

## DỰ BÁO SINH TRƯỞNG CỦA CÂY GỖ TRONG THẨM THỰC VẬT TRÊN NÚI ĐÁ VÔI TẠI CẨM PHẢ, QUẢNG NINH

Hoàng Văn Hải<sup>1</sup>, Bùi Mạnh Hưng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sở Giáo dục và Đào tạo Quảng Ninh

<sup>2</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả dự báo xu hướng sinh trưởng của cây gỗ trong thảm thực vật rừng trên núi đá vôi ở Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh thông qua 2 chỉ tiêu cơ bản là: sinh trưởng đường kính ( $D_{1,3}$ ) và sinh trưởng chiều cao ( $H_{vn}$ ). Kết quả dự đoán đường kính đến năm 2032 theo ba hàm Gompertz, Schumacher và Verhulst lần lượt là: 11,78; 11,90 và 11,69 cm. Trong khi kết quả cho biến chiều cao lần lượt là: 9,75; 9,90 và 9,62 m. Từ số liệu dự đoán đường kính và chiều cao, thể tích cây cá lẻ ở từng tuổi đã được tính toán và sau 15 năm nữa, tức là năm 2032, thể tích cây cá lẻ đại diện lâm phần lần lượt là: 0,048; 0,050 và 0,046 m<sup>3</sup>. Tăng trưởng thường xuyên hàng năm về thể tích là 0,001 m<sup>3</sup>. Tốc độ tăng trưởng thể tích này là chậm so với nhiều loại rừng khác. Điều này có thể giải thích là do điều kiện sinh thái trên núi đá vôi Cẩm Phả rất khắc nghiệt.

**Từ khóa:** Cẩm Phả, hàm sinh trưởng, ngôn ngữ R, núi đá vôi.

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sinh trưởng là quy luật của sự sống trên toàn cầu. Cũng không nằm ngoài quy luật đó, cây rừng hàng năm sinh trưởng và phát triển một lượng nhất định. Lượng sinh trưởng này đóng góp rất lớn vào sinh khối rừng, gia tăng lượng các bon tích lũy, giảm thiểu phát thải các bon và góp phần không nhỏ vào giảm thiểu biến đổi khí hậu toàn cầu (K. Hairiah et al., 2011). Sinh trưởng cây rừng là một trong ba yếu tố ảnh hưởng tới tương lai và biến động cấu trúc của các hệ sinh thái rừng (N.V. Brokaw, 1985; N.T. Bình, 2014; B.M. Hưng, 2016). Ba yếu tố đó là tỷ lệ tái sinh, sinh trưởng và tỷ lệ cây chết. Vì vậy, sinh trưởng đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của bất kỳ loại hình thảm thực vật nào.

Nghiên cứu xu hướng sinh trưởng và phát triển của các cây gỗ có vai trò quan trọng trong việc đánh giá tiềm năng của thảm thực vật rừng trong tương lai, và là cơ sở khoa học cho việc quy hoạch bảo tồn thảm thực vật rừng nói chung và thảm thực vật rừng trên núi đá vôi nói riêng (T.H. Viên, 2004). Về mặt sinh thái học, việc bảo tồn, phát triển thảm thực vật nói chung và cây gỗ nói riêng chỉ có thể hiệu quả

khi dự báo được xu hướng sinh trưởng của các loài cây gỗ.

Trong quá khứ, thảm thực vật rừng trên núi đá vôi ở thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh khá phong phú và độc đáo về thành phần loài cây gỗ. Tuy nhiên, do nhiều nguyên nhân như khai thác khoáng sản, gỗ, củi, các hoạt động du lịch, các hoạt động nuôi trồng thủy hải sản của người dân bản địa, trong những năm gần đây, các loài cây gỗ thảm thực vật này đã bị suy giảm cả về diện tích và chất lượng. Theo số liệu của Cục Thống kê tỉnh Quảng Ninh thì diện tích và trữ lượng thảm thực vật trên núi đá vôi tại đây đã suy giảm từ 1.968 ha năm 1990 xuống còn 1.439 ha năm 2015. Diện tích rừng giàu (15,6 ha) giảm mạnh, trong khi đó diện tích rừng nghèo kiệt (1.423,4 ha) lại gia tăng nhanh chóng. Ngoài ra, sự suy giảm còn thể hiện ở mặt đa dạng sinh học, số lượng thành phần loài, mức độ đa dạng sinh học loài đều suy giảm và biến đổi đáng kể. Số lượng cá thể loài cây gỗ quý hiếm như: Trai (*Fagraea fragrans*), Nghiến (*Burretiodendron hsienmu*), Lát hoa (*Chukrasia tabularis*), Kim giao (*Nageia fleuryi*) hiện nay còn rất hạn chế trong các lâm phần tại đây.

Mặc dù những nghiên cứu về khả năng sinh trưởng của các loài cây gỗ quan trọng đến vậy, hiện nay tại Cẩm Phả, các nghiên cứu về sinh trưởng của các loài cây gỗ trên núi đá vôi còn rất hạn chế. Đặc biệt, chưa có công trình nghiên cứu nào xây dựng được phương trình sinh trưởng cho các loài cây này. Có nhiều lý do cho những hạn chế đó như địa bàn nghiên cứu khó khăn, việc thiết lập ô tiêu chuẩn và thu thập mẫu gặp nhiều cản trở. Hơn nữa, lượng tăng trưởng hàng năm của các loài cây trên núi đá vôi thường rất thấp, vì thế việc xác định tuổi cây và kích thước cây rừng tại các năm yêu cầu nhiều thời gian, công sức; việc đo đếm, tính toán phải rất tỉ mỉ, chính xác.

Bài báo này trình bày kết quả dự báo xu hướng sinh trưởng và phát triển của các loài cây gỗ trong thảm thực vật trên núi đá vôi ở thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh, nhằm đưa ra cơ sở khoa học cho việc hoạch định các chính sách và áp dụng các biện pháp kỹ thuật để bảo tồn và phát triển các loài cây gỗ nói riêng và thảm thực vật rừng trên núi đá vôi Cẩm Phả nói chung.

## II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng và phương pháp thu thập số liệu

Đối tượng nghiên cứu là các loài cây gỗ trong thảm thực vật rừng trên núi đá vôi (trên đất liền và trên biển) ở thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. Số liệu được thu thập từ 50 ô tiêu chuẩn (OTC, diện tích 2500 m<sup>2</sup>) với phương pháp rút mẫu phân tầng ngẫu nhiên. Đây là phương pháp phù hợp trong điều tra tài

nguyên rừng, bởi lẽ tài nguyên rừng thường không đồng nhất về mặt trạng thái trên mặt đất. Ngoài ra, 18 tuyến điều tra trong khu vực nghiên cứu cũng đã được tiến hành để có thêm số liệu phản ánh toàn diện và trung thực hơn thực trạng của thảm thực vật tại đây. Thời gian điều tra được tiến hành từ năm 2011 đến năm 2016, đồng thời nghiên cứu cũng đã kế thừa số liệu đo đếm về đường kính, chiều cao từ trước năm 2011 của Ban quản lý vịnh Hạ Long và Bái Tử Long.

### 2.2. Phương pháp phân tích số liệu

#### 2.2.1. Phân tích tương quan phi tuyến để tìm phương trình sinh trưởng

Để đưa ra dự báo về xu hướng sinh trưởng và phát triển của các loài cây gỗ trong thảm thực vật trên núi đá vôi Cẩm Phả, tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng bằng các biểu thức toán học để dự đoán sự sinh trưởng và phát triển thông qua 2 chỉ tiêu là đường kính thân cây ( $D_{1.3}$ ) và chiều cao vút ngọn ( $H_{vn}$ ).

Nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm 3 hàm phổ biến là Gompertz, Johnson-Schumacher và Verhulst để mô phỏng sinh trưởng của các loài cây gỗ trong thảm thực vật rừng trên núi đá vôi Cẩm Phả (V.T. Hinh, 2003; H. Pretzsch, 2009). Phân tích đó dựa vào phân tích phi tuyến tính. Các phân tích được thực hiện trong ngôn ngữ R (Version 3.4.1).

Để phân tích tương quan phi tuyến cho hàm Gompertz, Johnson-Schumacher và Verhulst thì các lệnh sau được sử dụng trong R, áp dụng cho biến đường kính ( $D_{1.3}$ ). Các câu lệnh áp dụng cho biến chiều cao hoàn toàn tương tự.

Hàm Gompertz:

```
Model1=nls(D1.3 ~ b0*exp(-b1*exp(-b2*Tuai)), Data_D1_3,
list(b0=13.5, b1=0.577, b2=0.04))
```

Hàm Johnson-Schumacher:

```
Model2=nls(D1.3 ~ b0*exp(-b1/(Tuoi + b2)), Data_D1_3,
list(b0=19.3, b1=35.3, b2=37.5))
```

Hàm Verhulst:

```
Model3=nls(D1.3 ~ b0/(1+b1*exp(-b2*Tuoi)), Data_D1_3,
list(b0=12.8, b1=0.68, b2=0.05))
```

### 2.2.2. Kiểm tra sự tồn tại của các tham số

Trong các mô hình tương quan nói trên, các tham số hồi quy được kiểm tra sự tồn tại bằng tiêu chuẩn t. Giả sử b là một tham số hồi quy bất kỳ. Các bước kiểm điểm như sau (N.H. Tuất và CS, 2006; N.V. Tuấn, 2006; J. Zar, 2010):

- Bước 1: Đặt giả thuyết:  $H_0: \beta=0$

$H_1: \beta \neq 0$

- Bước 2: Kiểm tra giả thuyết  $H_0$  bằng tiêu chuẩn t:

$$t_{\beta} = \frac{b}{SE_b}$$

Trong đó: b là giá trị tính toán của tham số dựa vào số liệu ở mẫu;

$SE_b$  là sai số chuẩn của tham số b.

- Bước 3: Kết luận:

Nếu  $t_{\beta} \leq t_{0.5(k=n-2)}$  (hoặc giá trị Sig của  $t \geq 0.05$ ) thì chấp nhận giải thuyết  $H_0$ , có nghĩa là tham số không tồn tại trong tổng thể, và giữa các đại lượng không có mối quan hệ. Ngược lại, nếu  $t_{\beta} > t_{0.5(k=n-2)}$  (hoặc giá trị Sig  $< 0.05$ ) thì bác bỏ giả thuyết  $H_0$ , hay nói cách khác là tham số thực sự tồn tại trong tổng thể và các đại lượng thực sự có quan hệ.

Để thu được các giá trị t tính toán và giá trị Sig của t, lệnh sau được sử dụng trong R.  
summary(Model1)

### 2.2.3. Lựa chọn hàm tốt nhất

Trong nghiên cứu này, phương trình sinh trưởng tốt nhất được lựa chọn dựa vào hệ số tương quan  $R^2$  (Pretzsch, 2009; J. Zar, 2010). Ngoài ra, một chỉ số nữa sẽ được sử dụng làm cơ sở quan trọng nhất để chọn lựa mô hình tương quan tốt nhất là chỉ số AIC (Akaike's information criterion). Đây là một chỉ số tốt hơn so với giá trị hệ số tương quan khi lựa chọn các mô hình tương quan phi tuyến (Osman et al., 2012; Burnham and Anderson, 2002). Bởi lẽ, hệ số tương quan thực chất là

phản ánh mối quan hệ giữa các biến sau khi tuyến tính hóa, vì thế phản ảnh không thực sự trung thực mối quan hệ giữa các đại lượng. Phương trình tốt nhất là phương trình có hệ số tương quan lớn nhất và giá trị chỉ số AIC nhỏ nhất (Wagenmakers and Farrell, 2004; Osman et al., 2012). Công thức xác định AIC cho trường hợp bình phương nhỏ nhất được xác định như sau (Burnham and Anderson, 2002; Motulsky and Christopoulos, 2003).

Để xác định giá trị hệ số tương quan các lệnh sau đây đã được sử dụng. Lệnh sau được áp dụng cho mô hình 1 (mô hình phương trình Gompertz), các mô hình khác hoàn toàn tương tự.

```
model.null = nls(D1.3 ~ I,
data = Data_D1_3,
start = c(I = 8),
trace = FALSE)
nagelkerke(fit = Model1,
null = model.null)
```

Để tính toán và nhận các giá trị AIC, lệnh sau đã được chạy trong R.

```
AIC(Model1, Model2, Model3)
```

### 2.2.4. Tính toán các giá trị lý thuyết và vẽ biểu đồ dự đoán cho 15 năm sau

Để tính toán các giá trị lý thuyết cho các mô hình tương quan phi tuyến đã được thiết lập, các lệnh sau đã được sử dụng. Các lệnh này áp dụng cho Model1 của hàm Gompertz, các mô hình của hàm Schumacher và hàm Verhulst hoàn toàn tương tự:

```
new.df = data.frame(Tuoi=seq(20, 35, by=1))
y1=predict(Model1, new.df)
y1
```

Để vẽ biểu đồ dự đoán sinh trưởng cho các hàm sinh trưởng các lệnh sau được sử dụng.

```
x=seq(20, 34, by=1)
matplot(x, cbind(fun1(x), fun2(x), fun3(x)),
main="",
```

```

type="l", lty=c(1, 2, 4), lwd=3,
col=c("black", "black", "black"),
xaxt="n",
ylab="",
xlab="")
axis(1, at = seq(20, 35, by = 1))

```

**2.2.5. Dự đoán trữ lượng cây cá lẹ đại diện của các lâm phần**

Từ số liệu dự đoán đường kính và chiều cao theo các hàm sinh trưởng, thể tích cây cá lẹ đại diện các lâm phần được tính toán dựa vào công thức sau (V.T. Hinh và P.N. Giao, 1996; B.M. Hung, 2016):

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{D_{1.3}}{100}\right)^2 \cdot H_{vn} \cdot f$$

Trong đó:

- $D_{1.3}$ : là đường kính ngang ngực tính bằng đơn vị cm;
- $H_{vn}$ : là chiều cao vút ngọn;
- $f$ : là hình số, trong trường hợp rừng tự nhiên  $f = 0,45$ .

**III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU, THẢO LUẬN**  
**3.1. Mô phỏng sinh trưởng cây rừng cho biến đường kính ( $D_{1.3}$ )**

Từ số liệu đường kính ( $D_{1.3}$ ) của cây gỗ sau khi các lệnh trong R được thực hiện, kết quả phân tích được thể hiện trong bảng 01.

**Bảng 01. Kết quả ước lượng các tham số của hàm sinh trưởng cho đường kính ( $D_{1.3}$ )**

| Hàm           | Hàm Gompertz | Hàm Johnson-schumacher | Hàm Verhulst |
|---------------|--------------|------------------------|--------------|
| Tham số a     | 3-18         | 3-18                   | 3-18         |
| Tham số $b_0$ | 13,521       | 19,368                 | 12,805       |
| Tham số $b_1$ | 0,577        | 35,322                 | 0,683        |
| Tham số $b_2$ | 0,041        | 37,572                 | 0,056        |
| $R^2$         | 0,99507      | 0,995261               | 0,994921     |
| AIC           | -44,84719    | -45,47957              | -44,36834    |

Kết quả cho thấy, hệ số tương quan  $R^2$  của các hàm là tương đương nhau (0,995), như vậy cả 3 hàm Gompertz, Johnson-schumacher và Verhulst đều mô tả tốt sinh trưởng đường kính của cây gỗ trong thảm thực vật rừng trên núi đá vôi Cẩm Phả. Phù hợp với nghiên cứu của Viên Ngọc Hùng (1985), Trịnh Đức Huy (1988), Vũ Văn Mễ và Nguyễn Ngọc Lung

(1999). Tuy nhiên, nếu xét một cách thật chính xác thì hàm Schumacher có khả năng thích hợp hơn một chút. Điều này được chứng minh bởi giá trị AIC của hàm này là -45.47957, nhỏ nhất trong 3 giá trị của các hàm.

Từ kết quả ước lượng các tham số, phương trình sinh trưởng cụ thể về  $D_{1.3}$  theo các hàm như trong bảng 02.

**Bảng 02. Dạng hàm phương trình sinh trưởng**

| Loại hàm           | Kết quả phương trình   |
|--------------------|--|
| Gompertz           | $D_{1.3} = 13,521 \cdot \exp(-0,577 \cdot \exp(-0,041 \cdot a))$ |
| Johnson-schumacher | $D_{1.3} = 19,368 \cdot \exp(-35,322 / (a + 37,572))$            |
| Verhulst           | $D_{1.3} = 12,805 / (1 + 0,683 \cdot \exp(-0,056 \cdot a))$      |

Kết quả tính toán sai tiêu chuẩn cho các tham số và kiểm tra sự tồn tại của các tham số

được kết quả như sau:

a. Hàm Gompertz

```
Formula: D1.3 ~ b0 * exp(-b1 * exp(-b2 * Tuoi))
Parameters:
  Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
b0 13.521231 1.198779 11.279 4.38e-08 ***
b1 0.577231 0.080611 7.161 7.36e-06 ***
b2 0.040938 0.009632 4.250 0.000947 ***
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

b. Hàm Johnson-Schumacher

```
Formula: D1.3 ~ b0 * exp(-b1/(Tuoi + b2))
Parameters:
  Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
b0 19.368 3.208 6.038 4.18e-05 ***
b1 35.322 15.792 2.237 0.04346 *
b2 37.571 10.578 3.552 0.00354 **
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

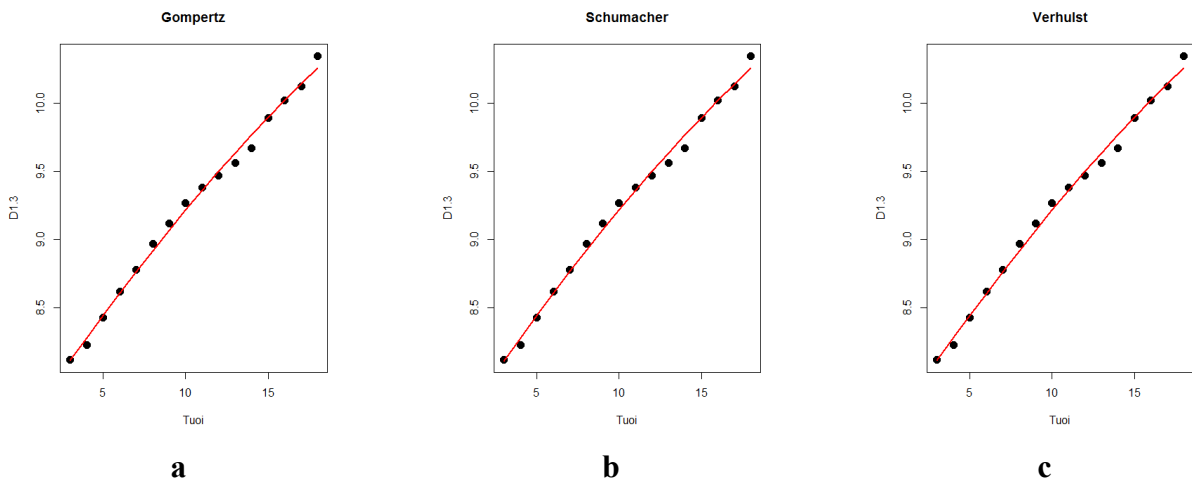
c. Hàm Verhulst

```
Formula: D1.3 ~ b0/(1 + b1 * exp(-b2 * Tuoi))
Parameters:
  Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
b0 12.80476 0.84863 15.089 1.28e-09 ***
b1 0.68321 0.09880 6.915 1.06e-05 ***
b2 0.05619 0.00986 5.699 7.31e-05 ***
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Từ kết quả trên thấy rằng, tất cả các tham số đều tồn tại trong tổng thể ít nhất ở mức ý nghĩa 0,05. Vì thế các mô hình có thể được phép sử dụng và ứng dụng cho các khu vực khác cùng trạng thái. Đồng thời chúng thể hiện giữa tuổi

cây và đường kính thực sự có mối quan hệ.

Khả năng mô phỏng tốt của các hàm sinh trưởng, tương quan chặt giữa các giá trị quan sát với hàm lý thuyết được thể hiện tốt trong các biểu đồ tương quan sau.

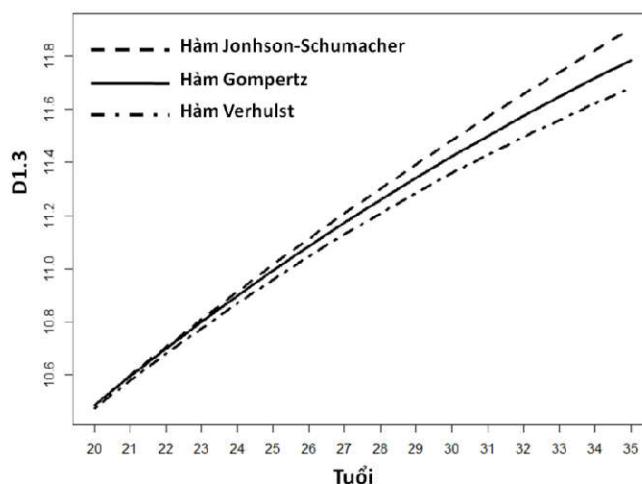


Hình 01. Biểu đồ tương quan giữa giá trị thực nghiệm và hàm lý thuyết  
a: hàm Gompertz, b: hàm Schumacher và c: hàm Verhulst

Từ các tham số thu được, các giá trị dự đoán về sự sinh trưởng và phát triển của đường kính cây gỗ trong thảm thực vật trên núi đá vôi Cẩm Phả sau 15 năm đã được xác định.

Biểu đồ tiếp theo có thể cung cấp một cái nhìn trực quan hơn về các giá trị dự đoán sinh trưởng đường kính. Và trong các giá trị nói

trên thì làm Schumacher là hàm có các giá trị dự đoán cao nhất. Trong khi đó các giá trị dự đoán của hàm Verhulst là thấp nhất. Sự sinh trưởng và phát triển đường kính cây gỗ trong thảm thực vật rừng trên núi đá vôi Cẩm Phả được mô phỏng bằng đường cong liên tục.



Hình 02. Biểu đồ dự đoán sinh trưởng đường kính trong 15 năm tới

### 3.2. Phân tích sinh trưởng cây rừng cho biến chiều cao vút ngọn ( $H_{vn}$ )

Hoàn toàn tương tự như biến đường kính, số liệu đo đếm từ các OTC, tuyến điều tra và số liệu kế thừa từ ban quản lý vịnh qua các năm

được sử dụng để phân tích tương quan phi tuyến cho các hàm Gompertz, Schumacher và Verhulst. Kết quả phân tích được thể hiện trong bảng 03.

Bảng 03. Các phương trình tham số mô phỏng theo chiều cao ( $H_{vn}$ )

| Hàm           | Hàm Gompertz | Hàm Johnson-schumacher | Hàm Verhulst |
|---------------|--------------|------------------------|--------------|
| Tham số a     | 3-18         | 3-18                   | 3-18         |
| Tham số $b_0$ | 11,248       | 17,043                 | 10,483       |
| Tham số $b_1$ | 0,698        | 37,017                 | 0,865        |
| Tham số $b_2$ | 0,045        | 33,084                 | 0,065        |
| $R^2$         | 0,99501      | 0,995246               | 0,99479      |
| AIC           | -44,65503    | -45,42845              | -43,97494    |

Kết quả bảng trên cho thấy rằng cả ba loại hàm sinh trưởng đều mô phỏng tốt cho sinh trưởng chiều cao theo tuổi. Các hàm này không có sự khác biệt nhiều, tuy nhiên, nếu xét một cách thật chính xác thì hàm Schumacher vẫn thể hiện sự phù hợp tốt hơn một chút. Giá trị

hệ số tương quan  $R^2$  lớn hơn hai hàm còn lại, và giá trị AIC là nhỏ nhất.

Từ kết quả ước lượng của các tham số, phương trình sinh trưởng cụ thể được trình bày trong bảng 04.

**Bảng 04. Kết quả dạng hàm sinh trưởng cho Hvn**

| Phương trình       | Kết quả phương trình sinh trưởng            |
|--------------------|---|
| Gompertz           | $H_{vn}=11,248*\exp(-0,698*\exp(-0,045*a))$ |
| Johnson-schumacher | $H_{vn}=17,034*\exp(-37,017/(a+33,084))$    |
| Verhulst           | $H_{vn}=10,483/(1+0,865*\exp(-0,065*a))$    |

Kết quả tính toán sai tiêu chuẩn cho các tham số và kiểm tra sự tồn tại của các tham số được như sau:

a. Hàm Gompertz

```
Formula: Hvn ~ b0 * exp(-b1 * exp(-b2 * Tuoi))

Parameters:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
b0  11.248410   1.051708  10.695 8.20e-08 ***
b1   0.697751   0.082837   8.423 1.27e-06 ***
b2   0.045216   0.009721   4.652 0.000453 ***
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

b. Hàm Schumacher

```
Formula: Hvn ~ b0 * exp(-b1/(Tuoi + b2))

Parameters:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
b0   17.043     2.965    5.747 6.74e-05 ***
b1   37.017    15.030    2.463 0.02851 *
b2   33.084     8.689    3.808 0.00218 **
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

c. Hàm Verhulst

```
Formula: Hvn ~ b0/(1 + b1 * exp(-b2 * Tuoi))

Parameters:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
b0  10.48327    0.70853  14.796 1.63e-09 ***
b1   0.86539    0.10772   8.034 2.13e-06 ***
b2   0.06473    0.01005   6.439 2.21e-05 ***
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Như vậy, kết quả trên đã cho thấy rằng tất cả các tham số đều tồn tại bởi vì giá trị Pr đều nhỏ hơn 0,05 rất nhiều. Vì vậy, các mô hình có thể được sử dụng và áp dụng rộng rãi cho các loại trạng thái khác có cùng kiểu thảm thực vật và điều kiện tự nhiên như trong khu vực

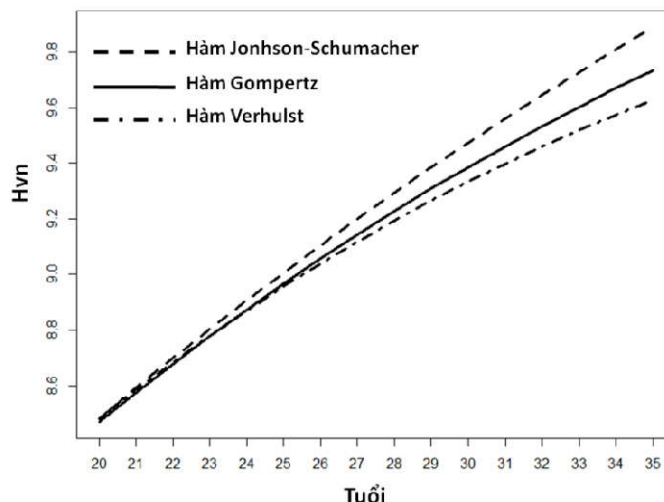
nghiên cứu.

Từ các tham số thu được, dự đoán về sự sinh trưởng và phát triển chiều cao của cây gỗ trong thảm thực vật trên núi đá vôi Cẩm Phả sau 15 năm đã được xác định.

Biểu đồ dưới đây cung cấp cho chúng ta

một cái nhìn trực quan về dự đoán sinh trưởng của chiều cao trong 15 năm tới. Chiều cao luôn có xu hướng tăng đến một giới hạn. Trong các giá trị dự đoán thì hàm Schumacher luôn cho

giá trị lớn nhất và hàm Verhulst cho giá trị nhỏ nhất. Kết quả hoàn toàn tương tự như biên đường kính.



Hình 03. Biểu đồ dự đoán sinh trưởng chiều cao ( $H_{vn}$ ) của cây gỗ trong 15 năm tới

**3.3. Kết quả dự đoán trữ lượng cây cá lẻ đại diện lâm phần**

Từ kết quả dự đoán đường kính và chiều

cao của cây đại diện lâm phần, thể tích cây được tính toán và dự đoán trong 15 năm tới như trong bảng 05.

**Bảng 05. Dự đoán thể tích cây cá lẻ đại diện trong 15 năm tới**

Đơn vị:  $m^3/cây$

| Năm      | Tuổi cây | $H_{vn}$ (m)      |                             |                   |
|----------|----------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
|          |          | Theo hàm Gompertz | Theo hàm Johnson-Schumacher | Theo hàm Verhulst |
| Năm 2017 | 20       | 0,033             | 0,033                       | 0,033             |
| Năm 2018 | 21       | 0,034             | 0,034                       | 0,034             |
| Năm 2019 | 22       | 0,035             | 0,035                       | 0,035             |
| Năm 2020 | 23       | 0,036             | 0,036                       | 0,036             |
| Năm 2021 | 24       | 0,037             | 0,037                       | 0,037             |
| Năm 2022 | 25       | 0,038             | 0,039                       | 0,038             |
| Năm 2023 | 26       | 0,039             | 0,040                       | 0,039             |
| Năm 2024 | 27       | 0,040             | 0,041                       | 0,040             |
| Năm 2025 | 28       | 0,041             | 0,042                       | 0,041             |
| Năm 2026 | 29       | 0,042             | 0,043                       | 0,042             |
| Năm 2027 | 30       | 0,043             | 0,044                       | 0,043             |
| Năm 2028 | 31       | 0,044             | 0,045                       | 0,043             |
| Năm 2029 | 32       | 0,045             | 0,046                       | 0,044             |
| Năm 2030 | 33       | 0,046             | 0,047                       | 0,045             |
| Năm 2031 | 34       | 0,047             | 0,048                       | 0,046             |
| Năm 2032 | 35       | 0,048             | 0,050                       | 0,046             |



Như vậy, tăng trưởng bình quân hàng năm về thể tích của cây rừng được dự đoán là 0,001 m<sup>3</sup>/năm cho cả ba hàm. Đây là mức tăng trưởng chậm so với nhiều loài cây nhiệt đới khác (dao động từ 0,01 - 0,04 m<sup>3</sup>/năm) do điều kiện lập địa trên núi đá vôi nghèo chất dinh dưỡng (Vũ Tiến Hình, 2003).

#### IV. KẾT LUẬN

Sinh trưởng là quy luật tất yếu của các loài thực vật. Việc dự đoán sinh trưởng của cây rừng là cơ sở rất quan trọng cho việc quản lý và phát triển tài nguyên rừng một cách bền vững, ứng biến với biến đổi khí hậu toàn cầu đang diễn ra.

Trên cơ sở là sự quan trọng đó, 3 hàm sinh trưởng là Gompertz, Johnson-Schumacher và Verhulst đã được sử dụng để mô phỏng sinh trưởng cho biến đường kính và chiều cao của cây gỗ trong thảm thực vật rừng trên núi đá vôi tại Cẩm Phả. Kết quả cho thấy rằng, cả ba loại hàm trên đều có thể mô phỏng sinh trưởng tốt cho cây rừng tại khu vực nghiên cứu. Hệ số tương quan cho cả biến đường kính và chiều cao đều rất cao (0,995). Tuy nhiên, nếu xét một cách chính xác hơn thì hàm Johnson-Schumacher có khả năng tương thích cao hơn một chút, bởi lẽ giá trị AIC là thấp nhất trong 3 mô hình, điều này đúng cho cả biến đường kính và biến chiều cao. Tất cả các tham số của mô hình hồi quy đều tồn tại trong tổng thể, do giá trị Pr đều nhỏ hơn 0,05 nhiều lần. Điều này cho thấy, các mô hình thực sự có ý nghĩa và có thể ứng dụng cho các khu vực khác nếu có cùng đặc điểm về thực vật và các điều kiện tự nhiên khác.

Kết quả dự đoán đường kính đến năm 2035

của 3 hàm Gompertz, Johnson-Schumacher và Verhulst lần lượt là: 11,78; 11,90 và 11,69 cm. Trong khi đó kết quả cho biến chiều cao của các hàm lần lượt là: 9,75; 9,90 và 9,62 m. Từ số liệu dự đoán đường kính và chiều cao, thể tích cây cá lẻ ở từng tuổi đã được tính toán và sau 15 năm nữa, tức là năm 2032, thể tích cây cá lẻ đại diện lâm phần lần lượt là: 0,048; 0,050 và 0,046 m<sup>3</sup>. Tăng trưởng thể tích bình quân chung mỗi năm là 0,001 m<sup>3</sup>. Tốc độ tăng trưởng thể tích này là chậm so với nhiều loại rừng khác. Điều này có thể giải thích là do điều kiện sinh thái trên núi đá vôi Cẩm Phả rất khắc nghiệt, do tác động của gió bão và lập địa.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Tiến Hình (2003). *Sản lượng rừng*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
2. Nguyễn Văn Tuấn (2006). *Phân tích số liệu và tạo biểu đồ bằng R*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
3. Nguyễn Hải Tuất, Vũ Tiến Hình và Ngô Kim Khôi (2006). *Phân tích thống kê trong lâm nghiệp*. NXB. Nông nghiệp, Hà Nội.
4. Hans Pretzsch (2009). *Forest Dynamics, Growth and Yield From Measurement to Model*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
5. Hung BM. (2016). *Structure and restoration of natural secondary forests in the Central Highlands, Vietnam*, in *Chair of Silviculture, Institute of Silviculture and Forest protection, Faculty of Environmental Sciences*. Dresden University of Technology.
6. Jerrold H. Zar (2010). *Biostatistical Analysis (5th Edition)*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA.
7. Kenneth P. Burnham and David R. Anderson (2002). *Model Selection and Multimodel Inference A Practical Information-Theoretic Approach*. Springer-Verlag New York, USA.
8. Kurniatun Hairiah, et al. (2011). *Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems*. PO Box 161, Bogor 16001, Indonesia: World Agroforestry Centre. Page 67.

---

---

**FORECASTING THE TREE GROWTH FOR FORESTS  
ON LIMESTONE MOUNTAINS IN CAM PHA, QUANG NINH PROVINCE**

**Hoang Van Hai<sup>1</sup>, Bui Manh Hung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Quangninh Department of Education and Training*

<sup>2</sup>*Vietnam National University of Forestry*

**SUMMARY**

This article presents the results of forecasting the growth trends of timber species of limestone vegetation in Cam Pha city, Quang Ninh province through 2 basic indicators: diameter growth (D1.3), height growth (Hvn). Predicted diameter results to 2032 of Gompertz, Johnson-Schumacher and Verhulst functions are: 11,78; 11.90 and 11.69 cm, respectively. Meanwhile, the results for the height variable: 9.75; 9.90 and 9.62 m. From predicted data on diameter and height, the volume of individual trees at each age has been calculated and after 15 years, in 2032, the volume of individual trees, representing the stand, will be 0.048; 0.050 and 0.046 m<sup>3</sup>. Continuing growth rate is 0.001 m<sup>3</sup> per tree/year. This volume growth rate is very low, compared to many other forest types. This can be explained by the extreme ecological conditions in the limestone mountains of Cam Pha.

**Keywords:** Cam Pha, growth function, limestone, R language.

**Ngày nhận bài** : 19/5/2017

**Ngày phản biện** : 24/5/2017

**Ngày quyết định đăng** : 05/6/2017