

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA PHÂN BÓN ĐẾN SINH KHỐI RỄ CÁM RỪNG TRỒNG KEO TẠI TƯỢNG (*Acacia mangium* Willd) TẠI QUẢNG NINH

Nguyễn Toàn Thắng¹, Trần Văn Đô¹, Vũ Tiến Lâm¹, Phùng Đình Trung², Nguyễn Hữu
Thịnh¹, Trần Hoàng Quý¹, Đào Trung Đức¹, Nguyễn Trọng Minh³, Võ Đại Nguyên¹

¹Viện Nghiên cứu Lâm sinh

²Công ty TNHH Tư vấn & Phát triển Đồng Xanh

³Trường Đại học Lâm nghiệp

Từ khóa: Cân bằng
năng lượng, rễ cám,
bón phân, rừng trồng
Keo tai tượng, sinh
khối sản sinh.

Keywords: *Acacia*
mangium plantation,
fertilization, fine root,
mass-balanced model,
production.

TÓM TẮT

Rễ cây rừng có đường kính ≤ 2 mm được gọi là rễ cám, có vai trò hút nước và chất dinh dưỡng cung cấp cho cây. Rễ cám đóng vai trò quan trọng đối với chu trình carbon và dinh dưỡng trong hệ sinh thái rừng. Kết quả nghiên cứu rừng trồng Keo tai tượng 2 năm tuổi tại Quảng Ninh cho thấy, phân bón làm tăng tổng sinh khối sản sinh của rễ cám, tuy nhiên, chưa có ảnh hưởng rõ rệt đến tỷ lệ phân hủy của rễ cám chết. Tổng sinh khối rễ cám sản sinh tại công thức đối chứng (ĐC/không bón phân) đạt 707,86 (g/m².năm), tăng lên 972,86 (g/m².năm) tại công thức bón 400 g P₂O₅ (16,5%) + 100 g K₂O (60%)/cây (CT400) và 1.252,88 (g/m².năm) tại công thức bón 600 g P₂O₅ + 100 g K₂O/cây (CT600). Trong mùa sinh trưởng của Keo tai tượng khu vực nghiên cứu tại Quảng Ninh, sinh khối sản sinh rễ cám đạt 60,2% tổng sinh khối cả năm tại ĐC, 61,9% tại CT400 và CT600 chỉ đạt 52,4%. Kết quả cho thấy bón phân đóng vai trò quan trọng đến chu trình carbon rừng trồng, tăng khả năng hấp thụ carbon trong đất của rừng trồng, góp phần giảm thiểu khí hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu.

Effect of fertilization on fine root production in an *Acacia mangium* Willd plantation in Quang Ninh province

Roots (diameter ≤ 2 mm) of forest trees are known as fine roots. Such roots absorb water and nutrients to sustain tree's life and play an important role in carbon cycle and soil nutrient in forest ecosystem. Study in a 2-year-old plantation of *Acacia mangium* Willd in Quang Ninh province indicated that fertilization increases fine root production. In control (without fertilization) fine root production was 707.86 g/(m².year), increasing to 972.86 (g/m².year) in fertilizing 400 g P₂O₅ (16.5%) + 100 g K₂O (60%)/tree (CT400) and to 1,252.88 (g/m².year) in fertilizing 600 g P₂O₅ + 100 g K₂O/tree (CT600). In growing season/summer, fine root production achieved 60.2% annual fine root production in control, reducing to 61.9% in CT400 and to 52.4% in CT600. It is concluded that fertilization plays an important role in forest plantation carbon cycle, increasing carbon sequestration and soil carbon sink, contributing to reducing global warming and climate change.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Osawa và Aizawa (2012), đối với cây lâu năm, rễ có đường kính ≤ 2 mm có chức năng hút nước và chất dinh dưỡng nuôi cây, được gọi là rễ cám. Rễ cám có vòng đời ngắn từ vài tuần đến vài tháng tuổi (Vogt *et al.*, 1996), phụ thuộc chủ yếu vào loài cây và điều kiện tự nhiên như thời tiết và dinh dưỡng đất. Tại bất kỳ thời điểm nào, rễ cám mới luôn được sinh ra, rễ cám trưởng thành chết đi và bị phân hủy trả lại dinh dưỡng cho đất. Sinh khối sản sinh hằng năm của rễ cám có thể chiếm tới 50% tổng sinh khối quang hợp của hệ sinh thái rừng (Jackson *et al.*, 1997). Do vậy, xác định sinh khối sản sinh rễ cám đóng vai trò quan trọng đối với chu trình carbon của hệ sinh thái rừng. Phương pháp khoan đất (Persson, 1980; Ostonen *et al.*, 2005) đã và đang được áp dụng rộng rãi trong xác định sinh khối rễ cám, đây là phương pháp đơn giản, yêu cầu trang thiết bị không phức tạp mà vẫn đảm bảo độ chính xác.

Inagaki và đồng tác giả (2009) chỉ ra rằng bón phân có ảnh hưởng đến sinh khối sản sinh của rễ cám đối với một số loài cây rừng. Nhìn chung, bón phân làm tăng tổng sinh khối sản sinh của rễ cám do nhu cầu hút chất dinh dưỡng của cây tăng; rễ cám tỷ lệ thuận với lượng dinh dưỡng của cây hút được. Chính vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là xác định được ảnh hưởng của phân bón đến sinh khối rễ cám của rừng trồng Keo tai tượng (*Acacia mangium* Willd) 2 năm tuổi tại Quảng Ninh.

II. ĐỊA ĐIỂM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện ở rừng trồng Keo tai tượng 2 năm tuổi thuộc Trạm thực hành, thực

thực nghiệm Nông, Lâm nghiệp, trường Cao đẳng Nông Lâm Đông Bắc tại thành phố Uông Bí, tỉnh Quảng Ninh có tọa độ địa lý $21^{\circ}4'9,15''N$; $106^{\circ}48'30,82''E$. Khu vực nghiên cứu có nhiệt độ bình quân năm $22,2^{\circ}C$ và độ ẩm bình quân 81% với 4 mùa rõ rệt. Mùa Xuân từ tháng 2 đến tháng 4, mùa Hè từ tháng 5 đến tháng 8, mùa Thu từ tháng 9 đến tháng 11 và mùa Đông từ tháng 12 đến tháng 2 năm sau. Tổng lượng mưa trung bình năm 1.894 mm với tổng số 153 ngày có mưa. Hằng năm có 4 tháng mùa khô (tháng 11 đến tháng 2 năm sau) với lượng mưa trung bình mỗi tháng < 40 mm và 5 tháng mùa mưa (tháng 5 đến tháng 9) với lượng mưa trung bình mỗi tháng > 100 mm.

Địa điểm nghiên cứu nằm trên đồi thấp khá bằng phẳng, với độ dốc $< 3^{\circ}$. Độ dày tầng đất từ 70 cm đến 80 cm, với pH dao động từ 3,6 đến 3,8. Thành phần dinh dưỡng đất gồm đạm 0,18%, lân 2,2 mg $P_2O_5/100$ g đất, kali 3,5 mg $K_2O/100$ g đất và tỷ trọng đất $1,19$ g/cm³ ở tầng đất sâu từ 0 cm đến 40 cm.

Rừng được trồng vào tháng 6 năm 2016, với mật độ 1.100 cây/ha (3×3 m). Phân được bón 2 lần vào tháng 7 năm 2017 và 2018 với 2 công thức bón và 1 đối chứng. Công thức 1 (CT400) bón 400 g P_2O_5 (16,5%) + 100 g K_2O (60%)/cây và công thức 2 (CT600) bón 600 g P_2O_5 + 100 g K_2O /cây, và đối chứng (ĐC - không bón phân). Vị trí bón phân cách gốc cây 50 cm đến 70 cm.

Phương pháp xác định tổng sinh khối quang hợp rễ cám

Xác định tổng sinh khối phân hủy/PH (1), chết/Ch (2) và sản sinh/Ss (3) của rễ cám theo mô hình cân bằng sinh khối (Osawa and Aizawa, 2012), cụ thể như sau:

$$PH = -(N_j - N_i) - ((N_j - N_i) / \gamma_{ij} + N_i) * \ln(1 - \gamma_{ij}) \quad (1)$$

$$Ch = (N_j - N_i) + D \quad (2)$$

$$Ss = (B_j - B_i) + (N_j - N_i) + [-(N_j - N_i) - ((N_j - N_i) / \gamma_{ij} + N_i) * \ln(1 - \gamma_{ij})] \quad (3)$$

Trong đó: B_i và B_j là khối lượng của rễ cám sống tại 2 thời điểm t_i (thời điểm trước) và t_j (thời điểm sau); N_i và N_j là khối lượng của rễ cám chết tại 2 thời điểm t_i và t_j ; và γ_{ij} tỷ lệ phân hủy rễ cám chết trong khoảng thời gian Δ_{ij} ($t_j - t_i$). Các giá trị B_i , B_j , N_i và N_j được xác định bằng phương pháp khoan đất và γ_{ij} được xác định bằng phương pháp túi phân hủy.

Phương pháp khoan đất: Dùng ống thép có đường kính 36 cm đóng xuống đất tới độ sâu 21 cm vào 4 thời điểm (tháng 12 năm trước, 3 và 9 và tháng 12) để thu mẫu đất, mỗi thời điểm thu 25 mẫu/thí nghiệm. Vị trí đóng ống thép được chọn hệ thống trên các công thức bón phân và đối chứng; vị trí cách gốc cây từ 50 cm đến 70 cm. Rễ thu được từ các mẫu đất bằng phương pháp rửa và sàng. Rễ được phơi khô trong điều kiện tự nhiên trong phòng từ 2 ngày đến 3 ngày, tiếp theo phân loại rễ cám sống và chết dựa vào màu sắc và độ dẻo/dai của rễ. Rễ sống có màu vàng, sáng và dai; rễ chết có màu đen, mền, dễ đứt/gãy (Hishi và Takeda, 2005). Sau khi phân loại, rễ được sấy khô trong tủ sấy ở nhiệt độ 80°C cho đến khi đạt khối lượng không đổi giữa 3 lần cân < 10%.

Phương pháp túi phân hủy: Dùng loại vải đặc biệt (root-impermeable water-permeable sheet/RIWP, Toyobo Co., Osaka, Japan) có kích thước lỗ nhỏ (6 μ m) làm túi phân hủy. Mỗi túi có kích thước (10 \times 10) cm, chứa từ 0,4 g đến 0,6 g rễ cám khô. Tại thời điểm tháng 12, 20 túi rễ được chôn vào mỗi thí nghiệm. Tháng 3, 10 túi được thu và lại tiếp tục chôn 10 túi mới. Tháng 9, thu 5 túi đã chôn tháng 12 và 5 túi đã chôn tháng 3 và chôn 5 túi mới. Tháng 12 năm sau thu toàn bộ số túi còn lại. Các túi rễ được ngâm trong nước 12 giờ trước khi chôn xuống đất nhằm đảm bảo độ ẩm của rễ trong túi tương đương với độ ẩm của rễ ngoài hiện trường. Rửa sạch túi để thu số rễ còn lại trong các túi, sấy khô và xác định tỷ lệ phân hủy (γ_{ij}): $\gamma_{ij} = (\text{sinh khối ban đầu} - \text{sinh khối còn lại}) / \text{sinh khối ban đầu}$.

Xử lý và phân tích số liệu: Phân tích ANOVA một nhân tố để so sánh giữa các công thức bón phân và đối chứng cho các giá trị có liên quan với mức ý nghĩa 95%.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tỷ lệ phân hủy rễ cám

Kết quả phân tích cho thấy, tỷ lệ phân hủy rễ cám giữa các khoảng thời gian khác nhau trong năm của 3 công thức thí nghiệm có sự khác nhau rõ rệt. Tuy nhiên, không có sự khác nhau trong cùng khoảng thời gian giữa 3 công thức thí nghiệm (bảng 1).

Bảng 1. Tỷ lệ phân hủy rễ cám (% ngày⁻¹; \pm SE)

Công thức	Khoảng thời gian		
	Tháng 12-3	Tháng 3-9	Tháng 9-12
ĐC	0,93 \pm 0,03 ^a	0,77 \pm 0,01 ^b	0,68 \pm 0,01 ^c
CT400	0,89 \pm 0,02 ^a	0,75 \pm 0,01 ^b	0,65 \pm 0,01 ^c
CT600	0,90 \pm 0,02 ^a	0,76 \pm 0,02 ^b	0,66 \pm 0,01 ^c

Chú thích: Các chữ cái a, b, c khác nhau trên cùng 1 hàng chỉ sự khác nhau của giá trị trung bình theo phân tích ANOVA một nhân tố.

Tỷ lệ phân hủy rễ cám cao nhất trong khoảng thời gian từ tháng 12 năm trước đến tháng 3 năm sau và thấp nhất trong khoảng từ tháng 9 đến tháng 12. Sự khác biệt này có thể được giải thích do sự khác nhau về điều kiện tự nhiên, nhất là nhiệt độ và độ ẩm đất. Từ tháng 12 đến tháng 3 năm sau là thời gian từ giữa mùa Đông lạnh đến đầu mùa Xuân khi có mưa làm cho nhiệt độ và độ ẩm tăng lên, đã tạo điều kiện cho vi sinh vật và nấm phát triển phân hủy rễ cám làm cho tỷ lệ phân hủy cao nhất. Ngược lại, trong khoảng thời gian từ tháng 9 đến tháng 12 là thời tiết giữa mùa Đông lạnh và khô, đây là điều kiện không thuận lợi cho vi sinh vật và nấm phát triển. Bên cạnh đó, khoảng thời gian từ tháng 3 đến tháng 9 là mùa hè, trời nắng/nóng và mưa nhiều/độ ẩm cao không phù hợp cho vi sinh vật và nấm phát triển phân hủy rễ cám.

3.2. Sinh khối rễ cám sống và chết tại các thời điểm

Kết quả tổng hợp tại bảng 2 cho thấy sinh khối rễ cám sống thu được ở 3 thí nghiệm bón phân tại 4 thời điểm có sự khác nhau rõ rệt. Sự khác nhau này là không tuân theo quy luật liên quan đến lượng phân bón. Sinh khối rễ cám sống lớn nhất tại công thức ĐC vào tháng 9 với lượng rễ đạt 249,8 g/m² và thấp nhất tại công thức CT400 vào tháng 3 với lượng rễ chỉ đạt 42,1 g/m².

Bảng 2. Sinh khối rễ cám sống tại các thời điểm lấy mẫu (g/m²; ±SE)

Công thức	Tháng 12	Tháng 3	Tháng 9	Tháng 12
ĐC	84,9 ± 16,8 ^{a,b}	53,9 ± 8,8 ^a	249,8 ± 65,9 ^c	124,1 ± 27,2 ^b
CT400	82,1 ± 21,5 ^a	42,1 ± 13,1 ^b	66,7 ± 27,2 ^{a,b}	101,8 ± 36,7 ^c
CT600	99,1 ± 19,8 ^{a,b}	103,8 ± 30,9 ^a	226,7 ± 68,8 ^c	56,0 ± 14,3 ^b

Chú thích: Các chữ cái a, b, c khác nhau trên cùng 1 hàng chỉ sự khác nhau của giá trị trung bình theo phân tích ANOVA một nhân tố.

Từ số liệu bảng 3 cho thấy sinh khối rễ cám chết thu được thấp nhất tại thời điểm tháng 12, tăng dần theo thời gian và đạt cao nhất tại điểm tháng 12 năm sau. So sánh giữa 3 thí nghiệm bón phân tại cả 4 thời điểm thu rễ cũng cho thấy có sự khác nhau. Lượng phân bón chưa có ảnh hưởng rõ rệt và tuân theo quy luật đến sinh khối rễ cám chết ở các công thức thí nghiệm. Sinh khối rễ cám chết lớn nhất tại CT600 vào tháng 12 năm sau với lượng rễ đạt 388,0 g/m² và thấp nhất tại CT400 vào tháng 12 năm trước với lượng rễ chỉ đạt 46,8 g/m². Kết quả phân tích phương sai cho thấy ở các thời điểm khác nhau thì sinh khối rễ cám chết thu được có sự khác nhau rõ rệt (bảng 3).

Bảng 3. Sinh khối rễ cám chết tại các thời điểm lấy mẫu (g/m²; ±SE)

Công thức	Tháng 12	Tháng 3	Tháng 9	Tháng 12
ĐC	76,1 ± 15,2 ^a	99,1 ± 19,2 ^{a,b}	117,1 ± 22,1 ^b	200,8 ± 58,9 ^c
CT400	46,8 ± 7,2 ^a	102,1 ± 28,2 ^b	214,9 ± 65,8 ^c	194,1 ± 64,2 ^c
CT600	81,0 ± 13,8 ^a	101,9 ± 29,3 ^{a,b}	147,8 ± 109,9 ^b	388, ± 242,1 ^c

Ghi chú: Các chữ cái a, b, c khác nhau trên cùng 1 hàng chỉ sự khác nhau của giá trị trung bình theo phân tích ANOVA một nhân tố.

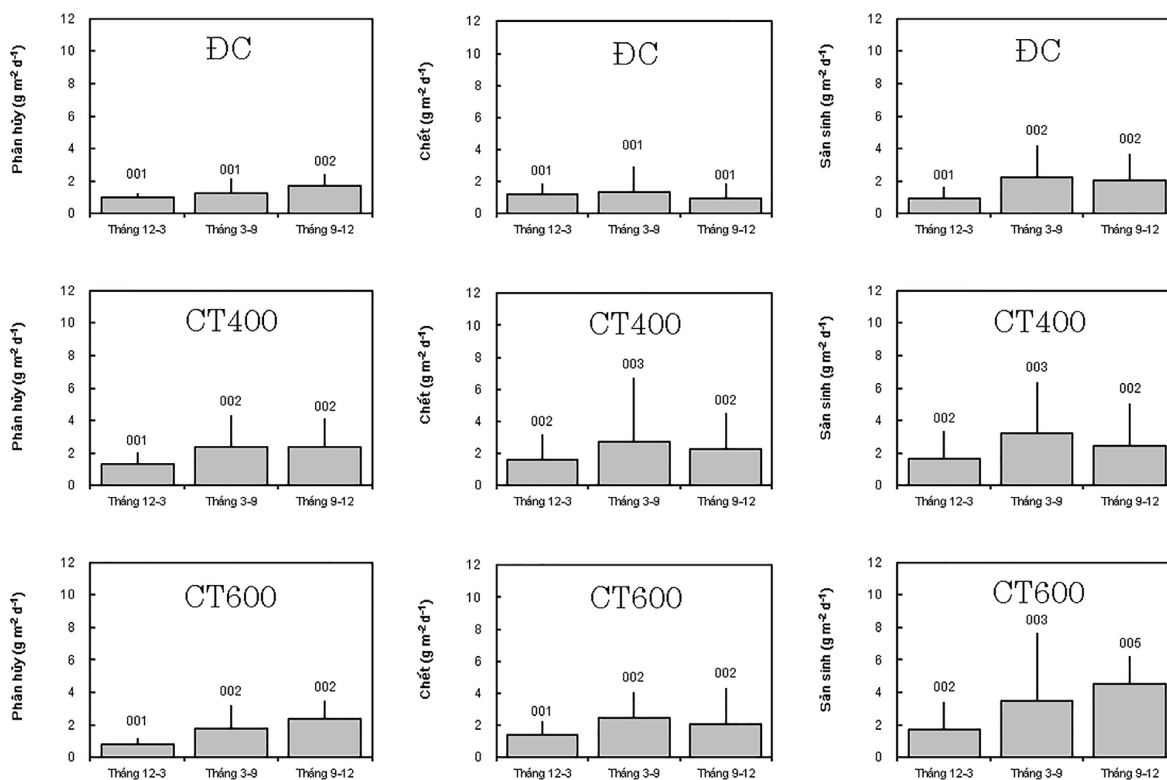
3.3. Sinh khối phân hủy, chết và sản sinh giữa các thời điểm khác nhau

Kết quả nghiên cứu cho thấy, lượng phân bón đã có ảnh hưởng rõ rệt đến tổng lượng rễ cám phân hủy, rễ cám chết và rễ cám sản sinh ở tất cả các khoảng thời gian trong năm (hình 1). Hai công thức bón phân CT400 và CT600 đều có các giá trị ở tất cả các thời điểm lớn hơn rõ rệt so với công thức đối chứng (không bón phân). So sánh giữa 2 công thức bón phân về lượng rễ phân hủy cho thấy, tại khoảng thời gian từ tháng 12 đến tháng 9 năm sau lượng rễ phân hủy của công thức CT400 là cao hơn rõ rệt so với công thức CT600. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian giữa tháng 9 đến tháng 12 thì không có sự khác nhau rõ rệt. Về rễ cám chết, không có sự khác nhau giữa 2 công thức CT400 và CT600 ở tất cả 3 khoảng thời gian. Tổng sinh khối rễ cám sản sinh của công thức CT600 trong khoảng thời gian từ tháng 3 đến tháng 12 là cao hơn rõ rệt so với công thức CT400. Tuy nhiên, tổng sinh khối rễ cám sản sinh chưa có sự khác nhau rõ rệt trong khoảng thời gian từ tháng 12 đến tháng 3 năm sau.

Ở cả 2 thí nghiệm bón phân và đối chứng, sinh khối sản sinh rễ cám cao nhất trong khoảng thời gian từ tháng 3 đến tháng 9; thấp nhất tại công thức ĐC đạt 2,27 g/m², tiếp đến tại công thức

CT400 đạt 3,21 g/m² và cao nhất là công thức CT600 đạt 3,49 g/m² (hình 1). Sự khác nhau rõ rệt về lượng rễ cám sản sinh giữa các thí nghiệm là do ảnh hưởng của phân bón. Khi bón phân, để hút được nhiều chất dinh dưỡng, cây trồng cần phát triển mạnh về rễ cám để thực hiện chức năng hút chất dinh dưỡng. Do vậy, lượng sinh khối rễ cám sản sinh là lớn nhất tại công thức CT600 và

thấp nhất tại công thức ĐC. Bên cạnh đó, do bón phân vào tháng 7 giữa mùa sinh trưởng đã góp phần thúc đẩy rễ cám phát triển mạnh hơn. Ngược lại, vào các tháng mùa Đông, mùa khô từ tháng 12 đến tháng 3 năm sau, cây trồng có tốc độ sinh trưởng chậm và không có phân bón do đó hệ rễ cám phát triển kém, dẫn đến sinh khối sản sinh rễ cám không cao.



Hình 1. Tổng sinh khối rễ cám phân hủy, rễ cám chết và rễ cám sản sinh tại các thí nghiệm bón phân trong các khoảng thời gian khác nhau

3.4. Tổng sinh khối phân hủy, chết, sản sinh trong 1 năm

Từ kết quả tổng hợp tại bảng 4 cho thấy, trong thời gian 1 năm, tổng sinh khối rễ cám sản sinh của công thức ĐC đạt 707,86 g/m², tăng lên 972,86 g/m² ở công thức CT400 (bón 400 g P₂O₅ (16,5%) + 100 g K₂O (60%)/cây) và 1.252,88 g/m² tại công thức CT600 (bón 600 g P₂O₅ + 100 g K₂O/cây).

Bảng 4. Tổng sinh khối sản sinh rễ cám trong các thí nghiệm (g/m²)

Thời gian	Công thức thí nghiệm		
	ĐC	CT400	CT600
Tháng 12 - 3 (sau 73 ngày)	66,57	119,64	123,47
Tháng 3 - 9 (sau 188 ngày)	426,48	602,61	656,99
Tháng 9 - 12 (sau 104 ngày)	214,81	250,61	472,43
Tổng	707,86	972,86	1.252,88

Trong khoảng thời gian mùa Hè, mùa sinh trưởng của Keo tai tượng khu vực nghiên cứu tại Quảng Ninh, sinh khối sản sinh rễ cám đạt 60,2% tại công thức ĐC, 61,9% tại CT₄ và 52,4% tại công thức CT600.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu về sinh khối sản sinh rễ cám là cần thiết nhằm xác định vai trò của rễ cám trong chu trình carbon và dinh dưỡng của rừng trồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Trong nghiên cứu đối với rừng trồng Keo tai tượng 2 năm tuổi tại Quảng Ninh, phương pháp khoan đất được áp dụng thông qua mô hình cân bằng sinh khối để ước lượng tổng sinh khối sản sinh rễ cám. Kết quả cho thấy, tỷ lệ phân hủy rễ cám không bị ảnh hưởng rõ rệt bởi lượng phân bón, sự khác biệt chỉ dao động trong phạm vi (0,01 - 0,04)%/ngày giữa 3 công thức bón phân. Tuy nhiên, điều kiện tự nhiên về nhiệt độ và độ ẩm đóng vai trò quan trọng đối với tỷ lệ phân hủy rễ cám.

Tỷ lệ phân hủy rễ cám cao nhất vào mùa Xuân (0,89 - 0,93)%/ngày, khi nhiệt độ tăng dần và độ ẩm không quá cao đã thúc đẩy vi sinh vật phân hủy chất hữu cơ phát triển mạnh, tỷ lệ phân hủy thấp nhất vào mùa Đông (0,65 - 0,68)%/ngày.

Bón phân làm tăng sinh khối rễ cám sản sinh, điều này có được là do sau khi bón phân để tận dụng và hút được nhiều chất dinh dưỡng, cây đã thúc đẩy phát triển hệ rễ cám là bộ phận có chức năng hút chất dinh dưỡng cho cây. Trong khoảng thời gian 1 năm, tại công thức bón 600 g P₂O₅ (16,5%) + 100 g K₂O (60%)/cây có sinh khối sản sinh rễ cám đạt 1.252,88g/m², giảm xuống 972,86 g/m² tại công thức bón 400 g P₂O₅ + 100 g K₂O/cây, và chỉ đạt 707,86 g/m² tại công thức đối chứng (không bón phân). Vì vậy, bón phân cho rừng trồng ngoài việc thúc đẩy cây trồng phát triển mạnh, cũng góp phần vào tăng hiệu quả tích lũy carbon của rừng trồng, góp phần vào giảm khí hiệu ứng nhà kính và biến đổi khí hậu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Jackson RB, Money HA, Schulzer ED, 1997. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA* 94: 736:7366.
2. Osawa A, Aizawa R, 2012. A new approach to estimate fine root production, mortality, and decomposition using litter bag experiments and soil core techniques. *Plant and Soil* 355: 167-181.
3. Ostonen I, Lohmus K, Pajuste K, 2005. Fine root biomass, production and its proportion of NPP in a fertile middleaged Norway spruce forest: Comparison of soil core and ingrowth core methods. *Forest Ecology Management* 212:264-277.
4. Persson H, 1980. Spatial distribution of fine-root growth, mortality and decomposition in a young scots pine stand in central Sweden. *Oikos* 34:77-87.
5. Vogt KA, Vogt DJ, Palmiotto PA, Boon P, O' Hara J, Asbjornsen H, 1996. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil* 187:159-219.
6. Inagaki M, Inagaki Y, Kamo K, Titin J, 2009. Fine-root production in response to nutrient application at three forest plantations in Sabah, Malaysia: higher nitrogen and phosphorus demand by *Acacia mangium*. *Journal of Forest Research* 14:3:178-182.

Email tác giả liên hệ: nguyentoanthangfsiv@gmail.com

Ngày nhận bài: 04/10/2021

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 11/11/2021

Ngày duyệt đăng: 24/11/2021