

MÔ HÌNH HÓA PHÂN BỐ ĐƯỜNG KÍNH CỦA RỪNG TRỒNG THÔNG BA LÁ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) TRÊN CẤP ĐẤT II DỰA TRÊN HÀM PHÂN BỐ WEIBULL VÀ RICHARDS

Nguyễn Văn Thêm

Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Mục tiêu nghiên cứu là xác định khả năng ứng dụng hàm phân bố Weibull và phân bố Richards để mô hình hóa và dự đoán số cây theo cấp đường kính đối với rừng trồng Thông ba lá từ cấp tuổi 6 - 20 năm. Số liệu thu thập đường kính của rừng trồng Thông ba lá từ cấp tuổi 6 - 20 năm trên cấp đất II là 8 ô mẫu điển hình với kích thước 0,2ha; trong đó mỗi cấp tuổi 1 ô mẫu. Các tham số của hàm phân bố Weibull và phân bố Richards được ước lượng theo phương pháp phi tuyến tính. Ý nghĩa của các tham số của hàm phân bố Richards được đánh giá thông qua mối quan hệ với các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phân bố đường kính của rừng trồng Thông ba lá từ cấp tuổi 6 - 20 năm trên cấp đất II có thể được mô hình hóa bằng hàm phân bố Weibull và hàm phân bố R; trong đó hàm phân bố R phù hợp hơn so với hàm phân bố Weibull. Ba tham số của hàm phân bố Richards có quan hệ với các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá từ cấp tuổi 6 - 20 năm. Tham số vị trí của hàm phân bố Richards có thể được ước lượng gần đúng dựa theo đường kính bình quân và chiều cao bình quân của rừng trồng Thông ba lá. Tham số tỷ lệ của hàm phân bố Richards có thể được ước lượng gần đúng dựa theo tuổi của rừng trồng Thông ba lá. Tham số hình dạng của hàm phân bố Richards có thể được ước lượng gần đúng dựa theo tham số vị trí.

Từ khóa: Rừng trồng Thông ba lá, cấp đất, hàm phân bố Weibull, hàm phân bố Richards, hàm phân bố R, tham số vị trí, tham số tỷ lệ, tham số hình dạng.

Diameter distribution modelling of plantations *Pinus kesiya* Royle ex Gordon on II site class based on weibull and richards distribution functions

The objectives of research is to determine the goodness-of-fit of Weibull and Richards distributions to model and predict the diameter distribution of the plantations *Pinus kesiya* from the age classes 6 to 20 years. Collected data on diameter of plantations *Pinus kesiya* is 8 typical sample plots with size 0.2ha; in which each class of age one sample plot. The parameters of the Weibull and Richards distribution functions is estimated according to the nonlinear method. The meaning of the parameters of the Richards distribution function is assessed through a relationship with the characteristics of plantations *Pinus keysia*. Research results have shown that the diameter distribution of plantations *Pinus kesiya* from the age classes 6 to 20 years on II class can be modeled by using the Weibull and Richards distributions; including Richards distribution function more suitable than Weibull distribution function. The three parameters of the Richards distribution function have a relationship with characteristics of plantations *Pinus kesiya*. The location parameter of the Richards distribution function can be approximate estimate based on the average diameter at breast height and average height of plantations *Pinus keysia*. The scale parameter of the Richards distribution function can be estimated based on age of plantations *Pinus kesiya*. The shape parameter of the Richards distribution function can be estimated based on location parameter.

Keywords: Plantation *Pinus kesiya*, site class, Weibull distribution function, Richards distribution function, location parameter, scale parameter, shape parameter

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phân bố số cây theo đường kính thân cây (N/D) không chỉ được sử dụng để mô tả cấu trúc rừng mà còn đóng vai trò quan trọng trong mô hình hóa tăng trưởng và sản lượng rừng (Bailey và Dell, 1973; Vancley, 1995; Gove và Patil, 1998). Định lượng chính xác phân bố N/D cho phép nghiên cứu sự tương tác giữa những quá trình sinh học với tăng trưởng của quần thể (Duan *et al.*, 2013). Xác định phân bố N/D theo tuổi rừng (A, năm) trên những cấp đất khác nhau cho phép nhà quản lý rừng đánh giá mối quan hệ giữa các tham số phân bố N/D với các đặc tính của rừng (Nguyễn Văn Trương, 1984; Duan *et al.*, 2004, 2013).

Phân bố N/D của rừng trồng thuần loài đồng tuổi có thể được mô hình hóa bằng các hàm phân bố Weibull, Richards, Gamma, Beta, Charlier, Normal, Lognormal và Johnson S_B (Bailey và Dell, 1973; Nguyễn Hải Tuất, 1982; Nguyễn Văn Trương, 1984; Gove và Patil, 1998; Duan *et al.*, 2004, 2013). Các tham số của hai hàm phân bố Weibull và Richards có thể thay đổi tùy theo đặc tính của rừng, nên hai hàm này được ứng dụng rộng rãi nhất (Bailey và Dell, 1973; Gove và Patil, 1998; Duan *et al.*, 2004, 2013). Đặc điểm này cho phép xác định những mối liên hệ giữa chúng với các đặc tính của rừng.

Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định sự phù hợp của hàm phân bố Weibull và Richards để mô hình hóa và dự đoán số cây theo cấp đường kính đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 năm.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Địa điểm nghiên cứu được thực hiện tại khu vực Đức Trọng thuộc tỉnh Lâm Đồng. Khu vực nghiên cứu có khí hậu ôn hòa. Nhiệt độ không khí trung bình năm là 17,9°C. Lượng mưa trung bình năm là 1.500mm. Độ ẩm không khí trung bình năm là 84%. Độ cao từ 1.100 - 1.200m so

với mặt biển. Đất feralit vàng đỏ phát triển trên đá poocphia và sa thạch.

Đối tượng nghiên cứu là rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 năm trên cấp đất II. Mật độ trồng rừng ban đầu là 1.667 cây/ha. Phân bố N/D ở mỗi cấp A được nghiên cứu điển hình 1 ô tiêu chuẩn với kích thước 0,2ha. Tất cả những cây trong ô tiêu chuẩn được đo chu vi thân cây ở vị trí 1,3m bằng thước dây với độ chính xác 0,10cm; sau đó quy đổi ra đường kính thân cây ngang ngực (D, cm). Chiều cao thân cây (H, m) được đo bằng thước đo cao Blume - Leise với độ chính xác 0,5m. Trong phần xử lý số liệu, xác định các đặc trưng của rừng trồng Thông ba lá như mật độ (N, cây/ha), D (cm), H (m), tiết diện ngang (G, m²/ha), trữ lượng gỗ (M, m³/ha) và chỉ số phức tạp về cấu trúc (CI) ở các cấp tuổi. Chỉ số CI được xác định theo công thức (1).

$$CI = 0,001 * N * G * H \quad (1)$$

Những đặc trưng thống kê đường kính thân cây được tính toán bao gồm D bình quân, sai tiêu chuẩn (S), hệ số biến động (CV%), phạm vi biến động đường kính ($D_{min} - D_{max}$), độ lệch (Sk) và độ nhọn (Ku). Để phân tích phân bố N/D đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 năm trên cấp đất II, thống kê số cây (N), tỷ lệ phần trăm số cây (N%), số cây tích lũy (N_{TL}) và tỷ lệ phần trăm số cây tích lũy ($N_{TL}\%$) theo cấp D. Phân bố N/D đối với mỗi quần thể Thông ba lá được mô hình hóa bằng phân bố Weibul 2 tham số và phân bố Richards. Hàm xác suất tích lũy và hàm mật độ xác suất của phân bố Weibull 2 tham số tương ứng có dạng hàm (2) và hàm (3); trong đó α = tham số tỷ lệ, β = tham số hình dạng, $\alpha < 0$ và $\beta > 0$, x = giá trị giữa của các cấp D. Đường cong của hàm (2) có dạng đường cong sigmoid.

$$F_{(x)} = 1 - \exp(-\alpha x^\beta) \quad (2)$$

$$f_{(x)} = (\beta/\alpha)(x/\alpha)^{\beta-1}\exp(-(x/\alpha)^\beta) \quad (3)$$

Hàm xác suất tích lũy của phân bố Richards có dạng hàm (4); trong đó $B < 0$. Nếu đặt $\ln(-B)/k = q$, $p = k^{-1}$ và $r = 1/(1 - m)$, thì hàm (4) có dạng hàm (5). Hàm (5) được gọi là phân bố R.

$$F_{(x)} = (1 + \exp(-(x - \ln(-B)/k)k))^{1/1 - m} \quad (4)$$

$$F_{(x)} = (1 + \exp(-(x - q)/p))^r \quad (5)$$

Điểm uốn trên trục hoành: $x = p \ln(-r) + q$.

Điểm uốn trên trục tung: $y = ((r - 1)/r)^r$.

Hàm mật độ xác suất của hàm phân bố R có dạng hàm (6).

$$f(x) = \frac{-r/p \exp(-(x - q)/p)}{(1 + \exp(-(x - q)/p))^{r + 1}} \quad (6)$$

Đường cong của hàm (5) có dạng đường cong sigmoid. Ba tham số q , p và r của hàm phân bố R tương ứng là tham số vị trí, tham số tỷ lệ và tham số hình dạng. Ba tham số này biến đổi tùy thuộc vào những đặc tính của rừng.

Trong nghiên cứu này, các tham số của hàm xác suất tích lũy (2) đối với phân bố Weibull và hàm xác suất tích lũy (5) đối với phân bố R được xác định bằng phương pháp hồi quy phi tuyến tính. Sai lệch của hai hàm này so với số liệu thực tế được đánh giá thông qua tiêu chuẩn “Tổng sai lệch bình phương = SSR” và hệ số xác định (R^2). Hai thống kê SSR và hệ số R^2 được xác định tương ứng theo công thức (7) và (8); trong đó N_{tn} và N_{lt} tương ứng là số cây thực tế và số cây dự đoán ở cấp D thứ k , còn N_{bq} là số cây trung bình ở các cấp D. Hàm

phân bố N/D phù hợp nhất được xác định theo tiêu chuẩn SSR_{min} .

$$SSR = \sum_{k=1,n} (N_{tn} - N_{lt})^2 \quad (7)$$

$$R^2 = \frac{(\sum_{k=1,n} (N_{tn} - N_{lt}))^2}{(\sum_{k=1,n} (N_{tn} - N_{bq})^2)} \quad (8)$$

Ý nghĩa của các tham số q , p và r của phân bố R được đánh giá thông qua ma trận tương quan giữa chúng với những đặc tính của rừng trồng Thông ba lá như A (năm), N (cây), D (cm), H (m), tiết diện ngang (G, m^2), trữ lượng gỗ (M, m^3) và chỉ số CI.

Tất cả những tính toán trên đây được thực hiện bằng phần mềm thống kê Statgraphics Plus Version 4.0 và bảng tính Excel.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Những đặc trưng của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 đến cấp tuổi 20 được dẫn ra ở bảng 1. Mật độ rừng trồng Thông ba lá giảm dần từ tuổi 6 (1.120 cây/ha) đến tuổi 12 (950 cây/ha) và tuổi 20 (880 cây/ha). Hai đại lượng D và H bình quân gia tăng dần từ tuổi 6 (tương ứng 7,4cm; 6,4m) đến tuổi 12 (tương ứng 12,8cm; 10,2m) và tuổi 20 (tương ứng 21,4cm; 13,3m). Hai đại lượng G và M gia tăng dần từ tuổi 6 (tương ứng 6,4 m^2 /ha; 23,1 m^3 /ha) đến tuổi 12 (tương ứng 13,3 m^2 /ha; 64,9 m^3 /ha) và tuổi 20 (tương ứng 31,8 m^2 /ha; 197,5 m^3 /ha). Chỉ số CI gia tăng dần từ tuổi 6 (5,3) đến tuổi 12 (12,9) và tuổi 20 (37,2).

Bảng 1. Những đặc trưng của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 đến 20 trên cấp đất II

Đơn vị tính 1,0ha.

A (năm)	N (cây/ha)	D (cm)	H (m)	G (m^2 /ha)	M (m^3 /ha)	CI
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
6	1.120	8,2	7,4	6,4	23,1	5,3
8	1.025	10,2	8,8	8,5	35,2	7,7
10	975	11,5	9,5	10,4	47,0	9,6
12	950	12,8	10,2	13,3	64,9	12,9
14	940	15,0	11,2	17,3	91,1	18,2
16	900	16,1	11,7	18,6	100,7	19,6
18	880	16,8	11,8	20,5	115,8	21,3
20	880	21,4	13,3	31,8	197,5	37,2

Phân tích các đặc trưng thống kê đường kính thân cây đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 năm (Bảng 2 và 3) cho thấy, mật độ của rừng trồng Thông ba lá trên những ô mẫu 2.000m² giảm dần từ 224 cây ở tuổi 6 đến 176 cây ở tuổi 20. Đường kính bình quân gia tăng dần từ 8,2cm ở cấp tuổi 6 đến 21,4cm ở cấp tuổi 20. Hệ số CV% lớn nhất ở cấp tuổi 18 (26,9%), nhỏ nhất ở cấp tuổi 16 (17,6%). Đường cong phân bố N/D ở tất cả các tuổi (6 - 20 năm) đều tồn tại ở dạng phân bố 1 đỉnh; đỉnh đường cong lệch trái ($S_k < 0$) và tù ($K_u < 0$) ở tuổi dưới 14, lệch phải ($S_k > 0$) và tù ($K_u < 0$) ở tuổi 16 - 20.

Kết quả mô hình hóa phân bố N/D của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 đến tuổi 20 năm theo phân bố Weibull 2 tham số và phân bố R được ghi lại ở bảng 4 và 5. Đối với phân bố Weibull, tham số tỷ lệ (α) gia tăng từ (-0,00023) ở tuổi 6 đến (-0,000001) ở tuổi 20 năm; tham số hình dạng (β) gia tăng từ 4,10337 ở tuổi 6 đến 5,48385 ở tuổi 20 năm. Đối với phân bố R, tham số vị trí (q) gia tăng từ 4,19401 ở tuổi 6 đến 22,7637 ở tuổi 20 năm; tham số tỷ lệ (p) gia tăng từ 1,4335 ở tuổi 6 đến 1,7749 ở tuổi 20 năm; tham số hình dạng (r) gia tăng từ (-5,0525) ở tuổi 6 đến (-0,4480) ở tuổi 20 năm.

Bảng 2. Phân bố N/D đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 trên cấp đất II.

Đơn vị tính: 0,20ha.

TT	Cấp D (cm)	Số cây theo tuổi (năm)							
		6	8	10	12	14	16	18	20
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	6	63	6	4	9				
2	8	97	57	36	11	7		6	
3	10	44	67	34	34	16	5	14	
4	12	14	66	65	50	23	18	17	
5	14	6	9	48	38	48	52	22	15
6	16			8	28	45	45	31	20
7	18				16	34	29	35	18
8	20				4	8	24	21	25
9	22					7	5	16	39
10	24						2	9	30
11	26							5	15
12	28								14
	Tổng số	224	205	195	190	188	180	176	176

Bảng 3. Đặc trưng thống kê phân bố N/D đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 trên cấp đất II.

Đơn vị tính: 0,20ha

Cấp A	N (cây)	D (cm)	± Sd	CV%	S _k	K _u	D _{min}	D _{max}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
6	224	8,2	2,0	23,8	0,855	0,533	6	14
8	205	10,2	1,9	18,6	-0,041	-0,764	6	14
10	195	11,5	2,4	21,0	-0,248	-0,761	6	16
12	190	12,8	3,2	25,1	-0,005	-0,346	6	20
14	188	15,0	3,2	21,3	-0,090	-0,045	8	24
16	180	16,1	2,8	17,6	0,222	-0,120	10	24
18	176	16,8	4,5	26,9	0,111	-0,081	8	28
20	176	21,4	4,5	21,1	0,214	-0,626	14	30

Bảng 4. Những tham số của hàm phân bố Weibull và phân bố R được sử dụng để ước lượng phân bố N/D đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 trên cấp đất II.

Đơn vị tính: 0,20ha

A (năm)	N (cây)	Phân bố Weibull		Phân bố R		
		α	β	q	p	r
(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	(7)	(8)
6	224	-0,00023	4,10337	4,19401	1,43346	-5,05250
8	205	-0,00025	3,59565	9,55378	1,07647	-0,79694
10	195	-0,00021	3,43750	12,2404	0,92461	-0,38827
12	190	-0,00002	4,14349	11,2728	1,99194	-1,18694
14	188	-0,000001	5,15475	14,8243	1,62400	-0,72527
16	180	-0,000001	5,82434	11,2500	2,17362	-3,68586
18	176	-0,000006	4,18448	16,5513	2,42653	-0,80641
20	176	-0,000001	5,48385	22,7637	1,77490	-0,44795

Bảng 5. Kiểm định mức độ phù hợp của hàm phân bố Weibull và phân bố R

Cấp A (năm)	Phân bố Weibull			Phân bố R			SSR (1)/(2)
	R ²	±Se	SSR ₍₁₎	R ²	±Se	SSR ₍₂₎	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
6	99,1	0,031	0,0028	99,9	0,007	0,0001	28,0
8	95,9	0,097	0,0287	99,2	0,052	0,0055	5,2
10	96,6	0,083	0,0282	99,5	0,038	0,0044	6,4
12	99,8	0,016	0,0016	99,9	0,015	0,0011	1,5
14	99,9	0,013	0,0011	99,9	0,012	0,0007	1,6
16	99,3	0,036	0,0079	99,8	0,019	0,0019	4,2
18	99,8	0,012	0,0013	99,9	0,013	0,0013	1,0
20	99,7	0,019	0,0022	99,8	0,019	0,0019	1,2

Hệ số R^2 của phân bố Weibull (Bảng 5) ở tất cả các tuổi đều nhận giá trị rất cao (95,9% ở cấp tuổi 8 đến 99,9% ở cấp tuổi 14 năm). Tương tự, hệ số R^2 của phân bố R cũng nhận giá trị rất cao ở tất cả các cấp tuổi (99,2% ở tuổi 8 đến 99,9% ở tuổi 18 năm). Điều đó chứng tỏ cả hai phân bố Weibull và phân bố R đều có thể được sử dụng để ước lượng phân bố N/D đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 đến tuổi 20 năm. Tuy vậy, so với phân bố R, SSR của phân bố Weibull lớn hơn từ 1,2 lần ở cấp tuổi 20 đến 28 lần ở tuổi 6. Điều đó chứng tỏ phân bố R phù hợp hơn so với phân bố

Weibull 2 tham số. Những đặc trưng thống kê đối với phân bố R được sử dụng để ước lượng phân bố N/D của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 được ghi lại ở bảng 6. Từ đó cho thấy, nếu sử dụng phân bố R để ước lượng phân bố N/D của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20, thì đường cong phân bố N/D có dạng 1 đỉnh lệch trái ($S_k < 0$) và hơi nhọn ($2,2 < K_u < 4,3$). Điểm uốn của phân bố R trên trục hoành (x) gia tăng dần từ tuổi 6 (x = 6,5 cm) đến tuổi 20 (x = 21,3cm), còn điểm uốn trên trục tung (y) dao động từ 0,4016 đến 0,5912.

Bảng 6. Đặc trưng thống kê đối với phân bố R được sử dụng để ước lượng phân bố N/D đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 trên cấp đất II

Đơn vị tính: 0,20ha

Cấp A	N (cây)	D (cm)	± Sd	CV%	S_k	K_u	x	y
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
6	224	8,2	2,0	23,8	0,958	4,290	6,5	0,4016
8	205	10,2	2,1	20,7	0,114	3,155	9,3	0,5231
10	195	11,4	2,6	22,3	-0,364	2,806	11,4	0,6098
12	190	13,4	3,4	25,6	-0,237	2,794	11,6	0,4841
14	188	15,4	3,3	21,2	-0,524	2,797	14,3	0,5334
16	180	16,0	3,0	18,5	0,522	3,129	14,1	0,4128
18	176	18,1	4,8	26,4	-0,855	2,475	16,0	0,5219
20	176	21,1	4,0	18,8	-0,206	2,221	21,3	0,5912

Bảng 7. Mọi quan hệ giữa các tham số của hàm phân bố R với các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 trên cấp đất II

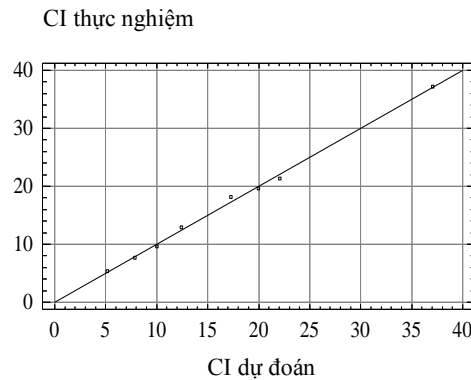
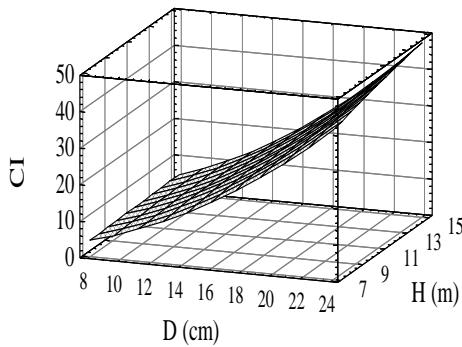
Tham số	Thống kê	A	N	D	H	G	M	CI
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	r	0,888	-0,842	0,927	0,910	0,925	0,922	0,921
q	P	0,003	0,009	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001
	N	8	8	8	8	8	8	8
	r	0,700	-0,632	0,587	0,614	0,549	0,531	0,514
p	P	0,053	0,093	0,126	0,106	0,159	0,176	0,193
	N	8	8	8	8	8	8	8
	r	0,381	-0,535	0,403	0,449	0,369	0,359	0,357
r	P	0,352	0,172	0,322	0,264	0,369	0,382	0,385
	N	8	8	8	8	8	8	8
	r	0,934	-0,803	0,982	0,939	0,998	0,999	
CI	P	0,001	0,016	0,000	0,001	0,000	0,000	
	N	8	8	8	8	8	8	

Ghi chú: A = cấp tuổi (năm); N = mật độ; D (cm) = đường kính bình quân; H (m) = chiều cao bình quân; G (m^2/ha) = tổng tiết diện ngang; M (m^3/ha) = trữ lượng gỗ; CI = chỉ số phức tạp về cấu trúc.

Những phân tích thống kê (Bảng 7) cho thấy, tham số q của phân bố R tồn tại mối quan hệ rất chặt chẽ với A ($r = 0,888$; $P = 0,003$), N ($r = -0,842$; $P = 0,009$), D ($r = 0,927$; $P = 0,001$), H ($r = 0,910$; $P = 0,002$), G ($r = 0,925$; $P = 0,001$), M ($r = 0,922$; $P = 0,001$) và CI ($r = 0,921$; $P = 0,001$) của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20. Về cơ bản, tham số q gia tăng cùng với sự gia tăng đối với các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá (A, D, H, G, M và chỉ số CI). Trái lại, sự gia tăng mật độ sẽ dẫn đến sự suy giảm tham số q. Tham số p cũng có mối quan hệ khá chặt chẽ với A ($r = 0,700$; $P = 0,053$)

và N ($r = -0,632$; $P = 0,093$). Tham số r có mối quan hệ yếu với các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá. Chỉ số CI tồn tại mối quan hệ dương rất chặt chẽ ($r > 0,934$; $P < 0,001$) với các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá (A, D, H, G, M). Khi mật độ quần thụ giảm thì chỉ số CI cũng giảm. Chỉ số CI có thể được ước lượng gần đúng dựa theo D (cm) và H (m) (Hàm 9; Hình 1). Từ đó cho thấy, khi D (cm) và H (m) bình quân của rừng trồng Thông ba lá gia tăng, thì tính phức tạp về cấu trúc cũng gia tăng.

$$CI = 0,04671 * D^{2,0056} * H^{0,204284} \quad (9)$$



Hình 1. Biểu đồ biểu diễn mối quan hệ giữa chỉ số CI với D (cm) và H (m) bình quân của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 năm.

Những phân tích thống kê cho thấy, tham số q của phân bố R có thể được ước lượng gần đúng dựa theo D bình quân lâm phần (Hàm 10) và H bình quân lâm phần (Hàm 11). Tham số p có thể được ước lượng gần đúng dựa theo A của rừng trồng Thông ba lá (Hàm 12). Tham

số r có thể được ước lượng gần đúng dựa theo tham số q (Hàm 13). Hai thành phần D (cm) và H (m) bình quân của rừng trồng Thông ba lá được dự đoán theo hàm (14) và hàm (15) (Bảng 8).

Bảng 8. Mô hình dự đoán các tham số của hàm phân bố R được sử dụng để ước lượng phân bố đường kính đối với rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 tuổi trên cấp đất II.

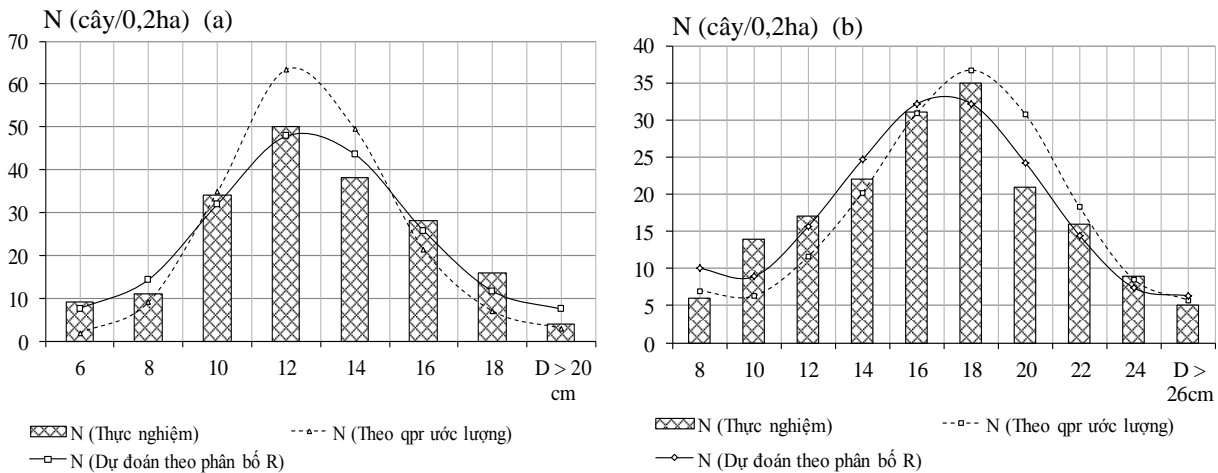
TT	Hàm dự đoán các tham số	R ²	±Se	P	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
1	$q = \sqrt{-53,3995 + 1,15347 * D^2}$	88,1	57,0	0,001	(10)
2	$q = \exp(4,81042 - 23,9174/H)$	86,7	0,194	0,001	(11)
3	$p = 0,709463 + 0,0745173 * A$	49,0	0,402	0,053	(12)
4	$r = 0,656929 - 23,6961/q$	67,2	1,077	0,013	(13)
5	$D = 238,58 * \exp(-5,56597 * A^{-0,26579})$	94,2	1,188	0,001	(14)
6	$H = 926,675 * \exp(-5,7555 * A^{-0,09918})$	97,9	0,327	0,001	(15)

Bảng 9 ghi lại các tham số q, p và r của phân bố R được dự đoán từ các hàm (10), (12) và (13); D (cm) và H (m) được ước lượng theo hàm (14) và (15). Hình 2 biểu diễn đường cong phân bố N/D của rừng trồng Thông ba lá

ở tuổi 12 và 18 được ước lượng bằng phân bố R với các tham số ở bảng 4 và bảng 9. Từ đó cho thấy, các hàm (10), (12) và (13) có thể được sử dụng để ước lượng gần đúng các tham số q, p và r của phân bố R.

Bảng 9. Dự đoán các tham số của hàm phân bố R dựa theo các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 tuổi trên cấp đất II

Đặc tính của rừng Thông ba lá			Ba tham số của hàm phân bố R		
A (năm)	D (cm)	H (m)	q	P	r
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
6	7,5	7,5	3,51	1,16	-6,09
8	9,7	8,6	7,48	1,31	-2,51
10	11,7	9,5	10,23	1,45	-1,66
12	13,5	10,3	12,52	1,60	-1,24
14	15,1	11,0	14,54	1,75	-0,97
16	16,7	11,7	16,35	1,90	-0,79
18	18,1	12,3	18,02	2,05	-0,66
20	19,4	12,9	19,56	2,20	-0,55



Hình 2. Biểu đồ biểu diễn phân bố N/D của rừng trồng Thông ba lá ở tuổi 12 (a) và tuổi 18 (b) được ước lượng bằng phân bố R

IV. KẾT LUẬN

Phân bố đường kính của rừng trồng Thông ba lá từ tuổi 6 - 20 năm trên cấp đất II có thể được mô hình hóa bằng phân bố Weibull 2 tham số và phân bố R; trong đó phân bố R phù hợp hơn so với phân bố Weibull. Ba tham số của phân bố R có quan hệ chặt chẽ với các đặc tính của rừng trồng Thông ba lá. Tham số vị trí

của hàm phân bố R có thể được ước lượng gần đúng dựa theo đường kính bình quân và chiều cao bình quân của rừng trồng Thông ba lá. Tham số tỷ lệ của hàm phân bố R có thể được ước lượng gần đúng dựa theo tuổi của rừng trồng Thông ba lá. Tham số hình dạng của hàm phân bố R có thể được ước lượng gần đúng dựa theo tham số vị trí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bailey, R.L., Dell, T.R., 1973. Quantifying diameter distribution with the Weibull function. *For. Sci.*, 19, 97 - 104.
2. Duan, A.G, Zhang J.G, Tong S.Z, 2004. Studies on dynamic prediction of stand diameter structure of Chinese fir plantation. *Sci. Sil. Sin.*, 40, 32 - 38.
3. Duan, A.G, Zhang, J.G, Zhang, X.Q, He, C.Y, 2013. Stand Diameter Distribution Modelling and Prediction Based on Richards Function. *PLoS ONE* 8(4): e62605. doi:10.1371/journal.pone.0062605.
4. Gove, G.H, Patil, G.P., 1998. Modelling the basal area-size distribution of forest stands: a compatible approach. *Forest. Science*, 44, 285 - 297.
5. Nguyễn Hải Tuất, 1982. *Thống kê toán học trong lâm nghiệp*. Nxb. Nông Nghiệp, Hà Nội, 185 trang.
6. Nguyễn Văn Trương, 1984. *Quy luật cấu trúc rừng gỗ hỗn loại*. Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 240 trang.
7. Vancley, J.K., 1995. Growth models for tropical forest: A synthesis of models and methods. *For Sci*, 1995, 41, 7 - 42pp.

Người thẩm định: GS.TS. Võ Đại Hải