

TĂNG TRƯỞNG SINH KHỐI TRÊN MẶT ĐẤT CỦA RỪNG THỨ SINH LÁ RỘNG THƯỜNG XANH TẠI KON HÀ NỪNG, GIA LAI

Trần Hoàng Quý, Ninh Việt Khương, Trần Cao Nguyên

Viện Nghiên cứu Lâm sinh

TÓM TẮT

Việc ước lượng sinh khối trên mặt đất một cách chính xác để dự báo biến động của trữ lượng các bon lưu trữ trong hệ sinh thái rừng là rất quan trọng. Trữ lượng các bon được ước lượng là bằng 50% trữ lượng sinh khối. Nghiên cứu này sử dụng phương trình tương quan sinh khối để ước lượng sinh khối trên mặt đất của rừng thứ sinh lá rộng thường xanh tại Kon Hà Nừng, Gia Lai. Nghiên cứu kế thừa số liệu của 10 ô tiêu chuẩn định vị 10.000 m²/ô và 6 ô thí nghiệm cho hai trạng thái rừng có kích thước 900 m²/ô. Kế thừa số liệu giải tích sinh khối của 36 cây mẫu để kiểm tra các phương trình tương quan và lựa chọn phương trình tốt nhất để ước lượng sinh khối trên mặt đất. Kết quả đã lựa chọn được phương trình $AGB = 0,0755 * D_{1,3}^{2,57}$ ($R = 0,995$) là có sai số nhỏ nhất. Sử dụng phương trình này đã ước lượng được tăng trưởng sinh khối trên mặt đất của các ô tiêu chuẩn định vị biến thiên từ 0,25 đến 8,3 tấn/ha/năm, đạt trung bình $5,8 \pm 2,3$ tấn/ha/năm. Sinh khối vật rơi rụng đạt bình quân $8,5 \pm 1,2$ tấn/ha/năm. Kết quả tính toán từ các ô thí nghiệm cho thấy, tăng trưởng sinh khối trên mặt đất biến thiên từ 12,6 đến 14,8 tấn/ha/năm, cao nhất ở rừng phục hồi và thấp nhất ở rừng ít bị tác động. Trong đó, tỷ lệ sinh khối sống chiếm từ 40,6 đến 52,3% và sinh khối vật rơi rụng chiếm từ 47,7 đến 59,4%.

Từ khóa: Kon Hà Nừng, sinh khối trên mặt đất, rừng thứ sinh lá rộng thường xanh

Belowground biomass increment of secondary evergreen broadleaf forests in Kon Ha Nung, Gia Lai province

Accurate estimates of aboveground biomass to monitoring carbon budget in forest ecosystems are very important. Carbon budget is estimated as 50% of biomass stock. This study used allometric models to estimate aboveground biomass of secondary evergreen broadleaf forests in Kon Ha Nung, Gia Lai. The result shown that the allometric equation $AGB = 0,0755 * D_{1,3}^{2,57}$ ($R = 0,995$) had least error and was selected to estimate aboveground biomass. Annual increment of biomass of forests from permanent sample plots varies from 0.25 to 8.3 ton/ha/year with an average of 5.8 ± 2.3 ton/ha/year. Results from 6 experiment sample plots shown that increment of aboveground biomass varies from 12.6 in low impacted forests to 14.8 ton/ha/year in restored forests. In which, the rate of living biomass account of from 40.6 to 52.3% and biomass of litterfall account from 47.7 to 59.4%.

Keywords: Kon Ha Nung, Aboveground biomass, secondary evergreen broadleaf forests

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xác định chính xác sinh khối trong rừng nhiệt đới là vấn đề cần thiết cho nhiều ứng dụng khác nhau, từ việc xác định giá trị thương mại của gỗ đến việc giám sát chu trình các bon rừng. Để giám sát chu trình các bon, việc ước lượng sinh khối trên mặt đất một cách chính xác nhằm dự báo lượng tăng trưởng hay giảm sút các bon lưu trữ của rừng là rất quan trọng. Trữ lượng các bon được suy ra từ sinh khối trên mặt đất với tỷ lệ chuyển đổi phổ biến là 50% sinh khối (Hans Fredrik Hoen và Birger Solberg, 1994; Guillermo Sarmiento *et al.*, 2005). Phương pháp ước lượng sinh khối chính xác nhất là chặt hạ cây và cân sinh khối các bộ phận của chúng. Phương pháp này phá hoại đối tượng nghiên cứu và rất tốn kém cho nên người ta phải tìm kiếm phương pháp khác như xây dựng phương trình tương quan và viễn thám. Xác định tăng trưởng sinh khối phần trên mặt đất đã được thực hiện khá rộng rãi trên thế giới cho nhiều hệ sinh thái rừng khác nhau. Các tác giả đều dựa vào mô hình toán học xây dựng mối tương quan giữa $D_{1,3}$ và sinh khối (Ruth E Sherman *et al.*, 2003; Maki Fukushima *et al.*, 2008), trên cơ sở đó căn cứ vào tăng trưởng hàng năm về $D_{1,3}$ để xác định ra tăng trưởng về sinh khối (kg/ha/năm).

Các phương trình tương quan được phát triển dựa trên một số cây chặt hạ dùng để ước lượng sinh khối cây thông qua một số biến điều tra như đường kính ngang ngực và chiều cao thân cây. Rất nhiều hàm tương quan sinh khối đã được phát triển cho rừng mưa nhiệt đới (Sandra Brown, 1997; Bruce W Nelson *et al.*, 1999; Jeffrey Q Chambers *et al.*, 2001; Jérôme Chave *et al.*, 2001; Michael Keller *et al.*, 2001). Các mô hình tương quan thường được lựa chọn để ước lượng sinh khối cây cá thể là phương trình đa thức hoặc phương trình mũ có dạng $f(V) = aV^b$ và các dạng phối hợp của chúng. Phương trình đa thức có nhược điểm là hình dạng đồ thị của nó không phù hợp với quá trình sinh học (thường có một điểm cực

đại trong phạm vi biên động của V). Dạng phương trình mũ cho thấy thích hợp rộng rãi hơn cho các quá trình sinh học (Julian Huxley *et al.*, 1932) và có những giải thích phù hợp hơn với quá trình sinh học. Điều quan trọng cần phải nhấn mạnh là các phương trình tương quan được lựa chọn là do nó phù hợp với số liệu. Causton và Venus (1981) đã chỉ ra rằng tương quan hàm mũ không có khả năng thích hợp cho tất cả các bộ phận của thực vật và cho tất cả các kích thước cây. Các tham số ước lượng sinh khối được sử dụng là $D_{1,3}$ và H. Nhiều tác giả nhận thấy rằng việc đưa thêm tham số H vào mô hình chỉ cải thiện không đáng kể sai số của mô hình được xây dựng cho một lập địa cụ thể. Điều này có thể hiểu được do giữa H và $D_{1,3}$ có một tương quan thường rất chặt trong cùng một lập địa. Nikat (1994) nhận thấy tương quan $H = 1,7D_{1,3}^{0,535}$ (khi H đo bằng m và $D_{1,3}$ đo bằng cm); chuyển cùng một đơn vị đo bằng m phương trình trở thành $H = 20,6D_{1,3}^{0,535}$. Nếu $D_{1,3}$ và H trong cùng một điều kiện môi trường có tương quan $H = kD_{1,3}^c$ thì phương trình AGB = $aD_{1,3}^bH$ có thể viết thành $AGB = akD_{1,3}^{b+bc}$.

Các phương trình tương quan để ước lượng sinh khối trên mặt đất đã được phát triển cho một số kiểu rừng ở vùng nhiệt đới trên toàn thế giới. Tuy nhiên, số liệu sử dụng còn hạn chế và trong nhiều trường hợp không đủ đại diện cho tất cả các kiểu rừng ở nhiệt đới bao gồm cả Việt Nam. Hơn nữa chúng chưa được đánh giá về độ chính xác và độ tin cậy. Do đó khả năng áp dụng cho Việt Nam vẫn chưa rõ ràng. Chính vì vậy, dưới sự tài trợ của chương trình UN - REDD Việt Nam, một loạt các phương trình tương quan sinh khối đã được xây dựng cho ba kiểu rừng (lá rộng thường xanh, rụng lá và Tre nửa) ở các vùng sinh thái ở Việt Nam.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích xác định khả năng tích lũy hàng năm (tăng trưởng) sinh khối trên mặt đất của hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh ở khu vực Kon Hà Nừng.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Sáu ô tiêu chuẩn (ÔTC) nghiên cứu được thiết lập tại rừng thứ sinh lá rộng thường xanh tại khu thực nghiệm Kon Hà Nừng. Khu vực nghiên cứu có tọa độ địa lý: Từ 180°17'45" đến 180°44'10" kinh độ Đông và từ 14°00'00" đến 14°36'23". Khu vực nghiên cứu có độ cao địa hình trung bình 900 - 1.000 m, nhiệt độ bình quân khu vực nghiên cứu 23,6°C, thấp nhất vào tháng 1 (13,6°C) và cao nhất vào tháng 6 (29,6°C), lượng mưa trung bình năm đạt 2.042 mm, độ ẩm không khí bình quân năm là 82%.

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

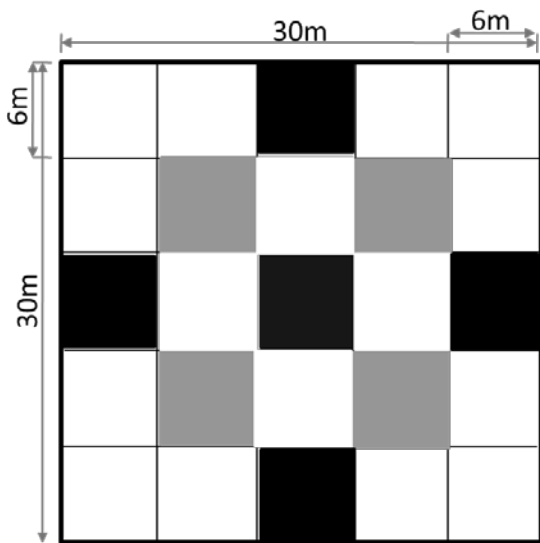
2.2.1. Phương pháp kế thừa

Kế thừa số liệu thu thập từ 10 ô tiêu chuẩn định vị thiết lập từ năm 2004 của đề tài: “Nghiên cứu ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ

thuật (TBKHKT) và các giải pháp nhằm xây dựng mô hình quản lý rừng tự nhiên bền vững ở Tây Nguyên.” (Trần Văn Con *et al.*, 2006) và tiếp tục theo dõi đến 2015 trong hai pha (2006 - 2010 pha I; 2011 - 2015 pha II) của đề tài trọng điểm cấp Bộ “Nghiên cứu đặc điểm lâm học của một số hệ sinh thái rừng tự nhiên chủ yếu ở Việt Nam” (Trần Văn Con *et al.*, 2010, 2015).

2.2.2. Phương pháp cụ thể

Để tiến hành bố trí các thí nghiệm thu thập số liệu cho các nội dung nghiên cứu cụ thể, tiến hành lập 6 ô tiêu chuẩn đại diện cho hai trạng thái rừng thứ sinh ít bị tác động và rừng phục hồi (3 ô/trạng thái rừng, diện tích mỗi ô là 900 m² (30 m × 30 m)). Trong mỗi ÔTC 900 m² việc bố trí thí nghiệm được thực hiện hoàn toàn giống nhau nhằm đảm bảo tính chính xác và khách quan của kết quả thu được (hình 1).



- Đo $D_{1,3}$ của toàn bộ cây có $D_{1,3} \geq 5\text{cm}$ trong ô sơ cấp 30x30m (chỉ đo lần đầu ngay sau khi lập ôtc).
- Đo $D_{1,3}$ của toàn bộ cây có $D_{1,3} < 10\text{cm}$ và $H \geq 2\text{m}$ trong 4 ô thứ cấp 6x6m có màu đen tại bốn cạnh của ô sơ cấp (chỉ đo lần đầu sau khi lập ôtc).
- Cố định Dendrometer tại vị trí $D_{1,3}$ cho toàn bộ cây có đường kính $D_{1,3} > 3\text{cm}$ trong ô trung tâm 6x6m có màu đỏ trong hình (định kỳ 4 tháng/lần đọc Dendrometer để xác định tăng trưởng $D_{1,3}$).
- Core tăng trưởng sẽ được chôn tại 4 ô thứ cấp màu vàng. 18 cores sẽ được chôn cho mỗi ô màu vàng và tổng số là 72 core cho mỗi ô sơ cấp (30x30m). 12 core tăng trưởng sẽ được thu định kỳ 4 tháng/lần.
- 4 ô màu xanh sẽ được dùng để chôn hộp kính (1 hộp/ô) có kích thước phù hợp với máy scan. Định kỳ 4 tháng 1 lần, máy scan và pin sẽ được mang tới hiện trường để scan ảnh rễ cây phát triển bám vào hộp kính.
- 12 ô dạng bán có kích thước 1x1m dọn sạch thực bì, cành rơi lá rụng được bố trí tại ô màu xanh để xác định sinh khối chết tích lũy hàng năm trên mặt đất. Định kỳ 4 tháng/lần, cành rơi lá rụng vào ô cũng sẽ được thu (do người dân có thể làm ảnh hưởng đến túi hứng cành rơi lá rụng do đó không dùng phương pháp túi hứng).
- Xác định tăng trưởng đường kính rễ hàng năm cũng được bố trí tại 4 ô thứ cấp màu xanh theo phương pháp dùng Dendrometer như đối với $D_{1,3}$. Số liệu cũng được thu định kỳ 4 tháng/lần.
- Xác định hô hấp vi sinh vật đất được tiến hành tại 4 vị trí trong 4 ô thứ cấp màu đen. Bên cạnh đó phương pháp túi phân hủy để xác định hô hấp vi sinh vật đất cũng được bố trí tại 4 ô này.

Hình 1. Bố trí thí nghiệm và thu thập số liệu trên ÔTC sơ cấp (30 m × 30 m)

Tại mỗi địa điểm được chọn để thu thập số liệu, tiến hành lập ÔTC có diện tích 900 m² (30 m × 30 m). Các ÔTC sơ cấp này được chia ra làm 25 ô thứ cấp, diện tích 36 m² (6 m × 6 m) như trong hình 1.

* *Đối với tầng cây cao*: Xác định tên cây, đo chu vi để xác định đường kính tại vị trí 1,3 m

chiều cao thân cây ($D_{1,3}$) của tất cả các cây có $D_{1,3} \geq 5$ cm ở trong ô và ghi riêng cho từng ô thứ cấp. Ngoài ra, sử dụng Dendrometer (thước đo vành có gắn lò xo) để đo tăng trưởng đường kính của 5 cây/loài ở các cấp kính khác nhau (hình 2).



Hình 2. Đo đường kính bằng thước Dendrometer

* *Đối với vật rơi rụng*: Tiến hành lập 12 ô dạng bản có kích thước 1 m × 1 m được bố trí trên hai đường chéo và 4 cạnh của ÔTC sơ cấp trên bề mặt nền rừng. Loại bỏ toàn bộ vật rơi rụng hiện có trong ô. Sau khi thu vật rơi rụng ngoài hiện trường, mẫu được phơi khô và sấy bằng tủ sấy ở nhiệt độ 80°C đến khối lượng không đổi và đem cân xác định khối lượng.

* *Phương pháp lựa chọn phương trình tương quan giữa sinh khối và $D_{1,3}$* :

Sử dụng số liệu sinh khối từ 36 cây mẫu (kế thừa từ đề tài “Nghiên cứu các đặc điểm lâm học (diễn thế, cấu trúc, tổ thành, tái sinh, tăng trưởng, khí hậu thủy văn, đất,...) của một số hệ

sinh thái rừng (HSTR) tự nhiên chủ yếu ở Việt Nam”), để thử nghiệm một số phương trình tương quan đã được phát triển cho rừng lá rộng thường xanh và lựa chọn hàm thích hợp nhất, đó là hàm có sai số nhỏ nhất và độ tin cậy cao nhất. Sai số tương đối của phương trình ước lượng sinh khối cây cá lẻ được tính bằng công thức:

$$\Delta\% = 100 \frac{(Bi - Bi')}{Bi} \quad (1)$$

Trong đó:

$\Delta\%$: sai số tương đối của phương trình;
 Bi : sinh khối trên mặt đất của cây đo đếm,
 Bi' : sinh khối trên mặt đất ước lượng bằng phương trình.

Sai số $\Delta\%$ có thể mang dấu + hoặc dấu -; thống kê các cây kiểm tra có sai số dương + và âm -; nếu phương trình chỉ có sai số một dấu thì phương trình mang sai số hệ thống, nếu số cây kiểm tra có sai số dương và âm tương đương nhau thì phương trình có sai số ngẫu nhiên. Hiện nay, chưa có quy định tỷ lệ sai số âm, dương thế nào thì được coi là phương trình có sai số hệ thống. Trong nghiên cứu này tạm thời quy định số cây kiểm tra có sai số mang một loại dấu chiếm từ 60% trở lên thì gọi là có sai số hệ thống.

Nếu sinh khối của cây cá thể được ước lượng bằng hàm tương quan $f(X_i)$ với sai tiêu chuẩn là ϵ , Ví dụ nếu chọn phương trình tương quan sinh khối là

$AGB = aD_{1,3}^b$, phương trình sinh khối có thể viết:

$$AGB_i = \mu_i + \epsilon_i \text{ với } \mu_i = aD_{1,3i}^b \text{ và } var(\epsilon_i) = \phi\mu_i^2$$

Trong đó AGB_i là sinh khối trên mặt đất của cây, μ_i là sinh khối bình quân của tất cả các cây có đường kính $D_{1,3i}$, a và b là các tham số cần ước lượng. ϕ là tham số về độ phân tán (cũng cần được ước lượng). Phương trình trên có dạng tuyến tính hóa khái quát và các tham số a, b và ϕ có thể ước lượng bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất.

2.3. Phương pháp phân tích, xử lý số liệu

Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất (ΔM) được xác định theo công thức

$$\Delta M = M_i - M_j \tag{2}$$

Trong đó:

M_i - là sinh khối được đo ở lần đầu tiên;

M_j - là thứ sinh khối ở lần đo sau.

M là sinh khối trên mặt đất ở trạng thái khô tuyệt đối, tính bằng tấn theo công thức tương quan thích hợp được lựa chọn.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu bổ sung các đặc điểm cơ bản của rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng

3.1.1. Đặc điểm các lâm phần từ 10 ô tiêu chuẩn kế thừa

Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh ở khu vực nghiên cứu được tổng hợp từ 10 ô tiêu chuẩn định vị cho thấy, đối với cây có $D_{1,3} \geq 10$ cm, số loài biến động từ 50 đến trên dưới 100 loài và tỷ số hỗn loài từ 1/5 đến 1/13 (tức là cứ từ 5 đến 13 cây cá thể là có một loài. Hệ số Shannon - Wiener (H') biến động không lớn giữa các ÔTC cho thấy cấu trúc thực vật ở khu vực nghiên cứu tương đối đồng nhất. Số loài chiếm ưu thế ($IV \geq 5\%$) tham gia chính vào công thức tổ thành biến động từ 2 - 9 loài; đó chủ yếu là các loài Trâm, Dẻ, Giổi, Xoay, Cóc đá, Kháo... hình thành các ưu hợp chủ yếu sau:

- Trâm + Nhọc + Dẻ + Gội tẻ + Chôm chôm
- Trâm + Xoay + Kháo
- Trâm + Dẻ + Gội nếp + Du
- Dẻ + Giổi + Trâm + Du + Kháo
- Trâm + Dẻ + Giổi
- Giổi + Trâm + Cóc đá + Sến
- Dẻ + Re + Trâm + Giổi + Du
- Trâm + Dẻ + Kháo + Cóc đá

Mật độ các cây có $D_{1,3} \geq 10$ cm dao động từ 397 - 648 cây/ha đạt bình quân 528 ± 89 cây/ha, số cây này phân bố giảm dần theo cỡ kính (Bảng 1).

Đường kính bình quân của các ô tiêu chuẩn không có sự khác biệt lớn, biến thiên trong khoảng 21,6 - 26,1 cm, đạt trung bình $23,8 \pm 1,5$ cm. Tăng trưởng bình quân về đường kính đạt $0,14 \pm 0,1$ cm/năm. Trữ lượng rừng biến động từ 311 - 647 m^3 /ha tất cả thuộc loại rừng giàu và rất giàu (Bảng 1).

Bảng 1. Một số chỉ tiêu cơ bản của 10 ô định vị

OTC	N (cây/ha)	D _{1,3} (cm)	ZD (cm/n)	G (m ² /ha)	Zg (m ² /ha/n)
KHN1	397	24,5	0,04	24,7	0,16
KHN2	558	25,6	0,22	40,86	0,51
KHN3	434	24,2	0,16	26,28	0,62
KHN4	483	22,5	0,12	25,89	0,56
KHN5	648	21,6	0,2	32,11	0,46
KHN6	432	26,1	0	33,6	0,65
KHN7	626	23,1	0,16	34,41	0,78
KHN8	529	24,8	0,14	39,18	0,74
KHN9	557	23,3	0,22	34,7	0,77
KHN10	616	22,5	0,14	32,83	0,57
Trung bình	528	23,82	0,14	32,46	0,58
Sai số	88,6	1,5	0,1	5,5	0,2

3.1.2. Đặc điểm của rừng ở các ô thí nghiệm

Rừng ở khu vực nghiên cứu đã được khai thác chọn từ những năm 1980 và đã phục hồi khá tốt. Đây là khu rừng nghiên cứu thực nghiệm được bảo vệ khá tốt và ít bị tác động sau khi đóng cửa rừng, những diện tích rừng đang phục hồi chiếm tỷ lệ không nhiều trong khu

vực. Mật độ cây gỗ có $D_{1,3} \geq 5$ cm khoảng 678 cây/ha ở rừng ít bị tác động và 878 cây/ha ở rừng phục hồi. Sự khác nhau về mật độ cây giữa 2 trạng thái là rõ rệt về mặt thống kê. Đường kính bình quân và tổng tiết diện ngang của hai trạng thái không có sự khác nhau rõ ràng (Bảng 2).

Bảng 2. Đặc điểm lâm phần của khu rừng nghiên cứu tại Tây Nguyên

Chỉ tiêu	Trạng thái rừng	
	Rừng ít bị tác động	Rừng phục hồi
Mật độ (cây/ha)	678 ± 32 ^a	878 ± 41 ^b
D _{1,3} trung bình (cm)	20,1 ± 2,1 ^a	16,1 ± 1,7 ^b
D _{1,3} max (cm)	83,8 ^a	81,5 ^a
Tiết diện ngang (m ² /ha)	36,2 ± 2,1 ^a	33,6 ± 1,9 ^a

Ghi chú: ^{a, b} chữ khác nhau trong cùng 1 hàng chỉ sự khác nhau của 2 giá trị theo tiêu chuẩn t - test.

3.2. Lựa chọn mô hình tương quan để ước lượng sinh khối trên mặt đất

Số liệu tổng hợp từ 36 cây mẫu:

Bảng 3. Số liệu sinh khối của các cây mẫu

Đơn vị: kg/cây

TT	Loài	D (cm)	H (m)	Sinh khối (kg/cây)				
				Tổng	Thân	Cành	Lá	WD
1	Châm chim	48,0	24,0	1429,9	1081,0	314,5	34,4	0,405
2	Chẹo tía	46,0	24,0	1214,6	918,2	267,2	29,2	0,357
3	Choại	24,0	16,0	240,4	194,6	37,5	8,3	0,394

TT	Loài	D (cm)	H (m)	Sinh khối (kg/cây)				
				Tổng	Thân	Cành	Lá	WD
4	Cò ke	32,0	18,0	689,7	558,6	107,5	23,6	0,730
5	Cóc đá	76,0	28,0	5832,5	4152,6	1539,6	140,3	0,641
6	Cóc đá	54,0	26,0	2435,8	1841,4	535,8	58,6	0,641
7	Dẻ cau	52,0	25,0	2043,2	1544,6	449,5	49,1	0,554
8	Nanh chuột	12,0	10,0	44,2	33,5	7,0	3,7	0,467
9	Sòi tía	11,0	10,0	32,1	24,3	5,1	2,7	0,377
10	Dung lụ	31,0	18,0	558,4	452,2	87,1	19,1	0,580
11	Giổi nhung	62,0	26,5	3011,1	2143,9	794,4	72,8	0,491
12	Giổi xanh	56,0	25,0	2420,0	1723,0	638,8	58,2	0,533
13	Hoắc quang	34,0	19,5	685,4	555,1	106,8	23,5	0,547
14	Kháo xanh	41,0	22,0	1036,1	783,2	227,4	25,5	0,481
15	Ngát	52,0	25,0	1822,2	1377,5	400,8	43,9	0,440
16	Ràng ràng	26,0	16,5	327,2	265,0	51,1	11,1	0,492
17	Dung giấy	27,0	17,5	381,8	309,2	59,4	13,2	0,551
18	Trâm trắng	33,0	19,0	630,2	510,4	93,3	26,5	0,539
19	Vạng trứng	46,0	24,0	1199,0	906,4	263,7	28,9	0,346
20	Xoan đào	54,0	25,5	2098,5	1586,4	461,6	50,5	0,483
21	Xoay	76,0	28,5	5438,9	3872,4	1435,8	130,7	0,564
22	Xoài rừng	31,0	19,0	390,9	316,3	60,7	13,9	0,256
23	Côm trâu	42,0	22,5	1145,8	866,2	252,0	27,6	0,520
24	Trường vải	53,0	26,0	2287,6	1729,2	503,2	55,2	0,624
25	Trâm vỏ đỏ	28,0	18,0	500,7	405,3	78,1	17,3	0,756
26	Sữa	38,0	20,0	775,9	628,4	121,0	26,5	0,392
27	Hồng rừng	34,0	20,0	685,4	555,2	106,2	24,0	0,547
28	Quế rừng	22,0	15,5	209,5	169,5	32,6	7,4	0,473
29	Re gừng	45,0	22,0	1351,9	1022,2	297,4	32,3	0,509
30	Re hương	38,0	21,5	851,6	656,4	170,3	24,9	0,479
31	Thôi chanh	26,0	17,0	282,0	228,4	43,6	10,0	0,355
32	Chẹo tía	62,0	27,5	2637,4	1877,8	696,2	63,4	0,368
33	Chò xốt	78,0	29,5	4774,2	3399,2	1260,3	114,7	0,374
34	Bình linh	16,0	12,5	102,9	78,2	16,4	8,3	0,578
35	Cò ke	28,0	17,5	490,3	397,1	76,4	16,8	0,730
36	Gội nếp	42,0	22,5	1075,0	812,7	236,5	25,8	0,457

Từ số liệu thu thập của 36 cây mẫu ở Kon Hà Nừng (bảng 3), đã xác định được tương quan giữa chiều cao và đường kính là: $H = 2,732 \cdot D_{1,3}^{0,57}$ ($R=0,992$). Như vậy $b = 2 + c = 2 + 0,57 = 2,57$. Tham số $a = WD \cdot r$. Nếu dùng số liệu thu thập ở Kon Hà Nừng $r = 0,151$ và tỷ trọng gỗ bình quân là 0,5, như vậy,

tham số a của phương trình tương quan là $a = 0,151 \cdot 0,5 = 0,0755$. Phương trình sinh khối tìm được cuối cùng là:

$$AGB = 0,0755 \cdot D_{1,3}^{2,57} \quad (R = 0,995)$$

Kiểm tra các phương trình sinh khối sau đây để lựa chọn phương trình thích hợp nhất:

Bảng 4. Các phương trình tương quan đưa vào kiểm tra độ chính xác

TT	Phương trình kiểm tra	Tác giả
1	$B = \exp(-2.134 + 2.530 \cdot \ln(D_{1,3}))$	(Sandra Brown, 1997)
2	$B = 0,2626 \times D_{1,3}^{2,3955}$	(Bảo Huy, 2009)
3	$B = \exp(-2.23927 + 2.49596 \cdot \ln(D_{1,3}))$	(Bảo Huy, 2013)
4	$B = 0.222 \cdot D_{1,3}^{2,387}$	(Vũ Tấn Phương <i>et al.</i> , 2012)
5	$B = \exp(-2.74348 + 0.693879 \cdot \ln(H \cdot D_{1,3}^2) + 0.367445 \cdot \ln(WD \cdot D_{1,3}^2))$	(Bảo Huy, 2013)
6	$B = 0.098 \cdot \exp(2.08 \cdot \ln(D_{1,3}) + 0.71 \cdot \ln(H) + 1.12 \cdot \ln(WD))$	(Vũ Tấn Phương <i>et al.</i> , 2012)
7	$B = WD \cdot \exp[-1,499 + 2,148 \ln(D_{1,3}) + 0,207(\ln(D_{1,3}))^2 - 0,0281(\ln(D_{1,3}))^3]$	(Jerome Chave <i>et al.</i> , 2005)
8	$B = 0,0755 \cdot D_{1,3}^{2,57}$	Nghiên cứu này

Số liệu sinh khối thu thập từ 36 cây mẫu trong các ô tiêu chuẩn ở vùng nghiên cứu (bảng 3) để kiểm tra 8 phương trình tương quan được sử dụng tương đối phổ biến nhằm chọn được

phương trình thích hợp nhất (có sai số nhỏ nhất). Sai số của phương trình được tính theo công thức (1) ở phần phương pháp.

Bảng 5. Kết quả kiểm tra các phương trình tương quan sinh khối

TT	Phương trình	Chỉ tiêu				
		Sai số +	Sai số -	Sai số TB	Sai số tối thiểu	Sai số tối đa
1	$B = \exp(-2.134 + 2.530 \cdot \ln(D_{1,3}))$	0	36	-36,8	8,4	79,6
2	$B = 0,2626 \times D_{1,3}^{2,3955}$	7	29	-8,9	0,1	43,8
3	$B = \exp(-2.23927 + 2.49596 \cdot \ln(D_{1,3}))$	0	36	-9,0	0,2	44,0
4	$B = 0.222 \cdot D_{1,3}^{2,387}$	3	33	-53,5	17,5	111,7
5	$B = \exp(-2.74348 + 0.693879 \cdot \ln(H \cdot D_{1,3}^2) + 0.367445 \cdot \ln(WD \cdot D_{1,3}^2))$	32	4	-5,8	0,5	16,3
6	$B = 0.098 \cdot \exp(2.08 \cdot \ln(D_{1,3}) + 0.71 \cdot \ln(H) + 1.12 \cdot \ln(WD))$	9	27	-105,0	31,0	163,6
7	$B = WD \cdot \exp[-1,499 + 2,148 \ln(D_{1,3}) + 0,207(\ln(D_{1,3}))^2 - 0,0281(\ln(D_{1,3}))^3]$	1	35	-23,3	1,0	52,4
8	$B = 0,0755 \cdot D_{1,3}^{2,57}$	17	19	-0,8	0,1	31,2

Từ bảng này cho thấy phương trình 1 không có sai số dương, nghĩa là phương trình mắc sai số hệ thống (giá trị ước lượng lớn hơn giá trị thật). Giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất là 8,4% và lớn nhất là 79,8% với sai số trung bình đạt - 36,8%. Phương trình 2 có 7 sai số dương và 29 sai số âm, sai số trung bình là - 8,9%, sai số tuyệt đối nhỏ nhất 0,1% và lớn nhất là 43,8%. Phương trình 3 cũng tương tự phương trình 1 không có sai số dương, mắc sai số hệ thống ước lượng sinh khối cao hơn so với thực tế. Phương trình 4 có 3 sai số dương và 33 sai số âm ước lượng sinh khối cao hơn so với giá trị thực trung bình là 53,5%, giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất là 17,5% và lớn nhất là 111,7%. Phương trình 5 có sai số bình quân là - 5,8%, giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất chỉ 0,5% và lớn nhất 16,3%. Phương trình 6 có sai số trung bình lớn nhất (- 105%), giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ nhất là 31% và lớn nhất là 163,6%. Phương trình 7 có sai số bình quân là - 23,3%, giá trị tuyệt đối của sai số nhỏ

nhất là 1% và lớn nhất là 52,4%. Phương trình 8 có sai số dương và âm tương đối cân bằng (17 và 19) sai số bình quân là - 0,8%, giá trị tuyệt đối nhỏ nhất của sai số là 0,1 và lớn nhất là 31,2.

Như vậy, phương trình 8: $B = 0,0755 \cdot D_{1,3}^{2,57}$ được xây dựng từ các kết quả của nghiên cứu có sai số nhỏ nhất và không phạm sai số hệ thống. Do đó, phương trình này để ước lượng sinh khối trên mặt đất.

3.3. Khả năng tăng trưởng sinh khối trên mặt đất của rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng

3.3.1. Sinh khối ước lượng từ các ô tiêu chuẩn định vị

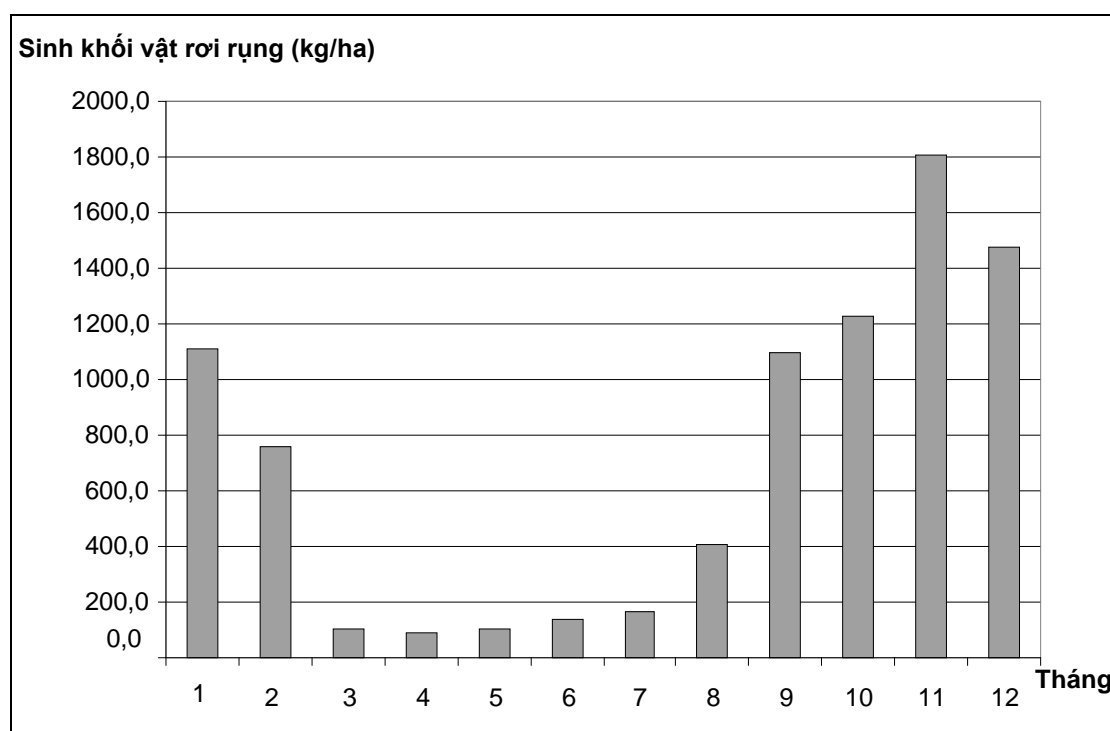
Sinh khối khô trên mặt đất của các ô tiêu chuẩn định vị ở Kon Hà Nừng được ước lượng bằng phương trình tương quan $B = 0,0755 \cdot D_{1,3}^{2,57}$. Kết quả tính toán cho 10 ô tiêu chuẩn định vị được tổng hợp ở bảng 6.

Bảng 6. Sinh khối và tăng trưởng sinh khối trên mặt đất của 10 ô định vị

ÔTC	N (cây/ha)		D _{1,3} tb (cm)		G (m ² /ha)		B (tấn/ha)		ΔB (tấn/ha/năm)
	2012	2017	2012	2017	2012	2017	2012	2017	
1	397	410	24,5	24,7	24,70	25,50	196,54	197,79	0,250
2	558	550	25,6	26,7	40,86	43,40	354,73	384,70	5,994
3	434	453	24,2	25,0	26,28	29,40	202,46	231,85	5,878
4	483	510	22,5	23,1	25,89	28,68	198,30	221,32	4,604
5	648	640	21,6	22,6	32,11	34,42	241,66	264,68	4,604
6	432	465	26,1	26,1	33,60	36,87	301,76	334,70	6,588
7	626	643	23,1	23,9	34,41	38,30	259,87	296,68	7,362
8	529	541	24,8	25,5	39,18	42,87	363,71	405,22	8,302
9	557	563	23,3	24,4	34,70	38,55	301,34	342,27	8,186
10	616	614	22,5	23,2	32,83	35,70	254,55	284,94	6,078
TB	528	539	23,8	24,5	32,5	35,4	267,5	296,4	5,800
STD	89	80	1,5	1,3	5,5	6,0	61,6	69,8	2,300

Bảng 6 cho thấy tăng trưởng sinh khối trên mặt đất biến thiên từ 0,25 đến 8,3 tấn/ha/năm, đạt trung bình $5,8 \pm 2,3$ tấn/ha/năm.

Sinh khối vật rơi rụng của các ô tiêu chuẩn định vị đạt bình quân $8,5 \pm 1,2$ tấn/ha/năm, tập trung chủ yếu vào các tháng 10, 11 và 12 (hình 3).



Hình 3. Phân bố sinh khối vật rơi rụng tại các ô tiêu chuẩn định vị theo tháng trong năm

3.3.2. Sinh khối trên mặt đất tính từ kết quả thí nghiệm

a) Sinh khối vật rơi rụng (sinh khối chết)

Sinh khối vật rơi rụng của 6 ô tiêu chuẩn của 2 trạng thái rừng được tổng hợp ở bảng 7 cho

thấy, sinh khối vật rơi rụng ở rừng phục hồi cao hơn của rừng ít bị tác động. Lượng vật rơi rụng trung bình đạt 1,64 g/m²/ngày (tương đương với 6,02 tấn/ha/năm) đối với rừng ít bị tác động và 2,26 g/m²/ngày (tương đương với 8,25 tấn/ha/năm) đối với rừng phục hồi.

Bảng 7. Sinh khối vật rơi rụng ở hai trạng thái rừng

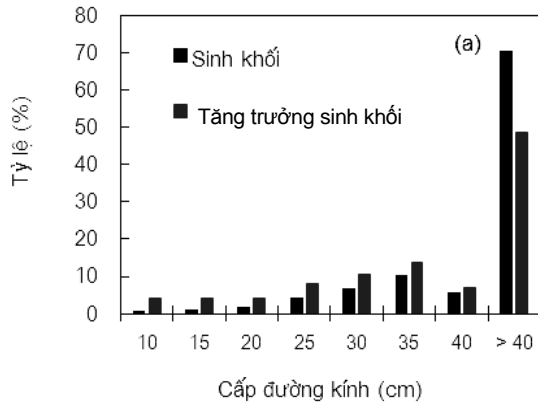
ÔTC	Rừng ít bị tác động	ÔTC	Rừng phục hồi
1	1,75	4	2,01
2	1,42	5	2,42
3	1,74	6	2,36
Trung bình	1,64	Trung bình	2,26
Sai tiêu chuẩn	0,19	Sai tiêu chuẩn	0,22

b) Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất

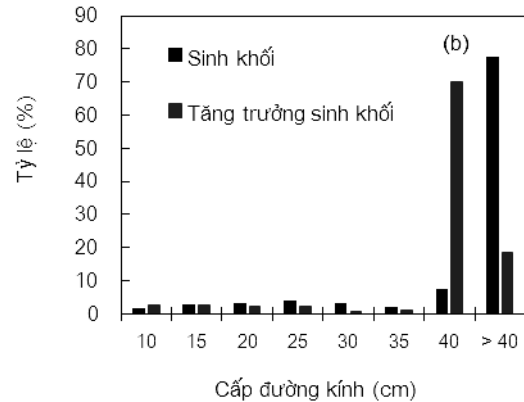
Cấp đường kính lớn có vai trò lớn hơn đối với sinh trưởng sinh khối ở cả hai đối tượng rừng nghiên cứu. Trong rừng ít bị tác động, tất cả các cây có $D_{1,3} \leq 30$ cm đóng góp 14% tổng sinh khối trên mặt đất và 30,8% tăng trưởng sinh khối (hình 4). Trong khi đó tại rừng phục hồi, tất cả các cây có $D_{1,3} \leq 30$ cm đóng góp

13,3% tổng sinh khối trên mặt đất và 10,7% tăng trưởng sinh khối (hình 5).

Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất của rừng ít bị tác động đạt 6,6 tấn/ha/năm, cao hơn đối với rừng phục hồi đạt 6,5 tấn/ha/năm và cao hơn bình quân của các ô tiêu chuẩn định vị (5,8 tấn/ha/năm).



Hình 4. Sinh khối và tăng trưởng sinh khối của trạng thái RiBTD ở Tây Nguyên



Hình 5. Sinh khối và tăng trưởng sinh khối của trạng thái RPH ở Tây Nguyên

c) Tổng sinh khối trên mặt đất

Tổng sinh khối quang hợp trên mặt đất của rừng lá rộng thường xanh ở Kon Hà Nừng được tổng hợp ở bảng 8 cho thấy, tăng trưởng sinh khối trên mặt đất biến thiên từ 12,6 đến

14,8 tấn/ha/năm, cao nhất ở rừng phục hồi và thấp nhất ở rừng ít bị tác động, trong đó tỷ lệ sinh khối sống chiếm từ 40,6 đến 52,3% và sinh khối vật rơi rụng chiếm từ 47,7 đến 59,4%.

Bảng 8. Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất của rừng Kon Hà Nừng

	Vật rơi rụng	Sinh khối sống	Tổng trên mặt đất
Rừng ít bị tác động			
Sinh khối (tấn/ha/năm)	6,02±0,66	6,6	12,62
Các bon (tấn/ha/năm)	3,01	3,3	6,31
Tỷ lệ (%)	47,7	52,3	
Rừng phục hồi			
Sinh khối (tấn/ha/năm)	8,25±0,88	6,5	14,8
Các bon (tấn/ha/năm)	4,12	3,2	7,4
Tỷ lệ (%)	55,7	43,3	

IV. KẾT LUẬN

- Mật độ cây gỗ có $D_{1,3} \geq 5$ cm khoảng 678 cây/ha ở rừng ít bị tác động và 878 cây/ha ở rừng phục hồi.

- Phương trình: $B = 0,0755 * D_{1,3}^{2,57}$ được xây dựng từ các kết quả nghiên cứu có sai số nhỏ nhất và không phạm sai số hệ thống.

- Tăng trưởng sinh khối trên mặt đất biến thiên từ 12,6 đến 14,8 tấn/ha/năm, cao nhất ở rừng phục hồi và thấp nhất ở rừng ít bị tác động, trong đó tỷ lệ sinh khối sống chiếm từ 40,6 đến 52,3% và sinh khối vật rơi rụng chiếm từ 47,7 đến 59,4%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Con, 2006. Nghiên cứu ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật (TBKHKT) và các giải pháp nhằm xây dựng mô hình quản lý rừng tự nhiên bền vững ở Tây Nguyên. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp Bộ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.

2. Trần Văn Con, 2010. Nghiên cứu đặc điểm lâm học của một số hệ sinh thái rừng tự nhiên chủ yếu ở Việt Nam (Pha I: 2006 - 2010). Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp Bộ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
3. Trần Văn Con, 2015. Nghiên cứu đặc điểm lâm học của một số hệ sinh thái rừng tự nhiên chủ yếu ở Việt Nam (Pha II: 2011 - 2015). Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp Bộ, Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam, Hà Nội.
4. Trần Văn Đô, 2016. Nghiên cứu ứng dụng các phương pháp tiên tiến trong đánh giá tiềm năng tích lũy sinh khối của một số hệ sinh thái rừng chính tại Việt Nam Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu Nafosted, Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia, Hà Nội.
5. Bảo Huy, 2009. Phương pháp nghiên cứu ước tính trữ lượng các bon của rừng tự nhiên làm cơ sở tính toán lượng CO₂ phát thải từ suy thoái và mất rừng ở Việt Nam. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 130 85 - 91.
6. Bảo Huy, 2013. Mô hình sinh trắc và viễn thám - GIS để xác định CO₂ hấp thụ của rừng lá rộng thường xanh vùng Tây Nguyên. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội. 68 trang.
7. Vũ Tấn Phương, Nguyễn Việt Xuân, Đặng Thịnh Triều, Phùng Đình Trung, Nguyễn Xuân Giáp và Phạm Ngọc Thanh, 2012. Tree allometric equations in evergreen broadleaf, deciduous and bamboo forests in the Central Highland region Vietnam. UN - REDD Program Vietnam, Part B - 6, Hà Nội.
8. Bruce W Nelson, Rita Mesquita, Jorge LG Pereira, Silas Garcia Aquino De Souza, Getulio Teixeira Batista và Luciana Bovino Couto, 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management*, 117 (1 - 3): 149 - 167.
9. David R Causton và Jill C Venus, 1981. *The biometry of plant growth*. Edward Arnold. trang.
10. Guillermo Sarmiento, Marcela Pinillos và Irene Garay, 2005. Biomass variability in tropical American lowland rainforests. *Ecotropicos*, 18 (1): 1 - 20.
11. Jeffrey Q Chambers, Joaquim dos Santos, Ralfh J Ribeiro và Niro Higuchi, 2001. Tree damage, allometric relationships, and above - ground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, 152 (1 - 3): 73 - 84.
12. Jerome Chave, Christophe Andalo, S Brown, Michael A Cairns, JQ Chambers, D Eamus, H Fölster, François Fromard, Niro Higuchi và T Kira, 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145 (1): 87 - 99.
13. Jérôme Chave, Bernard Riéra và Marc - A Dubois, 2001. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *Journal of tropical ecology*, 17 (1): 79 - 96.
14. Julian Huxley, Richard E Strauss và Frederick B Churchill, 1932. *Problems of relative growth*.
15. Karl J Niklas, 1994. *Plant allometry: the scaling of form and process*. University of Chicago Press. trang.
16. Maki Fukushima, Mamoru Kanzaki, Masatoshi Hara, Tatsuhiko Ohkubo, Pornchai Preechapanya và Chalathon Choocharoen, 2008. Secondary forest succession after the cessation of swidden cultivation in the montane forest area in Northern Thailand. *Forest Ecology and Management*, 255 (5 - 6): 1994 - 2006.
17. Michael Keller, Michael Palace và George Hurtt, 2001. Biomass estimation in the Tapajos National Forest, Brazil: examination of sampling and allometric uncertainties. *Forest Ecology and Management*, 154 (3): 371 - 382.
18. Hans Fredrik Hoen và Birger Solberg, 1994. Potential and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomass through silvicultural management. *Forest Science*, 40 (3): 429 - 451.
19. Ruth E Sherman, Timothy J Fahey và Pedro Martinez, 2003. Spatial patterns of biomass and aboveground net primary productivity in a mangrove ecosystem in the Dominican Republic. *Ecosystems*, 6 (4): 384 - 398.
20. Sandra Brown, 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: A Primer*. trang.

Email tác giả chính: tranhoangquysri@gmail.com

Ngày nhận bài: 21/12/2018

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 29/03/2019

Ngày duyệt đăng: 01/04/2019