cây gỗ... Mặt khác, hiện nay vẫn còn thiếu những nghiên cứu về phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng với những biến động của những yếu tố khí hậu ở phạm vi toàn tỉnh Lâm Đồng và những khu vực khác trong cả nước. Vì thế, tác giả kiến nghị các cơ quan nghiên cứu và những ai quan tâm đến đặc tính sinh thái của ba loài cây gỗ này cần tiếp tục nghiên cứu những vấn đề dưới đây.

(1) Xây dựng những chuỗi niên đại vòng năm chuẩn hóa đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng không chỉ trên phạm vi tỉnh Lâm Đồng, mà còn cả những khu vực khác trong cả nước. Những chuỗi niên đại vòng năm là tài liệu quý để phân tích đặc tính sinh thái của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

(2) Xác định thời kỳ bắt đầu và kết thúc quá trình sinh trưởng (mùa sinh trưởng) trong năm và tình trạng vật hậu đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh. Đây là căn cứ khoa học để giải thích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của ba loài cây gỗ này với các yếu tố môi trường (khí hậu, địa hình, đất...).

(3) Phân tích phản ứng của Du sam, Bạch tùng và Đinh đối với biến động của các yếu tố môi trường khác (địa hình, đất, QXTV, hoạt động lâm sinh...).

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

1. Nguyễn Văn Nhân, 2017. Ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng đường kính của Bạch tùng (*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub) ở khu vực Đà Lạt và Đức Trọng thuộc tỉnh Lâm Đồng. *Tạp chí Khoa học lâm nghiệp*; Số 1-2017, trang 51 – 59.
2. Nguyễn Văn Nhân, 2017. Ảnh hưởng của những nhân tố khí hậu đến tăng trưởng đường kính của Đinh tùng (*Cephalotaxus mannii* Hook. f.) ở khu vực Đà Lạt và Đức Trọng thuộc tỉnh Lâm Đồng. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*; Số 7/2017, trang 127 – 133.
3. Nguyễn Văn Nhân và Nguyễn Văn Thêm, 2017. Phản ứng tăng trưởng đường kính của Du sam (*Keteleeria evelyniana* Masters) đối với sự thay đổi của những nhân tố khí hậu ở khu vực Đà Lạt và Đức Trọng thuộc tỉnh Lâm Đồng. *Tạp chí KHKT Nông lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh*; Số 4/2017, trang 74 – 80.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Andano, C., Beaulieu, J., Bousquet, J., 2005. The impact of climate change on growth of local white spruce population in Québec, Canada. *Forest ecology and management* (2005): 169-182 pp.
2. Akossou, A.Y.F., Godui, A., Fonton, N.H., 2012. Effect of climatic factors on the radial growth of Teak (*Tectona grandis* Linn. F) in Parakou and Tchaourou districts in Northern Benin. *Journal of Agricultural Science and Technology*, B 2 (2012), 721 - 730 pp (2012).
3. Amodei, T., Guibal, F., Fady, B., 2013. Relationships between climate and radial growth in black pine (*Pinus nigra* Arnold spp. *salzmannii* (Dunal) Franco) from the south of France. *Annals of Forest Science* (2013) 70: 41-47 pp.
4. Bitvinskas, T.T., 1974. *Dendroclimatic investigations. Hidrometeoizdat.* Leningrad. 156 pages.
5. Briffa, K.R., Jones, P. D., 1990. Basic chronology statistics and assessment. In: Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., eds., *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences.* Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 137-152 pp.
6. Bhattacharyya, A. Yadav, R.R. Borgaonkar, H.P. Pant, G.B., 1992. Growth ring analysis on Indian tropical trees: Dendroclimatic potential. *Current Science* 62 (1992) 736-741 pp.
7. Trần Quang Bảo, 2013. *Ảnh hưởng của khí hậu và cường độ hoạt động mặt trời tới sinh trưởng vòng năm của Cẩm lai vú (Dalbergia oliver Pierre) tại Đắk Lắk.* Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp, Số 1/2013.
8. Trần Quang Bảo, Vũ Đình Thắng, 2013. *Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu tới sinh trưởng vòng năm và phân vùng sinh thái thích hợp loài Bồ mu (Fokienia hodginsii) ở Việt Nam.* Tạp chí NN&PTNT, Số 1/2013.

9. Cook, E.R., 1987. The Decomposition of tree ring series for environment studies. *Tree Ring Bulletin, Vol 47, 1987.*
10. Cook, E.R., 1990. A conceptual leaner aggregate model for tree rings. In Cook, E., Kairiukstis, L.A., (eds). *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental science.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 394 pages.
11. Cook, E.R., Kairiukstis, L., 1990. *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental science.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 394 pages.
12. D'Arrigo, R., Palmer, J., Ummenhofer, C.C., Kyaw, N.N., 2011. Three centuries of Myanmar monsoon climate variability inferred from Teak tree rings. *Geophysical Research Letters*, V 38.
13. Dũthorn, E., Holzkãmpfer, S., Timonen, M., Sper, J., 2013. Influence of micro-site conditions on tree ring climate signals and trend in central and northern Sweden. *Trees (2013) 27*: 1395-1404 pp.
14. Fritts, H.C., 1965. Tree-ring evidence for climatic changes in western North America. *Monthly Weather Review* 93(7): 421-443 pp.
15. Fritts, H.C., 1971. Dendroclimatology and dendroecology. *Quaternary Res.* 1(4), 419 – 449 pp.
16. Fritts, H.C., Blasing, T.J, Hayden, B.P. and Kutzbach, J.E, 1971. Multivariate techniques for specifying tree-growth and climate relationships and for reconstructing anomalies in paleoclimate. *Journal of Applied Meteorology* 10(5): 845 – 864 pp.
17. Fritts, H.C, 1974. Relationships of rings widths in arid-site conifers to variations in monthly temperature and precipitation. *Ecological Monograph* 44: 411 – 440 pp.
18. Fritts, H.C, 1976. *Tree-Rings and Climate.* New York, London, San Francisco. Academic Press: 567 pages.
19. Fritts, H. C. and T. W. Swetnam, 1989. *Dendroecology: a tool for evaluating*

- variations in past and present forest environments*. In: Advances in Ecological Research. M. Begon, A. H. Fitter, E. D. Ford and A. Macfadyen, eds. Academic Press, London. 19:111-88 pp.
20. Feliksik, E., 1990. *Badania dendroklimatologiczne dotyczące jodfy (Abies alba Mill.) na obszarze Polski (Dendroclimatic research of Silver fir (Abies alba Mill.) in Poland)* Rozprawy Habilitacyjne 151, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie: 106 pp (in Polish).
21. Feliksik E, Niedzielska, B., Wilczynski, S., 2002. *Wrażliwość sosny reliktovej z Tatr na warunki termiczno-pluwialne (The sensitivity of the relict pine from the Tatra Mountains to thermal and pluvial conditions)*. Sympozium Krakow-Zakopane, maj 2002, Tatrzański Park Narodowy oraz Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi: 213-216 pp (in Polish).
22. Feliksik, E., Wilczynski, S., 2002. Variability of tree-ring sizes of the Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) growing at different altitudes. *Folia Forestalia Polonica Series A-Forestry* 44: 87-96.
23. Feliksik, E., Wilczynski, S., 2003. Diversification of increment reactions of the Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) from the mountainous regions of southern Poland. *Journal of Forest Science* 49 (12): 552-558 pp.
24. Feliksik, E., Wilczynski, S., 2004a. Dendroclimatic regions of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in western and northern Poland. *Dendrobiology* 52: 9-15 pp.
25. Feliksik, E., Wilczynski, S., 2004b. The dendrochronological monitoring of the Western Beskid Mountains (southern Poland) on the basis of radial increments of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Electronic Journal Polish Agricultural University, series Forestry* 7(2).
26. Feliksik, E., Wilczynski, S., 2008. Tree-ring chronology as a source of information on susceptibility of Sitka spruce to climatic conditions of Pomerania (northern Poland). *Geochronometria* 30: 79-82 pp.

27. Feliksik, E., Wilczynski, S., 2009. The effect of climate on tree ring chronologies of native and nonnative tree species growing under homogenous site conditions. *Geochronometria* 33 (2009), 49-57 pp.
28. Vũ Công Hậu, 1980. Một số kết quả nghiên cứu về sinh thái cây Vải (*Nephelium litchi*), Trong cuốn sách “*Tuyển Tập các công trình nghiên cứu khoa học và kỹ thuật nông nghiệp*”. Bộ Nông Nghiệp, trang 22.
29. Phạm Hoàng Hộ, 1999. Cây cỏ Việt Nam. Tập I, II, III. Nxb. Trẻ, Tp. Hồ Chí Minh, 1.200 trang.
30. Nguyễn Tiến Hiệp, Phan Kế Lộc, Nguyễn Đức Tố Lưu, Philip Ian Thomas, Aljos Farjon, Leonid Averyanov, Jacinto Regalado, 2005. *Thông Việt Nam: Nghiên cứu hiện trạng bảo tồn, 2004*. Fauna & Flora International, Chương trình Việt Nam, Hà Nội.
31. Trần Thị Tuyết Hằng, 1998. *Nghiên cứu nhịp điệu sinh trưởng đường kính thông đuôi ngựa (Pinus massoniana Lamb) dưới ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu nhằm phục vụ cho kinh doanh rừng trồng tại lâm trường Tam Đảo – Vĩnh Phúc*. Luận án tiến sỹ nông nghiệp, Trường Đại học lâm nghiệp, 24 trang.
32. Jacoby, G.C. D'Arrigo, R.D., 1990. Teak (*Tectona grandis* L.F.), Atropical species of largescale dendroclimatic potential, *Dendrochronologia* 8 (1990) 83-98 pp.
33. Kimmins, J.P., 1998. *Forest ecology*, Prentice – Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 800 pages.
34. Kleinbaun, D.G., Kupper, L.L., 1998. *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*. Brooks/Cole Publishing Company. 800 pages.
35. Nguyễn Đức Tố Lưu và Philip Ian Thomas, 2004. *Cây lá kim Việt Nam*. ISTN 1872291463. 86 pages.
36. Momchil, P.P., Zafirov, N., Cherubini, P., 2012. Fingerprints of extreme events in *Pinus sylvestris* tree rings from Bulgaria. *Trees* (2012).

37. Martin-Benito D., Beeckman H., Cañellas I. 2013. Influence of drought on tree rings and tracheid features of *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* in a mesic Mediterranean forest. *European Journal of Forest Research* 132: 33–45
38. Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1999. *Một số loài cây bị đe dọa ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội. 147 trang.
39. Nguyễn Hoàng Nghĩa, 2004. *Các loài cây lá kim ở Việt Nam*. Nxb. Nông nghiệp, Hà Nội. 148 trang.
40. Phạm Trọng Nhân, Nguyễn Duy Quang và Nguyễn Văn Thêm, 2011. Ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Thông ba lá (*Pinus kaysia* ex Gordon) ở khu vực Bảo Lộc, Di Linh và Đà Lạt tỉnh Lâm Đồng. *Tạp chí khoa học lâm nghiệp, Viện Khoa học lâm nghiệp Việt Nam*, Số 3, trang 1884 – 1894.
41. Nguyễn Văn Nhẫn, 2011. *Nghiên cứu ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam (Keteleeria evelyniana Masters) ở khu vực Đức Trọng, tỉnh Lâm Đồng*. Luận án thạc sĩ khoa học nông nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 80 trang.
42. Nguyễn Văn Nhẫn, 2012. Ảnh hưởng của khí hậu đến tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam (*Keteleeria evelyniana* Masters) ở khu vực Đức Trọng thuộc tỉnh Lâm Đồng. *Tạp chí khoa học lâm nghiệp, Viện Khoa học lâm nghiệp Việt Nam*, Số 4, trang 2517 - 2526.
43. Novak, K., Martin de Luis, José Raventós, Čufar K., 2013. Climatic signals in tree ring widths and wood structure of *Pinus halepensis* in contrasted environmental conditions. *Trees* (2013) 27, 927-936 pp.
44. Oberhuber, W., Stumböck, M., Kofler, W., 1998. Climate-tree growth relationships of Scots pine stands (*Pinus sylvestis* L.) exposed to soil dryness. *Trees* (1998) 13: 19-27 pp.
45. Pant, G.B., Borgaonkar, H.P., 1983. Growth rings of Teak trees and regional climatology (an ecological study of Thane region), in: L.R. Singh, S. Singh, R.C. Tiwari, R.P. Srivastava (Eds.), *Environmental Management:*

- The Allahabad Geographical Society, Department of Geography, University of Allahabad, India 1983, 153-158 pp.
46. Pumijumnong, N. Eckstein, D. and Sass, U., 1995. Tree-ring research on *Tectona grandis* L. in Northern Thailand, *IAWA Journal* 16 (4) (1995) 385-392 pp.
 47. Ram, S. Borgaonkar, H.P. Sikder, A.B., 2008. Tree-ring analysis of teak (*Tectona grandis* L.F.) in central India and its probable linkage with moisture fluctuation: A case study, *Journal of Earth System Science* 117 (5) (2008) 637-645 pp.
 48. Ram, S. Borgaonkar, H.P. Sikder, A.B., 2010. Varying strength of the relationship between tree-rings and summer month moisture index (April-September) over central India: A case study, *Quaternary Int.* 212 (2010) 70-75 pp.
 49. Rathore, A., Jasrai, Y.T., 2013. Tree ring analysis of *Tectona grandis* Linn. F in Gujarat. *International journal of Scientific and engineering research*, Volume 4, Issue 5, 643 – 649 pp.
 50. Shiyatov, S. G. and V. S. Mazepa, 1987. Some new approaches in the consideration of more reliable dendroclimatological series and in the analysis of cycle components. L. Kairiukstis, Z. Bednarz, and E. Feliksik (eds.). In Proceedings of: *Methods of Dendrochronology-1. International Institute for Applied Systems Analysis/Polish Academy of Sciences - Systems Research Institute*. Warsaw, Poland, 87 – 96 pp.
 51. Schweingruber, F.H, 1987. Tree rings: basics and applications of Dendrochronology. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
 52. Santosh, K.S. Amalava, B. Vandana, C., 2007. Reconstruction of June-September precipitation based on tree-ring data of teak (*Tectona grandis* L.) from Hoshangabad, Madhya Pradesh, India, *Dendrochronologia* 25 (2007) 57-64 pp.

53. Thái Văn Trùng, 1999. *Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam*. Nxb. Khoa học kỹ thuật, Hà Nội. 412 trang.
54. Nguyễn Văn Thêm, 2002. *Sinh thái rừng*. Nxb. Nông Nghiệp – chi nhánh Tp. Hồ Chí Minh. 374 trang.
55. Nguyễn Văn Thêm, 2003. Phản ứng của Thông ba lá (*Pinus keysia* Royle ex Gordon) đối với các yếu tố khí hậu ở Lạc Dương, tỉnh Lâm Đồng. *Tạp chí Nông Nghiệp và Phát triển Nông thôn, Hà Nội*, Số 3/2003.
56. Nguyễn Văn Thêm, 2004. *Hướng dẫn sử dụng Statgraphics 3.0 & 5.1 để xử lý thông tin trong lâm học*. Nxb. Nông Nghiệp – chi nhánh Tp. Hồ Chí Minh. 179 trang.
57. Nguyễn Văn Thêm, 2010. *Phân tích số liệu quần xã thực vật rừng*. Nxb. Nông Nghiệp – chi nhánh Tp. Hồ Chí Minh. 200 trang.
58. Nguyễn Văn Thêm, 2012. Phản ứng của Bạch tùng (*Darcrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub) đối với khí hậu ở khu vực Núi Ông tỉnh Bình Thuận. *Tạp chí khoa học lâm nghiệp, Viện Khoa học lâm nghiệp Việt Nam*, Số 4, trang 2527 - 2535.
59. Takahashi, K., Tokumitsu, Y., Yasue, K., 2005. Climatic factors affecting the tree-ring width of *Betula ertanii* at the timberline on Mount Norikura, central Japan. *Ecol Res* (2005) 20: 445-451 pp.
60. Vương Văn Quỳnh và Trần Tuyết Hằng, 1996. *Khí tượng thủy văn rừng*. Nxb. Nông Nghiệp, Hà Nội, 185 trang.
61. Warren, W. G., 1980. On removing the growth trend from dendrochronological data. *Tree - Ring Bulletin* 40: 35 – 44 pp.
62. Yadav, R.R., Bhattacharyya, A., 1996. Biological referenes from the growth climate relationship in Teak from India. *Proc. Indian natn. Sci. Acad.*, B62, N₀ 3, pp. 233-238 pp.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. Những thông tin về vị trí thu mẫu, kích thước cây mẫu.

1.1. Vị trí và kích thước đối với những cây mẫu Du sam.

TT cây	Tọa độ VN		Độ cao (m)	H (m)	D (cm)
	X	Y			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	575831	1305685	1.200	17	153
2	576031	1305585	1.200	16	133
3	576233	1306120	1.200	21	154
4	576147	1306182	1.200	17	150
5	575417	1309084	1.200	20	107
6	575432	1309143	1.400	14	124
7	575091	1308984	1.400	16	124
8	575205	1308986	1.400	15	135

1.2. Vị trí và kích thước đối với những cây mẫu Bạch tùng.

TT cây	Tọa độ VN		Độ cao (m)	H (m)	D (cm)
	X	Y			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	573459	1309532	1.400	24	114
2	573346	1309551	1.400	23	95
3	573341	1309534	1.400	24	107
4	573207	1309655	1.400	25	87
5	573047	1309624	1.400	21	89
6	573042	1309610	1.400	22	98
7	573083	1309539	1.600	25	116
8	572969	1309456	1.600	25	116
9	572991	1309515	1.600	24	119

1.3. Vị trí và kích thước đối với những cây mẫu Đinh tùng.

TT cây	Tọa độ VN		Độ cao (m)	H (m)	D (cm)
	X	Y			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	573028	1309523	1.400	21	48
2	573396	1309545	1.400	21	64

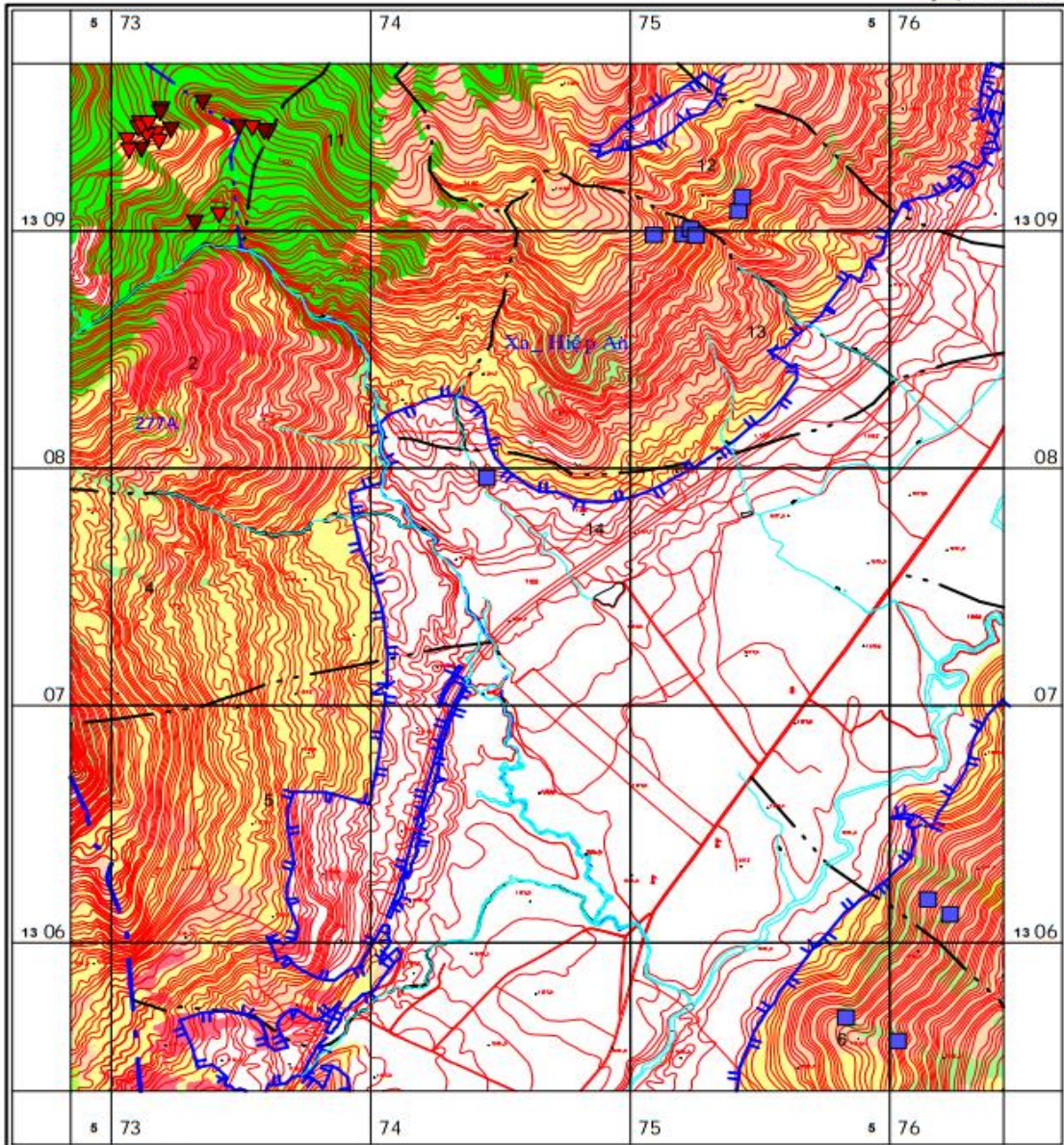
3	573038	1309489	1.400	19	57
4	572991	1309515	1.400	23	117
5	573269	1309180	1.600	19	59
6	572915	1309495	1.600	21	73
7	572922	1309451	1.600	20	54

1.4. Hiện trạng rừng và vị trí thu mẫu bề rộng vòng năm đối với Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng ở khu vực nghiên cứu.

BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG KHU VỰC NGHIÊN CỨU

(Theo quyết định số 299/QĐ-UBND ngày 28/01/2015 của UBND tỉnh Lâm Đồng về việc phê duyệt kết quả kiểm kê rừng tỉnh Lâm Đồng)

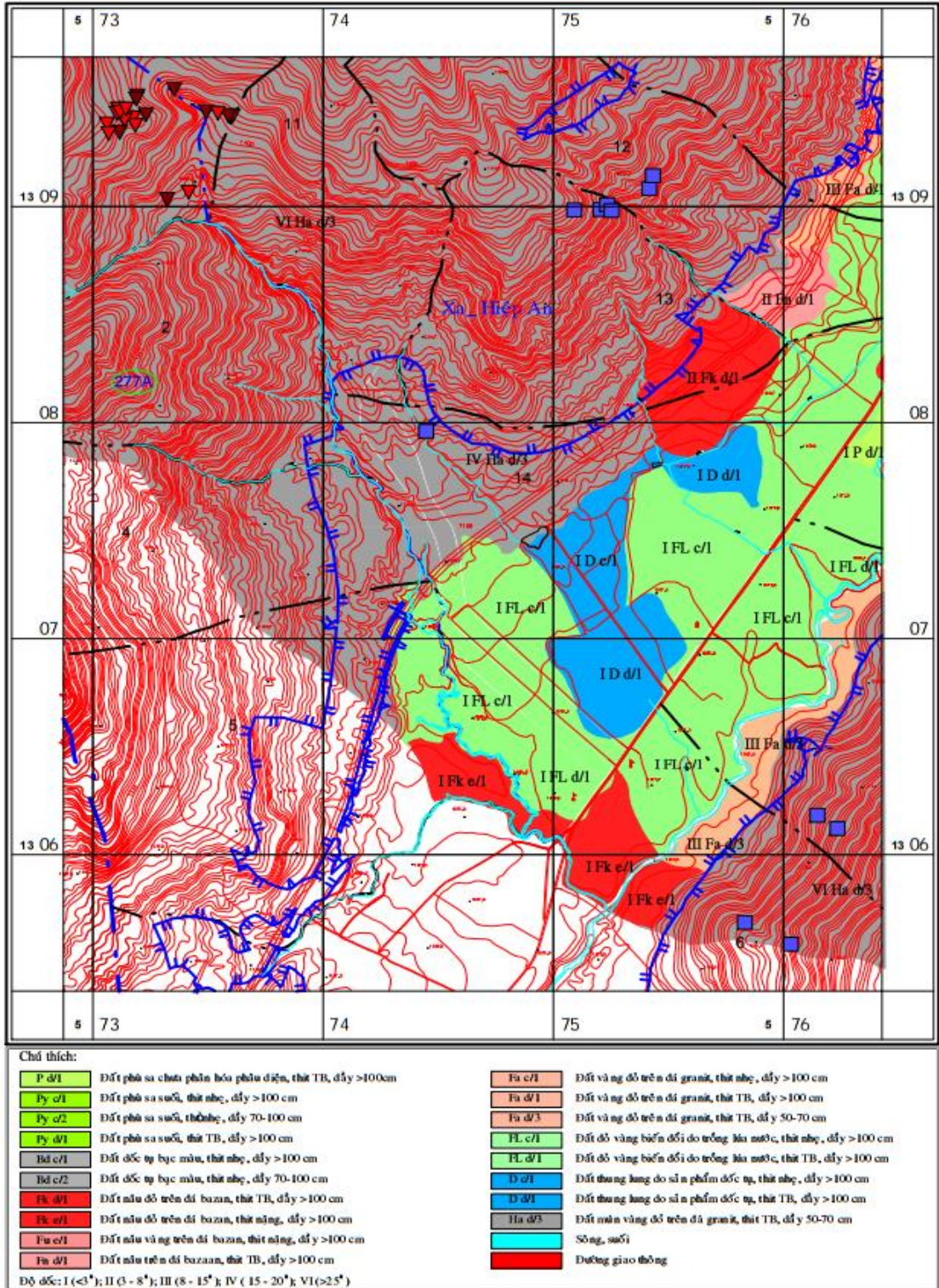
Tỷ lệ: 1/25.000



Chú thích:

- Đường bình độ:		- Hiện trạng rừng:	
- Ranh giới tiểu khu, số hiệu:		TXP: Thường xanh phục hồi	
- Ranh giới khoảnh, số hiệu:		TXB: Thường xanh trung bình	
- Ranh giới hành chính xã:		TXN: Thường xanh nghèo	
- Ranh giới hành chính huyện:		LKG: Lá kim giàu	
- Ranh phân định nông lâm:		LKN: Lá kim nghèo	
- Đường:		LKB: Lá kim trung bình	
- Suối:		RTG: Rừng trồng gỗ	
- Cây Du sam:		NN: Nông nghiệp	
- Cây Đinh tùng:		DTR: Đất trồng rừng	
- Cây Bạch tùng:		DT1, DT2: Đất trống	

BẢN ĐỒ ĐẤT Ở KHU VỰC NGHIÊN CỨU



Phụ lục 2. Đặc trưng quần xã thực vật rừng.

2.1. Đặc trưng quần xã thực vật với sự tham gia của Du sam.

TT	Loài	N	G	V	N%	G%	V%	IV%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Giẻ đá	125	15,9	157,5	18,8	30,7	32,7	27,4
2	Du sam	25	14,9	186,5	3,8	28,8	38,7	23,8
3	Diệp luân mộc	185	7,8	46,9	27,8	15,0	9,7	17,5
4	Ngâu rừng	80	1,8	6,9	12,0	3,5	1,4	5,7
5	Bời lời	65	1,6	6,9	9,8	3,0	1,4	4,7
6	Kháo vàng	15	2,3	25,6	2,3	4,4	5,3	4,0
	Cộng 6 loài	495	44,2	430,4	74,5	85,4	89,2	83,1
17	Loài khác	170	7,5	51,4	25,5	14,6	10,8	16,9
23	Tổng số	665	51,7	481,8	100	100	100	100

2.2. Đặc trưng quần xã thực vật với sự tham gia của Bạch tùng.

TT	Loài	N	G	V	N%	G%	V%	IV%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Giẻ đá	350	16,7	137,9	42,7	45,6	46,4	44,9
2	Bạch tùng	35	7,2	69,4	4,3	19,7	23,4	15,8
3	Bời lời	185	4,8	32,7	22,6	13,2	11,0	15,6
4	Chò xốt	35	1,8	14,7	4,3	4,9	5,0	4,7
5	Diệp luân mộc	50	1,5	9,6	6,1	4,1	3,2	4,5
	Cộng 5 loài	655	32,1	264,2	80,0	87,5	89,0	85,5
20	Loài khác	165	4,7	32,7	20,0	12,5	11,0	14,5
25	Tổng	820	36,8	296,9	100	100	100	100

2.3. Đặc trưng quần xã thực vật với sự tham gia của Đinh tùng.

TT	Loài	N	G	V	N%	G%	V%	IV%
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Giẻ đá	210	10,9	79,3	26,6	29,1	30,4	28,7
2	Đinh tùng	25	6,2	49,9	3,2	16,6	19,1	13,0
3	Diệp luân mộc	130	4,3	23,8	16,5	11,6	9,1	12,4
4	Bời lời	85	4,0	27,4	10,8	10,8	10,5	10,7

5	Trâm núi	35	3,5	29,5	4,4	9,2	11,3	8,3
6	Ngâu rừng	90	1,4	5,0	11,4	3,7	1,9	5,7
7	Bạch tùng	15	2,3	18,6	1,9	6,1	7,2	5,1
	Cộng 7 loài	590	32,6	233,3	74,8	87,1	89,5	83,9
17	Loài khác	200	4,9	27,2	25,2	12,9	10,5	16,1
23	Tổng	790	37,5	260,5	100	100	100	100

2.4. Danh lục thực vật.

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học
(1)	(2)	(3)
1	Bạch tùng	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Blume)
2	Bời lời	<i>Litsea verticillata</i> Hance
3	Bưởi bung	<i>Acronychia pedunculata</i> (L.) Mi
4	Chiêu liêu	<i>Terminalia calamansanai</i> (Blanc)
5	Chò xót	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.
6	Cọ mai	<i>Colona auriculata</i> Craib.
7	Côm núi	<i>Elaeocarpus silvestris</i> (Lour.)
8	Đa trụ	<i>Ficus glandulifera</i> Wall. et Ki
9	Dâu rừng	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.
10	Đền 3 lá	<i>Vitex pierreana</i> Dop.
11	Diệp luân mộc	<i>Ostodes paniculata</i> Blume.
12	Đỉnh tùng	<i>Cephalotaxus mannii</i> Hook. f.
13	Du sam	<i>Keteleeria eveleniana</i> Mart.
14	Giẻ đá	<i>Lithocarpus pseudosundaicus</i> A.
15	Hu đay	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume.
16	Kháo vàng	<i>Machilus bonii</i> Lecomte.
17	Lành ngạnh	<i>Cratoxylon formosum</i> Benth.
18	Lòng máng	<i>Pterospermum acerifolium</i> Willd.
19	Máu chó lá lớn	<i>Knema pierrei</i> Warbg.
20	Mùng quân	<i>Flacourtia montana</i> Grah.
21	Ngâu rừng	<i>Aglaia pleuropteris</i> Pierre.
22	Nhọc lá lớn	<i>Polyalthia laui</i> Merr.

23	Quế rừng	<i>Cinnamomum iners</i> Reinw. ex Blu.
24	Sâm	<i>Memecylon scutellatum</i> (Lour.)
25	Sến	<i>Sarcosperma angustifolium</i> Gagn.
26	Sóng rần	<i>Albizia lucidior</i> (Steud.) I. N.
27	Thầu tẩu	<i>Aporosa dioica</i> (Roxb) Muell.A.
28	Thích	<i>Acer oliverianum</i> Pax.
29	Thông đỏ	<i>Taxus wallichiana</i> Zucc.
30	Trám chim	<i>Canarium parvum</i> Leenh.
31	Trâm lá nhỏ	<i>Syzygium bracteatum</i> (Willd.)
32	Trâm núi	<i>Syzygium levinei</i> Merr. et Perr.
33	Trường chua	<i>Nephelium hypoleucum</i> Kurz.
34	Trường quả nhỏ	<i>Xerospermum noronhianum</i> Blume.

Phụ lục 3. Đặc trưng thống kê bề rộng vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.

3.1a. Đặc trưng thống kê bề rộng vòng năm của Du sam.

Cây giải tích	N (số năm)	Zr (mm)	$\pm S$	$\pm Se$	CV%	Zr _{Min}	Zr _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	219	1,96	0,93	0,06	47,2	0,75	6,78
2	86	5,12	2,35	0,25	45,8	0,01	14,67
3	262	1,67	1,13	0,07	67,2	0,37	5,98
4	293	1,46	0,76	0,04	52,1	0,52	4,98
5	302	1,24	0,71	0,04	56,9	0,42	5,96
6	275	1,38	0,59	0,04	42,5	0,55	4,34
7	194	1,65	0,77	0,06	47,0	0,46	4,50
8	147	2,43	1,66	0,14	68,5	0,50	6,14
Trung bình	222	2,12	1,11	0,09	53,4	0,45	6,67

3.1b. Chu kỳ tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam.

Năm	Chuỗi chỉ số Kd theo trung bình di động 13 năm									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1830	<u>-0,19^(*)</u>	<u>-0,5</u>	<u>-0,73</u>	<u>-0,81</u>	<u>-0,72</u>	<u>-0,55</u>	<u>-0,38</u>	<u>-0,22</u>	<u>-0,09</u>	0,03
1840	0,11	0,13	0,10	0,01	<u>-0,11</u>	<u>-0,20</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,02</u>	0,12	0,13
1850	0,06	<u>-0,01</u>	<u>-0,06</u>	<u>-0,11</u>	<u>-0,16</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,15</u>	<u>-0,10</u>	<u>-0,03</u>	0,09
1860	0,21	0,31	0,39	0,45	0,44	0,31	0,09	<u>-0,10</u>	<u>-0,16</u>	<u>-0,08</u>
1870	0,07	0,18	0,21	0,19	0,12	<u>-0,06</u>	<u>-0,38</u>	<u>-0,70</u>	<u>-0,83</u>	<u>-0,70</u>
1880	<u>-0,39</u>	<u>-0,05</u>	0,18	0,24	0,18	0,07	<u>-0,04</u>	<u>-0,11</u>	<u>-0,11</u>	<u>-0,03</u>
1890	0,09	0,16	0,17	0,17	0,17	0,12	0,07	0,08	0,14	0,12
1900	<u>-0,01</u>	<u>-0,14</u>	<u>-0,20</u>	<u>-0,22</u>	<u>-0,25</u>	<u>-0,22</u>	<u>-0,11</u>	0,06	0,18	0,24
1910	0,22	0,11	<u>-0,05</u>	<u>-0,12</u>	<u>-0,04</u>	0,12	0,24	0,29	0,34	0,40
1920	0,42	0,34	0,16	-0,01	<u>-0,10</u>	<u>-0,09</u>	<u>-0,06</u>	<u>-0,12</u>	<u>-0,30</u>	<u>-0,48</u>
1930	<u>-0,50</u>	<u>-0,29</u>	0,03	0,30	0,41	0,36	0,18	<u>-0,10</u>	<u>-0,36</u>	<u>-0,50</u>
1940	<u>-0,46</u>	<u>-0,31</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,10</u>	<u>-0,12</u>	<u>-0,19</u>	<u>-0,25</u>	<u>-0,22</u>	<u>-0,12</u>	0,01
1950	0,11	0,19	0,26	0,28	0,18	<u>-0,04</u>	<u>-0,28</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,17</u>	0,11
1960	0,27	0,19	0,03	0,01	0,14	0,22	0,06	<u>-0,24</u>	<u>-0,43</u>	<u>-0,38</u>
1970	<u>-0,18</u>	<u>-0,03</u>	0,03	0,07	0,11	0,11	0,08	0,05	0,09	0,19
1980	0,28	0,26	0,10	<u>-0,10</u>	<u>-0,24</u>	<u>-0,26</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,06</u>	<u>-0,02</u>	<u>-0,07</u>
1990	<u>-0,16</u>	<u>-0,20</u>	<u>-0,16</u>	<u>-0,05</u>	0,11	0,24	0,29	0,26	0,20	0,13
2000	0,02	<u>-0,10</u>	<u>-0,19</u>	<u>-0,31</u>	<u>-0,45</u>	<u>-0,51</u>				

(*) Chỉ số Kd mang dấu âm biểu thị sự suy giảm tăng trưởng

Những thời kỳ tăng trưởng mạnh và tăng trưởng kém ở Du sam

Tăng trưởng kém		Tăng trưởng mạnh	
Thời kỳ	Số năm	Thời kỳ	Số năm
(1)	(2)	(3)	(4)
1930 - 1938	9	1939 - 1943	5
1844 - 1847	4	1848 - 1850	3
1851 - 1858	8	1859 - 1866	8
1867 - 1869	3	1870 - 1874	5
1875 - 1881	7	1882 - 1885	4
1886 - 1889	4	1890 - 1889	10
1890 - 1906	7	1907 - 1911	5
1912 - 1914	3	1915 - 1922	8

1923 - 1931	9	1932 - 1936	5
1937 - 1948	12	1949 - 1954	6
1955 - 1958	4	1959 - 1966	8
1967 - 1971	5	1972- 1982	11
1983 -1993	11	1994 - 2000	7
2001 - 2007	7		
Trung bình	7		7

3.2a. Đặc trưng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

Cây giải tích	N (số năm)	Zr (mm)	±S	±Se	CV%	Zr _{Min}	Zr _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	269	1,47	0,416	0,025	28,4	0,69	2,85
2	213	2,16	0,704	0,048	32,5	0,62	4,41
3	200	1,45	0,634	0,045	43,7	0,28	3,89
4	213	1,28	0,257	0,018	20,0	0,70	2,07
5	147	2,68	0,930	0,077	34,7	1,26	8,40
6	186	1,38	0,573	0,042	41,5	0,51	3,72
7	165	2,58	2,362	0,184	91,4	0,42	13,73
8	251	1,72	0,770	0,049	44,7	0,50	5,02
9	203	2,07	0,733	0,051	35,4	0,64	4,99
Trung bình	205	1,87	0,82	0,06	41,38	0,62	5,45

3.2b. Chu kỳ tăng trưởng bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1820	0,25	0,34	0,51	0,62	0,45	0,01	<u>-0,44^(*)</u>	<u>-0,57</u>	<u>-0,42</u>	<u>-0,23</u>
1830	<u>-0,20</u>	<u>-0,26</u>	<u>-0,26</u>	<u>-0,12</u>	0,09	0,27	0,29	0,13	-0,07	-0,20
1840	<u>-0,21</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,14</u>	<u>-0,11</u>	-0,05	0,02	0,04	<u>-0,02</u>	<u>-0,13</u>	<u>-0,21</u>
1850	<u>-0,22</u>	<u>-0,16</u>	<u>-0,05</u>	0,09	0,34	0,76	1,20	1,36	1,08	0,51
1860	<u>-0,04</u>	<u>-0,38</u>	<u>-0,47</u>	<u>-0,39</u>	<u>-0,30</u>	<u>-0,24</u>	<u>-0,15</u>	<u>-0,04</u>	<u>-0,01</u>	<u>-0,12</u>
1870	<u>-0,24</u>	<u>-0,21</u>	0,01	0,25	0,31	0,18	0,04	<u>-0,05</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,33</u>
1880	<u>-0,43</u>	<u>-0,31</u>	0,00	0,32	0,45	0,34	0,12	0,04	0,18	0,36
1890	0,34	0,17	0,11	0,24	0,31	0,16	<u>-0,09</u>	<u>-0,18</u>	<u>-0,10</u>	<u>-0,08</u>
1900	<u>-0,27</u>	<u>-0,56</u>	<u>-0,66</u>	<u>-0,41</u>	0,13	0,64	0,80	0,56	0,17	<u>-0,11</u>

1910	<u>-0,19</u>	<u>-0,11</u>	0,10	0,32	0,36	0,16	<u>-0,10</u>	<u>-0,20</u>	<u>-0,13</u>	<u>-0,07</u>
1920	<u>-0,13</u>	<u>-0,28</u>	<u>-0,39</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,13</u>	0,13	0,22	0,13	<u>-0,02</u>	<u>-0,11</u>
1930	<u>-0,09</u>	<u>-0,01</u>	0,05	0,02	<u>-0,08</u>	<u>-0,16</u>	<u>-0,15</u>	<u>-0,07</u>	0,03	0,15
1940	0,23	0,23	0,24	0,30	0,27	0,04	<u>-0,23</u>	<u>-0,29</u>	<u>-0,11</u>	0,10
1950	0,16	0,04	<u>-0,17</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,41</u>	<u>-0,27</u>	0,08	0,53	0,81	0,75
1960	0,48	0,26	0,04	-0,34	-0,70	-0,72	-0,43	<u>-0,17</u>	<u>-0,11</u>	<u>-0,20</u>
1970	<u>-0,31</u>	<u>-0,44</u>	<u>-0,59</u>	<u>-0,64</u>	<u>-0,46</u>	<u>-0,11</u>	0,13	0,09	<u>-0,12</u>	<u>-0,21</u>
1980	<u>-0,08</u>	0,10	0,18	0,13	0,02	<u>-0,12</u>	<u>-0,26</u>	<u>-0,36</u>	<u>-0,38</u>	<u>-0,32</u>
1990	<u>-0,24</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,10</u>	0,00	0,09	0,10	0,08	0,10	0,21	0,32
2000	0,35	0,28	0,25	0,33	0,42	0,40				

(*) Chỉ số Kd mang dấu âm biểu thị sự suy giảm tăng trưởng

Những thời kỳ tăng trưởng mạnh và tăng trưởng kém ở Bạch tùng

Tăng trưởng kém		Tăng trưởng mạnh	
Thời kỳ	Số năm	Thời kỳ	Số năm
(1)	(2)	(3)	(4)
1826 - 1833	8	1820 - 1825	6
1838 - 1844	7	1834 - 1837	4
1847 - 1852	6	1845 - 1846	2
1860 - 1871	12	1853 - 1959	7
1877 - 1881	5	1872 - 1876	5
1896 - 1903	8	1882 - 1895	14
1909 - 1911	3	1904 - 1908	5
1916 - 1924	9	1912 - 1915	4
1928 - 1931	4	1925 - 1927	3
1938 - 1945	4	1932 - 1937	2
1956 - 1962	10	1946 - 1955	8
1976 - 1977	13	1956 - 1962	7
1978 - 1980	3	1976 - 1977	2
1985 - 1992	8	1981 - 1984	4
-		1993 - 2008	16
Trung bình	7		7

3.3a. Đặc trưng thống kê bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

Cây giải tích	N (số năm)	Zr (mm)	$\pm S$	$\pm Se$	CV%	Zr _{Min}	Zr _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	167	1,46	0,44	0,03	30,4	0,6	3,06
2	167	1,26	0,38	0,03	30,0	0,44	2,67
3	208	1,40	0,48	0,03	33,9	0,50	3,89
4	221	1,27	0,50	0,03	39,5	0,29	3,58
5	184	1,35	0,47	0,03	34,6	0,46	3,46
6	158	1,65	0,64	0,05	38,7	0,62	4,77
7	129	2,57	0,83	0,07	32,5	0,68	5,32
Trung bình	176	1,56	0,53	0,04	34,2	0,51	3,82

3.3b. Chu kỳ tăng trưởng bề rộng vòng năm của Đỉnh tùng.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1890						<u>-0,40^(*)</u>	<u>-0,13</u>	<u>-0,10</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,17</u>
1900	<u>-0,06</u>	0,06	0,11	0,07	0,02	0,10	0,33	0,58	0,69	0,61
1910	0,42	0,27	0,26	0,44	0,68	0,74	0,53	0,23	0,14	0,29
1920	0,38	0,14	<u>-0,25</u>	<u>-0,42</u>	<u>-0,32</u>	<u>-0,18</u>	<u>-0,21</u>	<u>-0,35</u>	<u>-0,43</u>	<u>-0,39</u>
1930	<u>-0,26</u>	<u>-0,11</u>	0,03	0,12	0,09	<u>-0,12</u>	<u>-0,39</u>	<u>-0,53</u>	<u>-0,42</u>	<u>-0,14</u>
1940	0,16	0,27	0,13	<u>-0,09</u>	<u>-0,18</u>	<u>-0,12</u>	<u>-0,05</u>	0,01	0,10	0,23
1950	0,29	0,24	0,11	<u>-0,02</u>	<u>-0,13</u>	<u>-0,24</u>	<u>-0,36</u>	<u>-0,39</u>	<u>-0,27</u>	<u>-0,09</u>
1960	0,00	<u>-0,01</u>	0,01	0,15	0,34	0,39	0,13	<u>-0,31</u>	<u>-0,60</u>	<u>-0,46</u>
1970	0,06	0,67	0,99	0,85	0,38	<u>-0,10</u>	<u>-0,32</u>	<u>-0,24</u>	<u>-0,10</u>	<u>-0,16</u>
1980	<u>-0,39</u>	<u>-0,50</u>	<u>-0,26</u>	0,28	0,84	1,01	0,60	<u>-0,20</u>	<u>-0,83</u>	<u>-0,86</u>
1990	<u>-0,38</u>	0,18	0,43	0,33	0,08	<u>-0,03</u>	0,12	0,47	0,73	0,65
2000	0,25	<u>-0,15</u>	<u>-0,18</u>	0,14	0,46	0,42				

(*) Chỉ số Kd mang dấu âm biểu thị sự suy giảm tăng trưởng

Những thời kỳ tăng trưởng mạnh và tăng trưởng kém ở Đỉnh tùng

Tăng trưởng kém		Tăng trưởng mạnh	
Thời kỳ	Số năm	Thời kỳ	Số năm
(1)	(2)	(3)	(4)
1895 - 1900	6	1901 - 1921	21
1922 - 1931	10	1932 - 1934	3
1934 - 1939	5	1940 - 1942	3
1943 - 1946	4	1947 - 1952	6
1953 - 1961	9	1962 - 1966	5
1967 - 1969	3	1970 - 1975	6
1976 - 1982	7	1983 - 1984	4
1987 - 1990	4	1991 - 2000	10
2001 - 2003	3	2004 - 2006	3
2007 - 2008	2		
Trung bình	5		7

Phụ lục 4. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam.

4.1. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của Du sam.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1820			0,91	1,20	0,95	1,01	0,98	0,95	0,99	1,12
1830	0,92	0,98	1,01	1,07	0,93	1,05	0,98	1,00	1,01	1,09
1840	0,78	1,04	1,09	0,90	0,93	1,19	0,93	0,96	1,10	0,87
1850	1,12	0,92	1,03	1,07	0,96	0,96	1,06	0,97	1,01	1,04
1860	0,86	1,16	0,91	1,00	1,03	1,03	1,01	0,95	1,12	0,88
1870	1,09	0,90	1,03	1,04	0,96	1,03	1,03	1,01	1,05	0,88
1880	1,01	1,05	0,87	1,19	0,92	1,02	0,85	1,12	1,00	1,03
1890	0,88	1,14	0,99	0,93	0,95	1,10	1,00	1,07	0,85	1,04
1900	1,01	0,96	1,07	0,95	1,11	0,92	0,91	1,07	1,01	1,04
1910	0,93	1,00	1,13	0,90	0,99	0,91	1,14	1,01	0,93	1,00
1920	1,04	1,02	1,00	0,94	1,08	0,93	1,13	0,95	0,89	1,09
1930	0,98	0,93	1,09	0,97	1,06	0,81	1,15	0,94	1,19	0,89
1940	1,01	0,85	1,12	0,96	0,97	0,97	1,21	0,87	0,93	1,04
1950	0,96	0,97	1,08	0,85	1,13	1,01	1,02	1,10	0,84	0,97

1960	1,01	1,02	1,01	1,08	0,81	1,13	0,97	1,13	0,86	1,09
1970	0,87	1,15	1,00	0,85	1,17	0,92	0,93	1,16	0,92	0,96
1980	1,07	0,93	1,20	0,83	1,08	0,98	0,97	1,04	0,95	1,13
1990	0,96	0,96	1,02	0,98	1,05	0,93	1,03	1,07	0,90	0,94
2000	1,05	1,03	0,98	0,96	1,15	0,89	1,00	1,06	0,91	1,01
2010	0,94	1,02	1,10	0,84						

4.2. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam.

Cây giải tích	N (năm)	Kd	$\pm S$	$\pm Se$	CV%	Kd _{Min}	Kd _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	217	1,0	0,16	0,01	15,6	0,37	1,88
2	84	1,0	0,28	0,03	28,6	0,00	1,65
3	260	1,0	0,16	0,01	15,8	0,51	1,44
4	292	1,0	0,14	0,01	13,8	0,63	1,70
5	300	1,0	0,16	0,01	16,0	0,57	1,43
6	273	1,0	0,16	0,01	15,7	0,59	1,50
7	192	1,0	0,14	0,01	13,7	0,59	1,36
8	145	1,0	0,14	0,01	13,9	0,60	1,50
Trung bình	224	1,0	0,17	0,01	16,6	0,48	1,56
Chuỗi chuẩn hóa	192	1,0	0,09	0,01	9,0	0,78	1,21

Phụ lục 5. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

5.1. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của Bạch tùng.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1810				1,07	0,79	1,11	1,01	1,00	0,89	1,08
1820	1,04	0,89	0,99	1,20	0,68	1,31	0,97	0,86	1,04	0,97
1830	1,04	1,00	1,04	0,85	1,22	0,82	0,88	1,41	0,65	1,23
1840	0,90	1,07	0,95	1,05	0,94	0,97	1,21	0,78	1,13	0,88
1850	1,04	1,05	0,98	0,91	1,08	1,02	0,79	1,08	1,00	1,16
1860	0,74	1,19	1,05	0,75	1,18	1,03	0,98	0,88	1,07	1,01
1870	0,99	1,10	0,91	0,88	1,09	0,99	0,98	1,07	0,96	1,01
1880	1,03	0,96	0,96	1,08	0,89	1,09	1,00	0,96	1,03	0,98
1890	0,94	1,15	0,90	0,95	1,00	1,09	1,03	0,93	0,94	1,09

1900	1,07	0,89	1,04	1,03	0,88	0,94	1,12	0,91	1,13	0,85
1910	1,16	0,89	1,00	1,07	0,92	1,01	1,03	0,98	1,05	0,96
1920	0,96	0,99	1,08	0,84	1,05	0,94	1,12	0,92	1,07	0,95
1930	1,09	0,88	1,14	0,82	1,17	0,92	0,93	1,14	0,95	0,98
1940	0,96	1,01	1,15	0,91	0,87	1,05	1,08	0,94	1,02	0,89
1950	1,03	1,11	0,95	1,05	0,94	0,96	1,10	0,89	0,90	1,15
1960	1,10	0,80	0,95	1,21	0,95	0,90	0,97	1,04	1,02	0,99
1970	0,96	1,08	0,94	1,05	0,88	1,11	0,87	1,02	1,18	0,84
1980	1,04	0,94	1,03	1,09	0,97	0,99	1,01	0,97	0,98	1,05
1990	0,96	1,00	1,16	0,73	1,12	1,00	0,99	1,11	0,83	1,05
2000	0,91	1,11	1,10	0,79	1,10	1,00	1,03	0,96	0,98	1,01
2010	1,00	1,03	0,96	0,96						

5.2. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Bạch tùng.

Cây giải tích	N (năm)	Kd	$\pm S$	$\pm Se$	CV%	Kd _{Min}	Kd _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	267	1,0	0,14	0,009	14,1	0,55	1,38
2	211	1,0	0,20	0,014	19,8	0,36	1,95
3	197	1,0	0,23	0,016	22,7	0,52	1,76
4	211	1,0	0,12	0,008	12,0	0,64	1,42
5	145	1,0	0,18	0,015	18,0	0,43	1,77
6	184	1,0	0,16	0,012	16,4	0,64	1,45
7	163	1,0	0,20	0,016	20,5	0,4	1,5
8	249	1,0	0,22	0,014	22,4	0,38	1,67
9	201	1,0	0,16	0,011	16,2	0,57	1,49
Trung bình	203	1,0	0,180	0,013	18,00	0,50	1,60
Chuỗi chuẩn hóa	201	1,0	0,11	0,008	11,0	0,65	1,41

Phụ lục 6. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Đinh tùng.

6.1. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của Đinh tùng.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1880								1,23	0,90	1,11
1890	0,80	1,22	0,88	1,17	0,89	0,84	1,07	1,07	1,06	0,93
1900	0,85	1,21	0,92	0,89	1,14	0,97	0,87	1,12	0,86	1,17
1910	0,88	1,08	0,96	0,97	0,94	1,10	1,00	0,99	0,95	1,02
1920	0,97	0,98	1,08	0,99	0,89	1,15	0,82	1,12	0,96	1,13
1930	0,9	1,02	1,00	1,04	0,9	0,96	1,09	0,99	0,99	0,87
1940	1,07	0,95	1,09	1,01	1,03	0,91	1,06	0,9	1,06	1,03
1950	0,87	1,16	0,98	0,91	1,14	0,91	1,02	1,02	0,94	1,03
1960	0,88	1,25	0,81	1,01	1,08	0,84	1,20	0,9	0,98	1,03
1970	1,02	0,89	0,97	1,13	0,99	0,92	1,02	0,96	0,95	1,14
1980	0,93	0,96	1,12	0,89	0,98	0,94	1,04	1,06	0,92	1,05
1990	0,96	0,93	1,08	1,05	0,95	1,05	0,92	1,02	0,96	0,99
2000	1,03	1,00	1,10	0,83	1,00	1,16	0,86	1,09	1,02	1,06
2010	0,72	1,28	0,89	1,03						

6.2. Đặc trưng chỉ số bề rộng vòng năm của Đinh tùng.

Cây giải tích	N (năm)	Kd	$\pm S$	$\pm Se$	CV%	Kd _{Min}	Kd _{Max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	165	1,0	0,18	0,01	18,1	0,56	1,56
2	165	1,0	0,18	0,01	18,3	0,6	1,56
3	206	1,0	0,18	0,01	18,0	0,52	1,68
4	219	1,0	0,23	0,02	22,7	0,34	1,81
5	182	1,0	0,19	0,01	18,7	0,63	1,63
6	156	1,0	0,20	0,02	19,6	0,48	1,53
7	127	1,0	0,16	0,01	16,0	0,52	1,4
Trung bình	174	1,0	0,19	0,01	18,8	0,52	1,60
Chuỗi chuẩn hóa	127	1,0	0,10	0,01	10,4	0,72	1,28

Phụ lục 7. Chỉ số nhiệt độ không khí của các tháng từ năm 1981 - 2013.

Năm	Tháng trong năm											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2013	1,01	1,03	1,02	1,03	1,01	1,00	1,01	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96
2012	1,04	1,01	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,01	1,00	1,01	1,02	1,04
2011	0,97	0,97	0,96	0,97	0,97	1,00	0,99	1,01	1,00	1,00	1,00	0,98
2010	1,04	1,02	1,03	1,01	1,04	1,02	1,01	0,98	1,01	1,00	0,99	1,02
2009	0,95	1,01	1,03	1,01	0,98	0,99	1,00	1,04	0,98	0,99	0,99	0,98
2008	0,99	0,99	0,94	0,99	0,99	1,00	0,99	0,96	1,02	1,02	1,02	1,00
2007	1,01	0,98	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	0,99	0,97	1,01
2006	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00
2005	1,01	1,02	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,01	1,00	1,05	1,01	1,02
2004	0,99	0,98	1,00	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99	1,00	0,91	0,99	0,99
2003	1,00	1,02	1,00	1,02	0,99	1,01	1,00	1,02	0,99	1,03	1,00	0,95
2002	0,97	0,98	0,99	0,98	1,01	1,01	1,01	0,98	0,99	1,01	1,03	1,07
2001	1,02	1,00	1,01	1,02	1,00	0,99	1,01	1,01	1,01	1,00	0,96	0,96
2000	0,99	1,02	0,99	0,99	1,00	1,01	0,98	1,00	0,99	1,00	1,01	1,04
1999	1,00	0,96	1,00	1,00	0,97	0,96	0,99	0,98	1,00	0,99	1,01	0,96
1998	1,04	1,05	1,04	1,02	1,03	1,05	1,03	1,03	1,01	1,02	1,01	1,03
1997	0,95	0,99	0,96	0,98	0,98	0,98	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	1,00
1996	1,01	0,99	1,01	1,00	1,01	0,99	0,99	1,01	0,99	1,00	1,01	1,00
1995	1,00	0,98	1,00	1,01	1,00	1,02	1,02	1,00	1,01	1,02	1,00	0,97
1994	1,02	1,05	1,00	1,00	1,00	0,98	0,97	1,01	1,00	0,98	0,98	1,03
1993	0,98	0,94	0,99	1,00	1,00	1,01	1,02	0,98	0,99	1,01	1,03	0,99
1992	0,98	1,03	1,01	1,00	1,01	0,99	1,00	1,00	1,01	1,00	0,97	1,00
1991	1,03	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99	1,01	1,00	0,99	1,00	1,00
1990	0,98	1,02	1,00	1,02	1,00	1,00	1,02	0,99	1,00	1,02	1,00	1,01
1989	1,01	0,94	0,97	0,98	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	1,01	1,00
1988	1,03	1,07	1,03	1,01	1,02	1,00	1,01	1,02	1,00	1,00	0,96	0,96
1987	0,98	0,96	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,00	1,02	1,02	1,07	1,03
1986	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99	1,01	1,00	0,99	0,98	1,00	0,95	1,00
1985	1,01	1,03	1,00	0,98	1,00	1,00	0,99	1,01	1,02	1,00	1,04	0,99
1984	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	0,98	0,99	0,97	0,98	0,99	0,98	1,01
1983	1,05	1,02	1,03	1,03	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,00	0,97	0,99
1982	0,96	0,99	0,99	0,97	0,99	0,99	0,98	1,01	0,99	1,00	1,03	1,01
1981	0,99	1,01	1,00	1,01	1,01	0,99	1,01	0,99	1,01	1,00	1,00	0,99

Phụ lục 8. Chỉ số lượng mưa của các tháng từ năm 1981 - 2013.

Năm	Tháng trong năm											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2013	0,50	0,03	1,88	0,85	0,89	1,60	0,86	0,75	1,03	0,72	2,03	0,16
2012	2,28	2,97	0,63	1,35	1,12	0,50	0,95	0,73	1,31	0,94	0,70	0,47
2011	0,03	0,00	1,02	0,46	1,08	1,28	1,10	1,55	0,55	0,88	0,44	0,82
2010	2,84	0,16	0,74	1,29	0,77	1,07	1,02	0,60	0,93	1,28	1,92	2,11
2009	0,09	1,94	1,52	1,19	0,94	1,04	0,98	1,14	1,28	0,97	0,48	0,03
2008	2,68	0,99	0,68	0,79	0,91	0,48	0,96	0,67	0,68	0,91	1,32	2,87
2007	0,01	0,00	1,10	0,87	1,38	1,18	1,07	1,56	1,25	0,85	1,29	0,06
2006	2,99	1,38	1,08	0,92	0,77	1,01	0,87	0,79	0,95	1,19	0,22	0,61
2005	0,00	1,28	0,74	0,81	1,00	0,80	0,86	0,97	1,29	1,29	2,40	2,34
2004	3,00	0,97	1,88	1,71	0,83	1,61	1,26	1,04	0,48	0,22	0,05	0,06
2003	0,00	0,15	0,07	0,42	1,43	0,48	1,06	0,76	1,22	1,49	1,56	0,40
2002	0,00	0,23	1,33	1,40	0,70	1,25	0,86	1,25	1,07	1,13	1,14	1,64
2001	1,09	1,70	1,19	0,47	0,73	0,94	0,64	0,95	0,92	0,45	0,51	0,64
2000	1,28	1,21	0,85	1,36	1,09	0,93	1,29	1,00	1,03	1,64	1,64	1,13
1999	1,31	0,00	1,55	1,02	1,29	1,12	1,00	1,00	0,97	0,84	0,52	0,79
1998	0,00	0,00	0,05	0,86	0,80	1,13	0,84	1,09	0,94	0,78	1,96	1,82
1997	0,00	2,98	2,76	1,14	0,89	0,74	1,26	0,81	1,10	1,13	0,31	0,26
1996	2,14	0,01	0,10	1,03	1,14	1,15	0,64	0,99	0,97	0,98	1,86	2,10
1995	0,59	2,16	1,57	1,14	0,97	1,00	1,35	1,43	0,86	0,98	0,58	0,15
1994	1,37	0,80	0,95	0,64	1,16	0,84	0,94	0,52	1,13	0,96	0,09	0,90
1993	0,28	0,11	1,06	0,74	0,66	0,82	0,92	0,81	1,37	1,21	2,78	2,02
1992	2,67	2,75	1,02	1,46	1,28	1,60	1,05	1,26	0,18	0,81	0,10	0,10
1991	0,00	0,03	0,47	0,75	0,82	0,51	1,21	0,62	1,97	1,36	0,19	2,18
1990	2,93	2,96	1,28	1,11	0,76	1,28	0,49	1,72	0,65	0,60	2,41	0,05
1989	0,01	0,00	1,11	0,92	1,92	1,09	1,26	0,71	0,80	1,18	0,32	2,42
1988	2,98	1,47	1,09	1,40	0,18	0,79	1,33	0,46	1,46	0,81	1,12	0,22
1987	0,00	0,24	0,90	0,62	1,55	1,12	0,46	1,57	0,65	1,12	0,98	0,26
1986	0,00	1,84	0,41	0,34	1,08	0,78	1,25	0,97	1,31	0,87	1,39	1,89
1985	0,01	1,04	0,42	2,20	0,55	1,01	0,94	0,51	1,02	1,30	0,69	0,99
1984	2,99	0,00	2,12	0,44	1,19	1,08	1,20	1,57	0,62	0,70	1,10	0,04
1983	0,00	1,20	0,28	0,58	0,99	0,96	0,91	0,94	1,25	1,58	0,32	2,39
1982	0,08	0,08	2,38	2,00	1,26	1,10	0,84	0,60	1,16	0,48	1,56	0,26
1981	1,46	1,66	0,18	0,41	0,52	0,84	0,97	0,97	0,71	1,06	0,86	1,94

Phụ lục 9. Chỉ số độ ẩm không khí của các tháng từ năm 1981 - 2013.

Năm	Tháng trong năm											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2013	1,03	1,04	1,09	1,00	1,02	1,00	1,00	1,01	1,02	1,00	1,01	1,02
2012	0,99	1,03	0,98	1,03	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,98	1,02	0,99
2011	1,03	1,00	1,02	0,97	0,99	1,01	1,01	0,99	1,00	1,02	0,95	1,00
2010	0,99	0,93	1,00	1,02	1,00	1,00	1,00	1,01	1,00	1,02	1,06	1,02
2009	1,05	1,06	1,12	1,00	0,99	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	0,97	0,98
2008	0,88	0,99	0,90	0,98	1,04	0,96	0,97	1,01	0,98	0,96	1,02	1,01
2007	1,09	1,00	0,77	1,00	0,99	1,05	1,03	1,01	1,03	1,06	1,00	0,98
2006	0,98	0,96	1,23	1,02	1,00	0,98	1,00	0,96	0,99	0,96	0,95	1,04
2005	0,99	1,05	0,94	0,98	0,99	0,97	1,02	1,01	1,00	0,99	1,02	0,93
2004	1,02	0,96	0,95	1,03	0,99	1,02	0,99	1,01	0,97	1,02	1,03	1,05
2003	0,97	1,01	1,06	0,98	1,02	1,05	0,98	0,98	1,02	0,98	1,01	1,00
2002	1,01	1,03	1,01	0,99	1,01	0,94	1,03	1,03	1,01	1,02	0,91	1,03
2001	1,07	0,98	0,99	1,03	0,94	0,97	1,00	0,99	1,00	0,96	1,04	0,93
2000	0,90	1,03	0,96	1,01	1,04	1,06	0,96	1,01	0,93	1,02	1,03	1,01
1999	1,03	0,99	1,03	0,97	1,00	0,97	1,02	1,00	1,10	1,03	0,98	0,99
1998	1,01	1,02	1,03	1,02	1,00	1,00	1,01	1,02	0,91	1,02	1,01	1,02
1997	0,98	0,96	0,96	0,95	1,00	1,04	1,01	0,98	1,06	0,90	0,96	1,07
1996	1,02	1,02	1,00	1,06	1,00	0,95	0,99	0,99	0,96	1,08	1,04	0,92
1995	0,98	0,99	1,04	0,94	1,02	0,99	1,00	1,00	1,02	0,97	0,99	1,06
1994	1,01	1,01	0,96	1,07	0,97	1,05	1,00	1,04	1,01	1,02	0,97	0,98
1993	1,02	1,13	1,04	0,97	1,03	0,96	0,98	0,99	1,00	0,99	1,06	1,03
1992	0,98	0,72	0,98	1,04	0,97	1,04	1,01	1,00	0,98	0,99	0,99	0,88
1991	1,02	1,17	0,98	0,94	1,00	0,97	0,99	0,97	1,00	1,02	0,97	1,09
1990	0,95	0,97	1,00	1,01	1,00	1,00	1,01	1,03	1,00	1,00	1,02	1,00
1989	1,05	1,07	1,02	1,03	1,04	1,01	1,02	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98
1988	1,02	0,93	1,00	1,03	0,97	0,98	0,97	0,99	1,02	1,04	1,02	1,02
1987	0,92	1,04	1,08	0,96	1,01	1,02	1,02	1,03	0,96	0,89	0,96	1,00
1986	1,03	1,15	0,88	0,93	0,96	0,97	0,99	0,96	1,04	1,03	1,06	0,99
1985	1,00	0,74	0,94	1,11	1,02	1,02	1,02	1,03	1,00	1,02	0,95	1,02
1984	1,04	0,90	1,12	1,00	1,00	0,99	0,97	0,99	0,99	1,01	0,99	0,98
1983	0,96	1,09	0,97	0,85	0,96	1,01	1,00	1,00	1,00	0,99	1,01	1,02
1982	0,97	1,05	1,03	1,10	1,08	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	0,97
1981	0,99	0,92	0,96	0,97	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,06

Phụ lục 10. Chỉ số giờ nắng của các tháng từ năm 1981 - 2013.

Năm	Tháng trong năm											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2013	1,09	1,04	0,95	1,02	1,02	0,94	1,07	0,74	0,82	0,92	0,94	1,05
2012	0,87	0,89	1,10	1,06	1,01	1,11	1,03	1,04	1,07	1,15	1,06	1,21
2011	0,88	0,98	0,73	0,96	0,90	0,83	1,03	1,16	0,79	1,08	1,19	0,75
2010	1,11	1,15	1,16	1,08	1,23	1,13	1,00	0,87	1,50	0,60	0,54	0,94
2009	0,95	0,86	0,97	0,87	0,80	1,02	0,93	1,05	0,60	1,19	1,24	1,14
2008	1,06	1,04	1,04	1,08	1,09	0,97	1,08	1,00	1,18	1,02	1,00	0,99
2007	1,04	1,08	1,03	0,98	1,04	0,90	0,93	0,91	1,09	0,94	1,16	1,03
2006	0,95	0,84	0,92	1,01	0,83	1,18	1,14	1,19	0,82	1,18	0,74	0,87
2005	0,90	1,14	0,97	1,00	1,11	0,89	0,97	0,83	1,02	0,73	0,77	1,05
2004	0,98	0,92	1,04	0,99	1,02	1,03	0,91	1,05	1,19	1,31	1,44	1,34
2003	1,14	1,06	1,02	1,05	0,99	1,06	0,91	1,07	0,68	0,65	0,71	0,42
2002	0,89	0,96	0,99	0,90	1,09	0,84	1,15	0,79	1,45	1,51	1,20	1,41
2001	1,04	1,03	0,96	1,06	0,72	1,18	0,92	1,32	0,78	0,68	1,07	0,87
2000	1,13	1,01	1,13	1,02	1,23	0,99	1,03	0,84	0,79	1,14	0,77	1,06
1999	0,82	1,03	0,90	1,02	0,96	0,92	1,13	0,95	1,32	1,08	1,15	0,70
1998	1,10	0,85	0,93	1,07	1,04	0,94	0,80	0,95	0,80	0,82	0,96	1,73
1997	0,83	1,11	0,97	0,77	0,90	0,95	0,94	1,03	1,24	1,04	1,07	0,52
1996	1,18	1,00	1,12	1,12	1,10	1,13	1,31	1,18	0,79	0,93	0,66	0,85
1995	1,00	0,92	0,94	1,02	0,78	0,95	0,84	0,86	1,13	1,25	1,48	1,23
1994	0,84	1,04	1,10	0,84	1,27	1,00	0,83	0,90	1,07	0,77	0,79	1,07
1993	1,12	1,09	0,91	1,17	0,90	1,09	1,34	1,07	0,82	1,01	0,78	0,80
1992	0,99	0,89	0,99	0,97	0,98	0,83	0,63	1,07	0,97	1,15	1,30	1,13
1991	0,97	1,02	1,06	1,02	1,03	1,25	1,22	1,04	0,99	0,95	0,90	0,92
1990	1,01	1,06	0,93	0,91	0,99	0,79	1,06	0,88	1,26	0,90	0,98	0,97
1989	0,99	0,95	1,08	1,05	1,04	1,11	0,79	0,99	0,67	0,98	1,14	1,05
1988	1,01	1,01	1,01	1,06	0,98	0,81	1,20	0,91	1,18	1,22	0,94	1,00
1987	1,08	1,02	0,86	0,91	0,91	1,23	0,92	0,92	1,03	0,83	0,95	1,05
1986	0,90	0,95	1,04	0,97	1,06	0,91	1,07	1,22	0,94	0,79	1,03	0,97
1985	1,07	1,04	1,13	1,04	1,09	0,95	0,93	1,00	1,07	1,27	0,95	0,97
1984	0,97	1,01	0,89	1,17	0,85	1,22	1,01	0,79	0,89	0,90	1,00	1,14
1983	1,06	0,93	1,03	0,76	1,14	0,86	1,03	1,44	1,09	1,11	0,96	0,83
1982	0,85	1,06	1,03	1,05	0,89	0,79	0,96	0,55	0,98	0,97	1,15	1,05
1981	1,08	1,04	0,97	1,11	1,06	1,32	1,08	1,05	1,07	0,79	0,81	1,00

Phụ lục 11. Chỉ số bốc hơi nước của các tháng từ năm 1981 - 2013.

Năm	Tháng trong năm											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2013	1,06	1,16	0,91	1,12	1,02	0,90	0,95	0,78	0,89	0,89	0,95	0,85
2012	0,95	0,81	1,05	0,86	0,98	1,11	1,16	1,21	1,00	1,19	1,00	1,21
2011	0,78	0,87	0,69	0,95	0,87	0,91	0,89	0,96	0,99	0,98	1,05	0,91
2010	1,11	1,21	1,28	1,20	1,13	0,93	0,85	0,88	1,05	0,72	0,81	0,84
2009	1,13	0,96	1,01	0,88	1,06	1,11	1,11	1,06	0,92	1,15	1,26	1,16
2008	0,85	0,88	0,91	1,02	0,86	1,05	1,10	1,18	1,11	1,10	0,93	0,91
2007	1,18	1,23	1,02	1,08	1,01	0,92	0,96	0,82	0,94	0,85	0,85	1,13
2006	0,81	0,80	0,96	0,89	1,14	1,00	0,97	0,96	1,06	1,09	1,21	1,08
2005	1,21	1,18	1,10	1,20	0,88	1,04	0,95	1,19	0,88	0,86	0,87	0,76
2004	0,87	0,92	0,94	0,75	1,15	0,97	1,07	0,85	1,30	1,32	1,16	1,19
2003	1,03	0,96	0,94	1,14	0,77	1,04	0,89	1,13	0,77	0,82	0,94	0,96
2002	1,01	1,06	1,20	1,06	1,19	0,99	1,12	0,91	0,94	0,98	0,88	0,90
2001	1,04	1,07	0,77	0,99	1,00	1,00	1,02	1,02	1,19	1,06	1,13	1,14
2000	0,99	0,79	1,21	0,98	1,05	0,97	0,95	0,98	0,86	0,98	0,98	0,98
1999	0,91	1,18	0,74	0,78	0,71	0,95	0,93	0,98	1,17	0,89	1,00	0,87
1998	1,07	1,04	1,34	1,29	1,31	1,08	1,14	1,04	0,85	1,08	0,83	0,88
1997	1,04	0,77	0,83	0,94	0,89	1,02	0,81	0,93	1,10	1,03	1,25	1,31
1996	0,92	1,12	1,05	0,69	0,88	0,94	1,19	1,16	0,99	0,97	0,80	0,81
1995	1,11	1,10	1,07	1,41	1,28	1,09	0,95	0,79	0,93	0,89	0,88	1,01
1994	0,90	0,82	0,86	0,80	0,76	0,91	0,95	1,23	1,08	1,23	1,33	1,07
1993	0,97	1,10	1,07	1,19	1,14	1,09	1,07	1,03	0,88	0,87	0,82	1,00
1992	1,03	0,96	0,95	0,77	0,92	0,75	1,00	0,77	1,12	1,04	1,06	0,92
1991	1,00	1,09	1,16	1,20	1,09	1,35	0,90	1,12	0,94	0,94	1,11	1,09
1990	1,04	0,88	0,87	1,01	1,03	0,81	1,08	0,91	1,03	1,02	0,73	0,94
1989	1,08	1,09	0,92	0,79	0,78	1,08	1,00	0,92	1,11	1,08	1,21	0,97
1988	0,84	0,99	1,02	1,02	1,17	0,97	0,88	1,18	0,77	0,86	1,01	1,09
1987	1,12	0,99	1,10	0,99	0,98	0,99	1,18	0,99	1,21	1,05	0,88	0,96
1986	0,96	1,00	1,06	1,49	1,07	1,03	0,89	0,85	0,88	1,00	0,98	1,03
1985	0,99	0,89	0,72	0,27	0,94	1,07	1,12	1,30	1,09	1,04	1,02	0,95
1984	0,92	1,11	1,13	1,24	0,90	0,87	0,86	0,71	0,97	1,02	1,03	0,94
1983	0,96	0,94	0,97	1,30	1,12	1,07	1,08	1,03	0,93	0,80	1,03	1,02
1982	1,11	1,08	0,92	0,55	0,85	0,91	0,86	1,03	0,89	1,18	0,86	0,94
1981	0,99	0,94	1,20	1,27	1,19	1,14	1,12	1,09	1,27	0,94	1,09	1,02

Phụ lục 12. Chỉ số thủy nhiệt của các tháng từ năm 1981-2013.

Năm	Tháng trong năm											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2013	0,51	0,03	1,86	0,82	0,88	1,60	0,85	0,76	1,05	0,73	2,06	0,17
2012	2,25	2,97	0,64	1,35	1,12	0,50	0,95	0,73	1,30	0,94	0,68	0,45
2011	0,03	0,00	1,06	0,48	1,10	1,29	1,10	1,54	0,55	0,88	0,44	0,83
2010	2,83	0,16	0,72	1,28	0,74	1,06	1,01	0,62	0,92	1,28	1,93	2,10
2009	0,10	1,92	1,49	1,18	0,95	1,06	0,98	1,09	1,31	0,97	0,48	0,03
2008	2,67	1,01	0,73	0,80	0,92	0,48	0,97	0,70	0,67	0,90	1,29	2,87
2007	0,01	0,00	1,08	0,86	1,37	1,18	1,07	1,54	1,25	0,87	1,32	0,06
2006	2,99	1,38	1,08	0,92	0,77	1,01	0,87	0,79	0,96	1,19	0,21	0,61
2005	0,00	1,27	0,74	0,81	1,00	0,79	0,86	0,97	1,29	1,27	2,39	2,34
2004	3,00	1,00	1,88	1,72	0,82	1,64	1,27	1,06	0,48	0,24	0,05	0,06
2003	0,00	0,14	0,07	0,41	1,45	0,47	1,05	0,74	1,23	1,49	1,57	0,45
2002	0,00	0,24	1,34	1,42	0,68	1,23	0,85	1,27	1,08	1,12	1,11	1,58
2001	1,09	1,71	1,18	0,46	0,73	0,95	0,63	0,94	0,91	0,45	0,53	0,67
2000	1,29	1,19	0,86	1,37	1,08	0,92	1,31	1,00	1,04	1,63	1,63	1,09
1999	1,30	0,00	1,53	1,02	1,32	1,16	1,01	1,02	0,97	0,85	0,51	0,83
1998	0,00	0,00	0,05	0,84	0,77	1,07	0,81	1,06	0,93	0,77	1,96	1,78
1997	0,00	2,98	2,77	1,15	0,91	0,75	1,27	0,83	1,10	1,15	0,32	0,26
1996	2,14	0,01	0,10	1,03	1,13	1,16	0,65	0,98	0,99	0,98	1,85	2,12
1995	0,59	2,20	1,56	1,13	0,98	0,99	1,33	1,43	0,85	0,96	0,59	0,15
1994	1,34	0,76	0,95	0,64	1,16	0,85	0,97	0,52	1,13	0,98	0,09	0,89
1993	0,28	0,12	1,08	0,74	0,66	0,81	0,90	0,83	1,37	1,20	2,77	2,03
1992	2,67	2,74	1,01	1,46	1,27	1,62	1,05	1,26	0,17	0,81	0,10	0,10
1991	0,00	0,03	0,47	0,76	0,82	0,51	1,21	0,61	1,97	1,37	0,19	2,18
1990	2,93	2,96	1,27	1,09	0,76	1,28	0,48	1,73	0,65	0,59	2,41	0,05
1989	0,01	0,00	1,14	0,94	1,94	1,09	1,28	0,71	0,81	1,19	0,32	2,41
1988	2,98	1,40	1,05	1,38	0,18	0,78	1,32	0,45	1,46	0,82	1,19	0,23
1987	0,00	0,25	0,90	0,62	1,53	1,11	0,46	1,56	0,64	1,11	0,91	0,26
1986	0,00	1,88	0,42	0,33	1,09	0,77	1,24	0,98	1,33	0,87	1,44	1,88
1985	0,01	1,00	0,42	2,22	0,55	1,01	0,95	0,50	1,00	1,30	0,67	0,99
1984	2,99	0,00	2,13	0,43	1,19	1,10	1,20	1,60	0,63	0,71	1,12	0,04
1983	0,00	1,18	0,27	0,56	0,98	0,94	0,89	0,91	1,24	1,58	0,34	2,40
1982	0,08	0,08	2,39	2,03	1,27	1,10	0,86	0,59	1,17	0,48	1,54	0,26
1981	1,50	1,64	0,18	0,40	0,51	0,85	0,96	0,98	0,70	1,06	0,86	1,95

Phụ lục 13. Phân tích mối quan hệ giữa Kd của Du sam với nhiệt độ không khí.13a. Phân tích mối quan hệ giữa Kd với T₁, T₂, T₄, T₆, T₇, T₁₀.

		Variance
		Inflation
Parameter	Estimate	Factor
CONSTANT	5.71307	
T1	-0.349324	1.09562
T2	-0.303662	1.04779
T4	-1.38546	1.42697
T6	-0.368725	1.35695
T7	-1.37695	1.5271
T10	-0.93093	1.04673

R-Squared = 51.961 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 40.8751 percent

Standard Error of Est. = 0.0631279

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	33	
MSE	0.00398513	
MAE	0.0440023	
MAPE	4.4598	
ME	1.37937E-16	
MPE	-0.32839	

Standardized Regression Coefficients

Ridge						
Parameter	T1	T2	T4	T6	T7	T10
0.09	-0.108136	-0.109692	-0.258141	-0.0712986	-0.228911	-0.240625

13b. Phân tích vai trò của T₁₋₄ và T₅₋₁₀.

		Variance
		Inflation
Parameter	Estimate	Factor
CONSTANT	5.5246	
T14	-0.951899	1.13945
T510	-3.5738	1.13945

Phụ lục 14. Phân tích mối quan hệ giữa Kd của Bạch tùng với nhiệt độ không khí.

		Variance
		Inflation
Parameter	Estimate	Factor
CONSTANT	4.04256	
T6	-1.53965	1.23441
T7	-0.591817	1.13796
T10	-0.913898	1.01131

R-Squared = 24.921 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 17.1542 percent

Standard Error of Est. = 0.0823906

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	33	
MSE	0.00678821	
MAE	0.0564704	
MAPE	5.91862	
ME	3.09517E-16	
MPE	-0.690254	

$$Kd = 4.04256 - 1.53965*T6 - 0.591817*T7 - 0.913898*T10$$

Phụ lục 15. Phân tích mối quan hệ giữa Kd của Đỉnh tùng với nhiệt độ không khí.

		<i>Variance</i>
		<i>Inflation</i>
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Factor</i>
CONSTANT	4.95227	
T1	-1.43879	1.15109
T2	-0.313745	1.10674
T4	-0.988357	1.10406
T5	-1.21274	1.20824

R-Squared = 40.5817 percent

R-Squared (adjusted for d.f.) = 32.0934 percent

Standard Error of Est. = 0.0839366

Residual Analysis

	<i>Estimation</i>	<i>Validation</i>
n	33	
MSE	0.00704536	
MAE	0.0593955	
MAPE	6.08467	
ME	-6.08941E-16	
MPE	-0.646491	

$$Kd = 4.95227 - 1.43879*T1 - 0.313745*T2 - 0.988357*T4 - 1.21274*T5$$

Phụ lục 16. Chuỗi chỉ số Kd của Du sam ở những độ cao khác nhau.

16.1. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của Du sam ở độ cao 1.000 – 1.200 m.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1980	1,33	0,76	1,35	0,71	1,04	1,04	0,92	1,08	0,97	1,13
1990	0,89	1,06	0,93	0,99	1,12	0,93	1,02	1,00	0,95	0,83
2000	1,04	1,03	1,05	0,96	0,99	1,02	1,00	1,11	0,93	0,92
2010	0,91	1,07	1,13	0,76						

16.2. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của Du sam ở độ cao 1.200 – 1.400 m.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1980	0,81	1,10	1,05	0,94	1,11	0,91	1,02	0,99	0,92	1,12

1990	1,03	0,86	1,11	0,96	0,97	0,92	1,03	1,14	0,84	1,04
2000	1,06	1,03	0,91	0,95	1,31	0,75	1,00	1,01	0,89	1,09
2010	0,96	0,96	1,07	0,91						

Phụ lục 17. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của *Du sam* với nhiệt độ không khí.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.000 - 1.200 (m)		1.200 - 1.400 (m)	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	-0,381	0,029	-0,185	0,302	-0,399	0,022
2	-0,364	0,037	-0,240	0,178	-0,300	0,090
3	-0,313	0,076	-0,306	0,083	-0,153	0,395
4	-0,601	0,000	-0,656	0,000	-0,201	0,263
5	-0,331	0,060	-0,210	0,242	-0,284	0,109
6	-0,495	0,003	-0,157	0,382	-0,611	0,000
7	-0,601	0,000	-0,535	0,001	-0,336	0,056
8	-0,030	0,869	0,132	0,464	-0,213	0,234
9	-0,332	0,059	-0,228	0,201	-0,261	0,143
10	-0,459	0,007	-0,031	0,862	-0,701	0,000
11	0,151	0,403	0,348	0,047	-0,171	0,341
12	0,254	0,154	0,407	0,019	-0,057	0,751
1 - 4	-0,506	0,003	-0,352	0,045	-0,406	0,019
5 - 10	-0,609	0,000	-0,300	0,090	-0,629	0,000
11 - 12	0,244	0,172	0,441	0,010	-0,121	0,504
11 - 3	-0,208	0,246	0,085	0,638	-0,431	0,012

Phụ lục 18. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của *Du sam* với lượng mưa.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 m		1.400 m	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0,108	0,549	-0,144	0,425	0,349	0,046
2	0,005	0,979	-0,205	0,253	0,267	0,134
3	0,438	0,011	0,230	0,199	0,434	0,012
4	0,345	0,049	0,315	0,075	0,189	0,292
5	0,410	0,018	0,343	0,051	0,245	0,170
6	0,124	0,492	-0,114	0,526	0,327	0,063
7	0,139	0,441	0,006	0,974	0,215	0,229
8	0,045	0,802	-0,082	0,652	0,169	0,347
9	-0,181	0,314	0,128	0,478	-0,438	0,011
10	-0,351	0,045	-0,143	0,426	-0,402	0,021
11	-0,301	0,089	-0,066	0,716	-0,408	0,018
12	-0,383	0,028	-0,165	0,359	-0,420	0,015
1 - 4	0,433	0,012	0,289	0,103	0,364	0,038
5 - 10	-0,012	0,949	0,030	0,867	-0,063	0,726
7 - 9	-0,025	0,889	0,081	0,654	-0,135	0,455
11 - 12	-0,378	0,030	-0,099	0,583	-0,492	0,004
11 - 3	-0,081	0,653	-0,007	0,970	-0,117	0,516

Phụ lục 19. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của *Du sam* với hệ số thủy nhiệt.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 (m)		1.400 (m)	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0,047	0,793	-0,016	0,928	0,100	0,578
2	0,318	0,071	0,202	0,259	0,280	0,115
3	0,108	0,551	-0,120	0,506	0,322	0,067
4	0,375	0,032	0,223	0,212	0,341	0,052
5	-0,066	0,716	0,288	0,104	-0,441	0,010
6	-0,196	0,274	-0,350	0,046	0,096	0,596

7	-0,308	0,082	-0,162	0,369	-0,304	0,085
8	-0,075	0,679	-0,198	0,269	0,106	0,556
9	0,239	0,180	0,323	0,067	0,001	0,996
10	0,056	0,757	0,227	0,203	-0,190	0,290
11	0,312	0,078	0,113	0,530	0,369	0,035
12	-0,152	0,397	-0,032	0,859	-0,217	0,225
1 - 4	0,368	0,035	0,150	0,405	0,421	0,015
5 - 10	-0,074	0,683	0,111	0,539	-0,260	0,145
11 - 12	0,294	0,096	0,100	0,580	0,356	0,042
11 - 3	0,374	0,032	0,061	0,736	0,539	0,001

Phụ lục 20. Chuỗi chỉ số Kd của Bạch tùng ở những độ cao khác nhau.

20.1. Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm chuẩn hóa của Bạch tùng ở độ cao 1.200 – 1.400 m.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1980	1,10	0,93	0,85	1,38	0,74	1,08	0,92	0,97	0,95	1,14
1990	0,94	0,98	1,18	0,79	1,00	1,09	0,97	1,07	0,86	1,03
2000	0,91	1,08	1,15	0,76	1,22	0,86	1,15	0,86	0,96	1,09
2010	0,93	1,11	0,86	0,95						

20.2. Chuỗi chỉ số Kd của Bạch tùng ở độ cao 1.400 – 1.600 m.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1980	0,98	0,94	1,20	0,80	1,19	0,89	1,10	0,97	1,01	0,95
1990	0,97	1,02	1,14	0,67	1,25	0,92	1,00	1,14	0,79	1,07
2000	0,92	1,13	1,04	0,82	0,98	1,14	0,92	1,06	1,00	0,93
2010	1,08	0,94	1,06	0,97						

Phụ lục 21. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Bạch tùng với nhiệt độ không khí.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 - 1.400 m		1.400 - 1.600 m	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	-0,076	0,672	0,025	0,891	-0,133	0,459
2	0,026	0,885	-0,043	0,813	0,084	0,641

3	-0,099	0,585	0,024	0,893	-0,163	0,366
4	-0,271	0,128	-0,098	0,586	-0,269	0,130
5	-0,159	0,376	-0,116	0,519	-0,103	0,569
6	-0,460	0,007	-0,114	0,529	-0,536	0,001
7	-0,360	0,040	-0,003	0,986	-0,509	0,002
8	-0,078	0,666	0,084	0,640	-0,202	0,260
9	0,170	0,345	0,352	0,044	-0,148	0,412
10	-0,411	0,017	-0,388	0,026	-0,161	0,371
11	-0,309	0,081	-0,142	0,430	-0,291	0,100
12	0,081	0,654	-0,109	0,546	0,227	0,203
1 - 4	-0,135	0,453	-0,042	0,815	-0,145	0,421
5 - 10	-0,400	0,021	-0,109	0,545	-0,450	0,009
11 - 12	-0,123	0,495	-0,148	0,410	-0,023	0,901
11 - 3	-0,106	0,556	-0,111	0,537	-0,033	0,856

Phụ lục 22. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Bạch tùng với lượng mưa.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 - 1.400 m		1.400 - 1.600 m	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	0,158	0,380	-0,012	0,948	0,237	0,184
2	0,296	0,094	0,239	0,180	0,161	0,371
3	0,362	0,038	0,088	0,627	0,419	0,015
4	0,218	0,223	0,193	0,281	0,094	0,604
5	0,087	0,628	-0,053	0,769	0,189	0,293
6	0,324	0,066	0,370	0,034	0,049	0,787
7	0,080	0,657	0,063	0,730	0,049	0,786
8	0,005	0,979	0,026	0,884	-0,026	0,888
9	-0,266	0,135	-0,257	0,150	-0,085	0,637
10	-0,254	0,154	0,025	0,890	-0,392	0,024
11	-0,686	0,000	-0,675	0,000	-0,236	0,186
12	-0,138	0,445	0,031	0,864	-0,233	0,192
1 - 4	0,384	0,027	0,242	0,174	0,277	0,119

5 - 10	-0,062	0,732	0,060	0,741	-0,148	0,410
7 - 9	-0,169	0,348	-0,175	0,331	-0,039	0,828
11 - 12	-0,617	0,000	-0,618	0,000	-0,199	0,266
11 - 3	-0,391	0,024	-0,581	0,000	0,078	0,665

Phụ lục 23. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Bạch tùng với hệ số thủy nhiệt.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 - 1.400 m		1.400 - 1.600 m	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	-0,013	0,944	-0,122	0,500	0,106	0,557
2	0,261	0,143	0,230	0,199	0,117	0,516
3	0,207	0,248	0,103	0,569	0,178	0,322
4	0,248	0,164	0,078	0,664	0,265	0,137
5	-0,028	0,878	-0,201	0,263	0,188	0,296
6	0,101	0,577	0,248	0,164	-0,137	0,448
7	0,235	0,188	0,055	0,760	0,271	0,127
8	0,278	0,117	0,387	0,026	-0,023	0,897
9	-0,218	0,223	-0,186	0,300	-0,109	0,547
10	0,237	0,185	0,036	0,843	0,300	0,089
11	0,177	0,323	0,040	0,827	0,206	0,250
12	-0,105	0,561	-0,176	0,327	0,047	0,797
1 - 4	0,281	0,113	0,096	0,597	0,293	0,098
5 - 10	0,284	0,109	0,188	0,295	0,198	0,270
11 - 12	0,117	0,515	0,017	0,926	0,146	0,418
11 - 3	0,317	0,073	0,008	0,963	0,441	0,010

Phụ lục 24. Chuỗi chỉ số Kd chuẩn hóa của Đinh tùng ở độ cao khác nhau.

24.1. Chuỗi chỉ số Kd ở độ cao 1.200 – 1.400 m.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1980	0,99	0,91	1,14	1,05	0,99	0,66	1,38	0,71	0,92	1,22
1990	0,99	0,82	1,17	0,97	1,08	0,94	0,89	1,13	0,99	0,93

2000	0,90	1,21	0,91	0,85	1,17	0,95	0,89	1,17	1,00	1,00
2010	0,79	1,27	0,82	1,14						

24.2. Chuỗi chỉ số Kd ở độ cao 1.400 – 1.600 m.

Năm	Chỉ số Kd chuẩn hóa									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1980	1,00	1,00	0,95	0,93	0,96	0,99	0,92	1,34	0,78	1,11
1990	0,80	1,09	0,84	1,26	0,85	1,11	0,92	1,06	0,82	1,13
2000	1,03	1,00	1,04	0,89	0,90	1,18	0,95	1,00	1,00	1,20
2010	0,60	1,40	0,77	1,05						

Phụ lục 25. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Đỉnh tùng với nhiệt độ không khí.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 - 1.400 m		1.400 - 1.600 m	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	-0,600	0,000	-0,250	0,161	-0,485	0,004
2	-0,410	0,018	-0,179	0,318	-0,617	0,000
3	-0,440	0,010	-0,225	0,209	-0,409	0,018
4	-0,457	0,008	-0,071	0,697	-0,336	0,056
5	-0,503	0,003	-0,376	0,031	-0,573	0,000
6	-0,103	0,569	-0,193	0,281	-0,094	0,603
7	-0,164	0,360	-0,159	0,378	-0,095	0,599
8	-0,029	0,872	-0,067	0,709	-0,024	0,892
9	-0,189	0,291	-0,318	0,072	-0,085	0,640
10	0,053	0,768	-0,337	0,055	0,119	0,508
11	0,121	0,504	-0,601	0,000	0,385	0,027
12	0,069	0,701	-0,199	0,266	-0,147	0,414
1 - 4	-0,631	0,000	-0,319	0,070	-0,591	0,000
5 - 10	-0,293	0,098	-0,338	0,055	-0,214	0,232
11 - 12	0,100	0,581	-0,453	0,008	0,120	0,507
11 - 3	-0,423	0,014	-0,542	0,001	-0,461	0,007

Phụ lục 26. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Đinh tùng với lượng mưa.

Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 - 1.400 m		1.400 - 1.600 m	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	-0,436	0,011	-0,130	0,472	-0,572	0,001
2	-0,052	0,772	0,085	0,639	-0,247	0,166
3	0,364	0,037	0,339	0,053	0,188	0,294
4	-0,022	0,901	-0,244	0,171	-0,270	0,129
5	0,239	0,180	0,241	0,177	0,238	0,182
6	0,309	0,080	0,316	0,073	0,038	0,834
7	0,043	0,814	0,245	0,169	-0,037	0,838
8	0,446	0,009	0,167	0,352	0,325	0,065
9	-0,203	0,258	-0,202	0,260	0,005	0,980
10	-0,257	0,148	-0,492	0,004	0,152	0,398
11	-0,001	0,996	-0,157	0,382	-0,084	0,644
12	-0,122	0,499	-0,090	0,617	0,026	0,886
1 - 4	0,059	0,746	-0,064	0,725	-0,217	0,224
5 - 10	0,217	0,226	0,106	0,558	0,279	0,116
11 - 12	0,165	0,359	-0,165	0,360	-0,148	0,412
11 - 3	-0,060	0,740	0,043	0,812	-0,266	0,135

Phụ lục 27. Phân tích ảnh hưởng của địa hình đến mối quan hệ giữa tăng trưởng của Đinh tùng với hệ số thủy nhiệt.

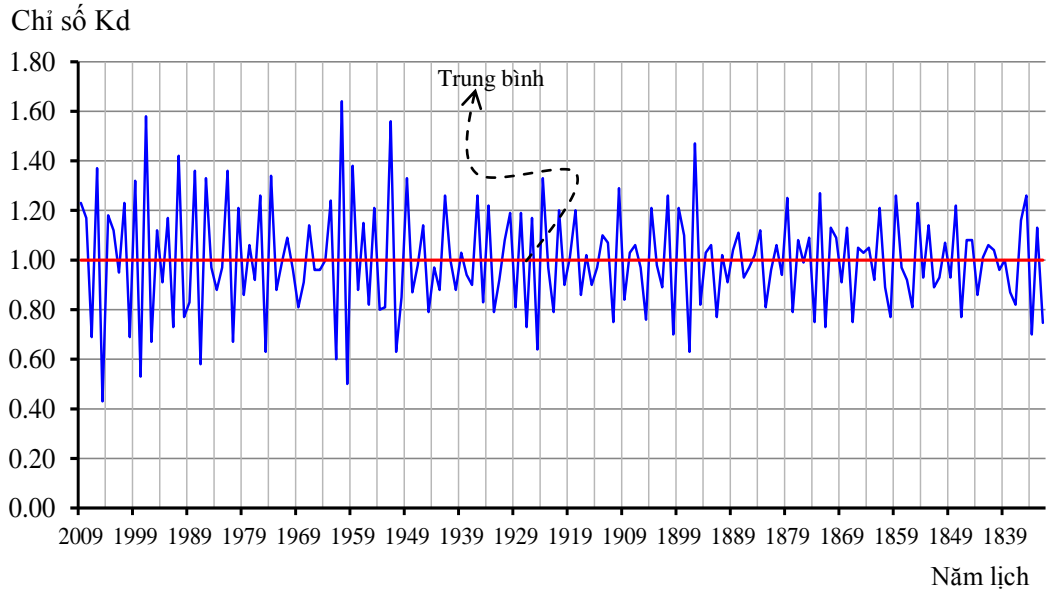
Tháng	Toàn khu vực		Độ cao địa hình:			
			1.200 - 1.400 m		1.400 - 1.600 m	
	r	P	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	-0,237	0,185	0,054	0,764	-0,470	0,006
2	0,284	0,110	0,239	0,181	0,132	0,465
3	-0,240	0,178	-0,198	0,270	-0,256	0,150
4	0,017	0,923	-0,097	0,593	-0,174	0,333
5	0,232	0,195	-0,197	0,272	0,142	0,430
6	0,003	0,985	-0,225	0,209	-0,116	0,520
7	-0,241	0,177	-0,279	0,116	-0,029	0,871

8	-0,036	0,841	0,011	0,953	-0,081	0,653
9	-0,108	0,548	-0,168	0,349	0,149	0,407
10	0,248	0,164	0,246	0,167	0,274	0,122
11	-0,186	0,300	0,204	0,256	-0,167	0,353
12	0,290	0,102	0,505	0,003	0,135	0,455
1 - 4	0,008	0,963	-0,087	0,629	-0,191	0,287
5 - 10	0,102	0,571	-0,272	0,126	0,242	0,175
11 - 12	-0,117	0,516	0,275	0,121	-0,131	0,466
11 - 3	-0,243	0,174	0,149	0,408	-0,364	0,037

Phụ lục 28. Chuỗi chỉ số Kd của Du sam trên đất trồng.

Năm	Chỉ số Kd									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1830	-	-	-	1,13	0,70	1,26	1,16	0,82	0,87	1,00
1840	0,96	1,04	1,06	1,01	0,86	1,08	1,08	0,77	1,22	0,93
1850	1,07	0,93	0,89	1,14	0,93	1,23	0,81	0,92	0,97	1,26
1860	0,77	0,89	1,21	0,92	1,05	1,03	1,05	0,75	1,13	0,91
1870	1,09	1,13	0,73	1,27	0,75	1,09	0,99	1,08	0,79	1,25
1880	0,94	1,06	0,96	0,81	1,12	1,02	0,97	0,93	1,11	1,04
1890	0,91	1,02	0,77	1,06	1,03	0,82	1,47	0,63	1,10	1,21
1900	0,70	1,26	0,89	0,98	1,21	0,76	0,97	1,06	1,03	0,84
1910	1,29	0,75	1,07	1,10	0,97	0,90	1,02	0,86	1,20	1,01
1920	0,90	1,20	0,79	0,97	1,33	0,64	1,17	0,73	1,19	0,81
1930	1,19	1,08	0,92	0,79	1,22	0,83	1,26	0,90	0,94	1,03
1940	0,88	1,00	1,26	0,88	0,97	0,79	1,14	0,98	0,87	1,33
1950	0,85	0,63	1,56	0,81	0,80	1,21	0,82	1,15	0,88	1,38
1960	0,50	1,64	0,60	1,24	1,00	0,96	0,96	1,14	0,91	0,81
1970	0,96	1,09	0,99	0,88	1,34	0,63	1,26	0,92	1,06	0,86
1980	1,21	0,67	1,36	0,97	0,88	0,97	1,33	0,58	1,36	0,83
1990	0,77	1,42	0,73	1,17	0,91	1,12	0,67	1,58	0,53	1,32
2000	0,69	1,23	0,95	1,12	1,18	0,43	1,37	0,69	1,17	1,23

Nguồn: Nguyễn Văn Nhân (2011).



Chuỗi chỉ số bề rộng vòng năm của Du sam mọc trên đất trống.

Phụ lục 29. Phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trống với nhiệt độ không khí.

Tháng	Điều kiện môi trường:			
	Quản xã thực vật ^(*)		Đất trống ^(**)	
	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	-0,381	0,029	-0,143	0,478
2	-0,364	0,037	-0,144	0,474
3	-0,313	0,076	-0,269	0,175
4	-0,601	0,000	-0,245	0,217
5	-0,331	0,060	-0,470	0,013
6	-0,495	0,003	-0,338	0,085
7	-0,601	0,000	-0,169	0,398
8	-0,030	0,869	-0,185	0,355
9	-0,332	0,059	-0,208	0,297
10	-0,459	0,007	-0,340	0,083
11	0,151	0,403	-0,238	0,232
12	0,254	0,154	-0,480	0,011
1 - 4	-0,506	0,003	-0,245	0,219
5 - 10	-0,609	0,000	-0,382	0,049
11 - 12	0,244	0,172	-0,362	0,063

11 - 3	-0,208	0,246	-0,439	0,022
--------	--------	-------	--------	-------

(*) Số liệu từ Bảng 3.11; (**) Nguồn: Nguyễn Văn Nhân, 2011.

Phụ lục 30. Phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với lượng mưa.

Tháng	Điều kiện môi trường:			
	Quần xã thực vật ^(*)		Đất trồng ^(**)	
	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0,108	0,549	0,024	0,904
2	0,005	0,979	0,139	0,489
3	0,438	0,011	0,443	0,021
4	0,345	0,049	0,130	0,517
5	0,410	0,018	-0,258	0,194
6	0,124	0,492	-0,325	0,098
7	0,139	0,441	0,384	0,048
8	0,045	0,802	-0,472	0,013
9	-0,181	0,314	0,388	0,045
10	-0,351	0,045	-0,137	0,496
11	-0,301	0,089	-0,375	0,054
12	-0,383	0,028	-0,227	0,255
1 - 4	0,433	0,012	0,316	0,109
5 - 10	-0,012	0,949	-0,138	0,492
11 - 12	-0,378	0,030	-0,401	0,038
11 - 3	-0,081	0,653	-0,108	0,592

(*) Số liệu từ Bảng 3.12; (**) Nguồn: Nguyễn Văn Nhân, 2011.

Phụ lục 31. Phân tích mối quan hệ giữa tăng trưởng bề rộng vòng năm của Du sam trong QXTV và trên đất trồng với hệ số thủy nhiệt.

Tháng	Điều kiện môi trường:			
	Quần xã thực vật ^(*)		Đất trồng ^(**)	
	r	P	r	P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0,047	0,793	0,023	0,910
2	0,318	0,071	0,142	0,480

3	0,108	0,551	0,441	0,021
4	0,375	0,032	0,134	0,507
5	-0,066	0,716	-0,233	0,241
6	-0,196	0,274	-0,299	0,130
7	-0,308	0,082	0,384	0,048
8	-0,075	0,679	-0,457	0,017
9	0,239	0,180	0,391	0,044
10	0,056	0,757	-0,125	0,535
11	0,312	0,078	-0,364	0,062
12	-0,152	0,397	-0,220	0,270
1 - 4	0,368	0,035	0,320	0,103
5 - 10	-0,074	0,683	-0,097	0,630
11 - 12	0,294	0,096	-0,388	0,046
11 - 3	0,374	0,032	-0,086	0,669

(*) Số liệu từ Bảng 3.17; (**) Nguồn: Nguyễn Văn Nhân, 2011.

Phụ lục 32. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Du sam dựa theo ba yếu tố khí hậu.

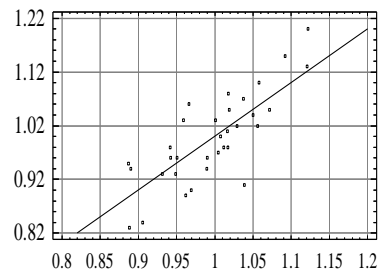
		Variance
		Inflation
Parameter	Estimate	Factor
CONSTANT	2.56065	
T4	-1.89668	0.957764
M5	0.0679015	0.863864
P10	0.267313	0.948143

R-Squared = 59.2467 percent
R-Squared (adjusted for d.f.) = 55.0309 percent
Standard Error of Est. = 0.0537638
Mean absolute error = 0.0416054
Durbin-Watson statistic = 2.69563 (P=0.9657)

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	33	
MSE	0.00289055	
MAE	0.0416054	
MAPE	4.24009	
ME	-1.98494E-16	
MPE	-0.282272	

$$Kd = 2.56065 - 1.89668 * T_4 + 0.0679015 * M_5 + 0.267313 * P_{10}$$



Phụ lục 33. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Bạch tùng theo ba yếu tố khí hậu.

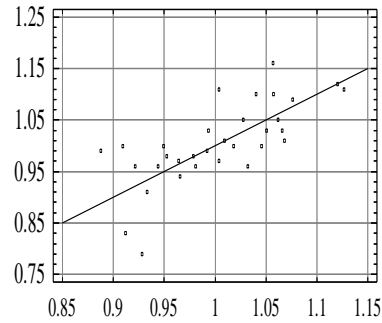
		Variance
		Inflation
Parameter	Estimate	Factor
CONSTANT	1.50133	
N1	-0.225009	1.03643
N4	-0.223064	1.01312
M11	-0.0526812	1.02888

R-Squared = 56.9993 percent
R-Squared (adjusted for d.f.) = 52.5509 percent
Standard Error of Est. = 0.0608083
Mean absolute error = 0.0434517

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	33	
MSE	0.00369766	
MAE	0.0434517	
MAPE	4.54556	
ME	-1.07658E-16	
MPE	-0.401727	

$$Kd = 1.50133 - 0.225009 * N_1 - 0.223064 * N_4 - 0.0526812 * M_{11}$$



Phụ lục 34. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Đinh tùng theo ba yếu tố khí hậu.

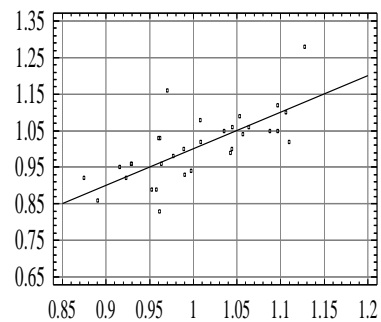
		Variance
		Inflation
Parameter	Estimate	Factor
CONSTANT	3.21597	
T14	-2.33996	0.968366
M1	-0.0250939	0.863494
N11	0.152877	0.954683

R-Squared = 55.4504 percent
R-Squared (adjusted for d.f.) = 50.8419 percent
Standard Error of Est. = 0.06985
Mean absolute error = 0.0491087

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	33	
MSE	0.00487903	
MAE	0.0491087	
MAPE	4.97073	
ME	-8.74721E-17	
MPE	-0.471388	

$$Kd = 3.21597 - 2.33996 * T14 - 0.0250939 * M1 + 0.152877 * N11$$



Phụ lục 35. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Du sam theo chỉ số khí hậu.**Coefficients**

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.693802	0.00195242	355.355	0.0000
Slope	0.0579755	0.000368087	157.505	0.0000

Analysis of Variance

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Model	0.0572521	1	0.0572521	24807.82	0.0000
Residual	0.0000738503	32	0.00000230782		
Total (Corr.)	0.0573259	33			

Correlation Coefficient = 0.999356

R-squared = 99.8712 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 99.8671 percent

Standard Error of Est. = 0.00151915

Mean absolute error = 0.00110992

Phụ lục 36. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Bạch tùng theo chỉ số khí hậu.**Coefficients**

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.111185	0.00295393	37.6398	0.0000
Slope	-0.0541944	0.00107026	-50.6366	0.0000

NOTE: intercept = ln(a)

Analysis of Variance

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Model	0.298227	1	0.298227	2564.06	0.0000
Residual	0.00372194	32	0.000116311		
Total (Corr.)	0.301949	33			

Correlation Coefficient = -0.993818

R-squared = 98.7674 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 98.7288 percent

Standard Error of Est. = 0.0107847

Kd = exp(0.111185 - 0.0541944*sqrt(X))

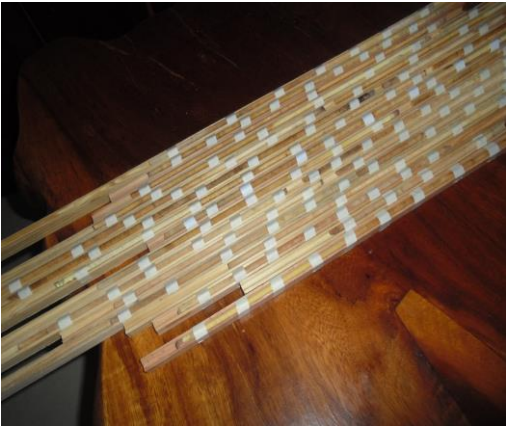
Phụ lục 37. Mô hình dự đoán chỉ số Kd của Đinh tùng theo chỉ số khí hậu.**Coefficients**

	<i>Least Squares</i>	<i>Standard</i>	<i>T</i>	
<i>Parameter</i>	<i>Estimate</i>	<i>Error</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Intercept	0.916023	0.00903147	101.426	0.0000
Slope	0.00368734	0.000234848	15.7009	0.0000

Analysis of Variance

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Model	0.354697	1	0.354697	246.52	0.0000
Residual	0.0460422	32	0.00143882		
Total (Corr.)	0.400739	33			

Phụ lục 38. Hình ảnh về thu mẫu vòng năm của Du sam, Bạch tùng và Đinh tùng.





DU SAM MỘC TRÊN ĐẤT TRỐNG

- **Vị trí cây mẫu**
 - Chân núi Voi.
 - Chùa Trúc Lâm Viên.
- **Tọa độ cây mẫu**
 - Hệ UTM: 220516 - 1308646.
 - Hệ VN 2000: 574447 - 1307960.