



ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP AHP, FAHP VÀ GIS TRONG ĐÁNH GIÁ SỰ THÍCH HỢP LOÀI QUẾ BẢN ĐỊA Ở TRÀ BÔNG, QUẢNG NGÃI

Nguyễn Văn Lợi^{1*}, Trần Kim Ngọc², Phạm Duy Hưng²

¹ Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, 102 Phùng Hưng, Huế, Việt Nam

² Chi cục Kiểm lâm Quảng Ngãi, 173 Nguyễn Vĩnh, TP. Quảng Ngãi, Việt Nam

Tóm tắt: Mục tiêu của nghiên cứu là tích hợp các lớp nhân tố sinh thái ảnh hưởng thông qua mô hình sinh thái dựa trên cơ sở GIS để xác định địa điểm thích hợp trồng quế bản địa ở Trà Bông, Quảng Ngãi. Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc AHP (*Analytic Hierarchy Process*) và phương pháp phân tích thứ bậc mờ FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*) để xác định trọng số/tầm ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái. Kết quả cho thấy khoảng 32.321,82 ha được xác định là thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bông, chiếm 76,68% tổng diện vùng nghiên cứu, trong đó diện tích rất thích hợp là 19.168,00 ha (45,48%), thích hợp là 12.219,02 ha (28,99%) và ít thích hợp là 934,81 ha (2,22%).

Từ khóa: GIS, AHP, FAHP, mô hình sinh thái, quế bản địa, Trà Bông

1 Đặt vấn đề

Quế là cây lâm nghiệp, cây đặc sản có giá trị kinh tế cao và tinh dầu quế là nguyên liệu quý trong công nghiệp dược phẩm và thực phẩm, vì thế quế cũng có thể được xếp vào nhóm cây công nghiệp [1, 2]. Ngoài ra, do có tán lá khá dày, rậm và xanh quanh năm nên rừng trồng quế còn có tác dụng phòng hộ khá hiệu quả. Do đó, quế còn được gọi là cây đa mục đích và là một trong những loài cây trồng được lựa chọn trong chương trình và dự án trồng rừng nhằm góp phần xoá đói giảm nghèo, giúp người dân miền núi có cơ hội vươn lên làm giàu. Giống quế bản địa Trà Bông thuộc loài cây dễ trồng, thích nghi với mọi điều kiện khí hậu và đất đai ở Trà Bông, Quảng Ngãi. Loài cây này đã gắn bó với người dân địa phương, đặc biệt là đối với người dân tộc Kor. Giống quế bản địa tuy sinh trưởng và phát triển chậm hơn các loài khác, nhưng hàm lượng tinh dầu của vỏ quế cao [3]. Hiện nay, cây quế bản địa Trà Bông đã được Cục Sở hữu trí tuệ (Bộ KH&CN) cấp thương hiệu cũng như xác lập kỷ lục về mặt hàng quế đặc sản vùng Đông Nam Á, đồng thời tại Trà Bông cũng đã có nhà máy chưng cất tinh dầu quế. Ngoài ra, nhu cầu trong nước cũng như xuất khẩu ngày một tăng cao về tinh dầu, vỏ quế và các mặt hàng thủ công mỹ nghệ được gia công từ cây quế. Tuy nhiên, nguồn cung nguyên liệu quế tại địa phương còn chưa tương xứng với tiềm năng sẵn có của huyện. Mặt khác, nghề trồng quế bản địa của người Kor còn gặp phải nhiều vấn đề như lựa chọn địa điểm trồng quế bản địa chưa được phù hợp, dẫn tới sự suy

* Liên hệ: nguyenvanloi@huaf.edu.vn

thoái đất, tạo điều kiện để bệnh tua mục phát triển. Điều này làm suy giảm năng suất và chất lượng tinh dầu quế. Đối với các nhà quản lý ở Trà Bồng nói riêng và Quảng Ngãi nói chung, đây là điều đáng lo ngại do nguy cơ giảm sút sản lượng và mai một giống quế bản địa. Nhận thức được vai trò quan trọng của nguồn gen cây dược liệu, đặc biệt là nguồn gen quý hiếm của giống quế đặc sản này thì nhu cầu về xác định địa điểm thích hợp để quy hoạch vùng chuyên canh quế bản địa Trà Bồng là rất cần thiết. Đến nay, phương pháp phân tích thứ bậc AHP (*Analytic Hierarchy Process*), phương pháp phân tích thứ bậc mờ FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*) và Hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong nghiên cứu địa điểm là thích hợp cho các loài cây trồng nông lâm nghiệp [2, 4, 5], trong đó có loài quế, đã và đang được các nhà khoa học quan tâm. Mục tiêu của nghiên cứu này là: i) đánh giá các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp của loài quế bản địa và ii) xác định địa điểm thích hợp để phục vụ bảo tồn nguồn gen quý hiếm quế bản địa tại Trà Bồng, Quảng Ngãi. Các lớp nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp của loài quế bản địa Trà Bồng được tích hợp thông qua mô hình sinh thái dựa trên GIS để xác định địa điểm trồng quế thích hợp là hướng tiếp cận mới, đảm bảo độ tin cậy mong muốn. Kết quả nghiên cứu không chỉ giúp cho các nhà quản lý biết được chính xác địa điểm lựa chọn thích hợp để lưu trữ, bảo tồn và phát triển bền vững cây quế bản địa Trà Bồng, góp phần nâng cao thu nhập cho người dân tộc Kor, tăng độ che phủ của rừng và bảo vệ môi trường sinh thái ở Trà Bồng, Quảng Ngãi.

2 Vật liệu và phương pháp

2.1 Vật liệu

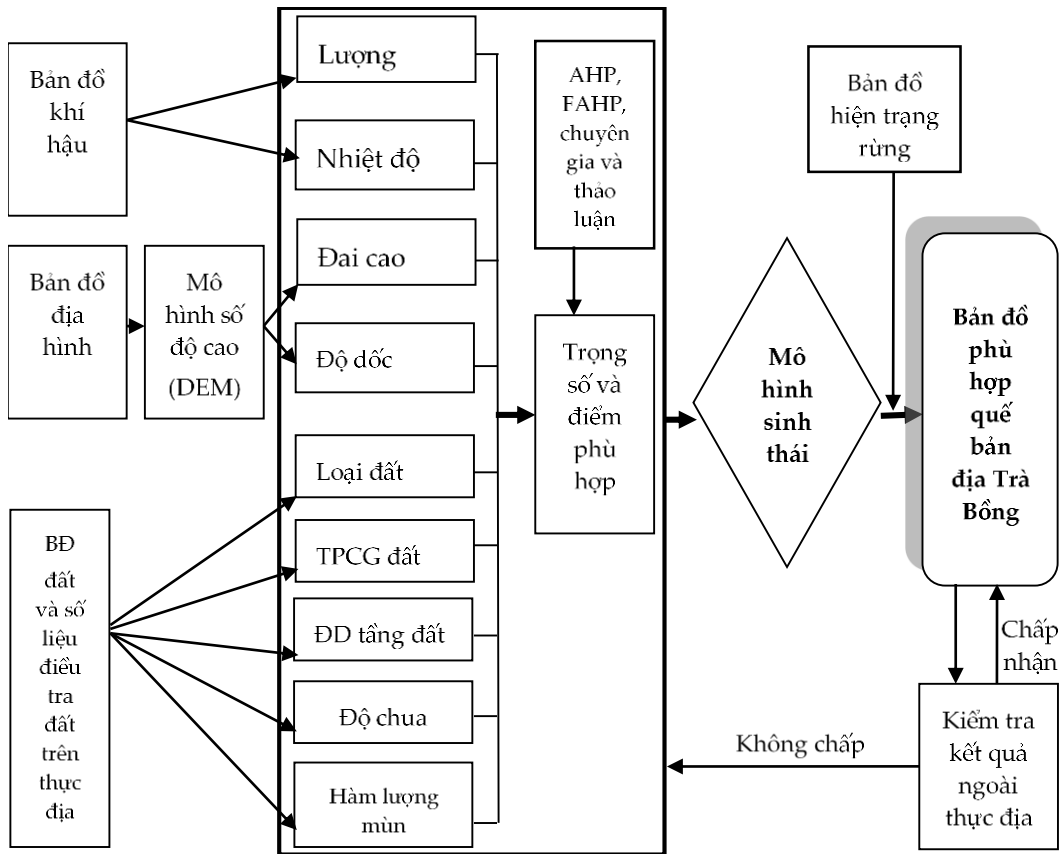
Dữ liệu không gian bao gồm i) bản đồ ranh giới hành chính huyện Trà Bồng, ii) bản đồ kiểm kê tài nguyên rừng năm 2016, iii) bản đồ địa hình, iv) bản đồ hệ thống thủy văn và v) bản đồ khí hậu từ chi cục Kiểm lâm Quảng Ngãi, ở tỷ lệ 1:25.000, hệ tọa độ Vn2000 ở múi chiếu 3 độ.

Dữ liệu thuộc tính là thông tin yêu cầu về mặt sinh thái của loài quế bản địa Trà Bồng (*Cinnamomum cassia*). Các tác giả kế thừa các tài liệu, báo cáo đã công bố về yêu cầu sinh thái cây quế bản địa Trà Bồng, các đặc trưng về địa hình (độ cao) và tọa độ địa lý Vn2000 ở múi chiếu 3 độ của khu vực trồng quế được xác định bằng máy định vị cầm tay GPS Map 78s.

Thông tin về loại đất, độ dày tầng đất và khí hậu nơi quế bản địa được gây trồng: Tiến hành đào phẫu diện đất tại ô tiêu chuẩn đại diện ở các vị trí địa hình (chân, sườn và đỉnh đồi). Lấy mẫu đất theo tầng đất 0–30 cm và 30–60 cm, sau đó trộn đều các mẫu đất theo tầng để phân tích đất.

2.2 Phương pháp

Trình tự các bước đánh giá và xác định địa điểm trồng quế bản địa Trà Bồng thích hợp bằng phương pháp AHP, FAHP dựa trên cơ sở GIS được trình bày ở Hình 1.



Hình 1. Quy trình đánh giá và xây dựng bản đồ thích hợp loài quế bản địa Trà Bồng

Phương pháp AHP, được Saaty nghiên cứu và phát triển vào năm 1980, là một phương pháp được sử dụng để xác định trọng số của những nhân tố thông qua ma trận so sánh cặp đôi và nhờ vào đó đưa ra quyết định hợp lý [5, 6]. Phương pháp phân tích thứ bậc mờ là phần mở rộng tổng hợp của phương pháp AHP [7], do đó chúng tôi đã kết hợp hai phương pháp này để mô tả và xác định chính xác hơn các trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng. Mô hình sinh thái dựa trên cơ sở GIS cũng đã được áp dụng để xác định địa điểm thích hợp trồng quế bản địa ở Trà Bồng, Quảng Ngãi theo trình tự các bước sau:

Bước 1. Xác định các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế Trà Bồng

Quế bản địa Trà Bồng cũng như các loài quế khác là một loài cây nhiệt đới, ưa khí hậu nóng ẩm, thích hợp nơi có khí hậu ôn hòa với nhiệt độ 20–25 °C và lượng mưa hàng năm cao (2.000–4.000 mm), trên các đai độ cao từ 200 đến 800 m so với mực nước biển. Quế Trà Bồng có thể mọc trên đất đỏ vàng, đất xám và đất cát pha nhưng phát triển tốt trên các loại đất ẩm, nhiều mùn, tơi xốp, có thành phần cơ thịt nhẹ và thịt trung bình, dễ thoát nước, có tầng đất sâu và có

Bảng 1. Mức độ thích hợp quế bản địa tại Trà Bồng, Quảng Ngãi

Nhân tố sinh thái	Mức độ thích hợp			
	Rất thích hợp (S1)	Thích hợp (S2)	Ít thích hợp (S3)	Không thích hợp (N)
Lượng mưa trung bình năm (mm)	2500–3000	3000–3500	3500–4000; 2000–2500	<2000; >4000
Nhiệt độ trung bình năm (°C)	22–23	23–24	24–25; 20–21	<20; >25
Loại đất	Đất xám mùn điển hình (Achu-h) Đất xám mùn (Achu)	Đất xám (Acl) Đất xám feralit (Acfa) Đất phù sa (FL) Đất xám điển hình (Acfa)	Đất xám có tầng loang lổ nông (Acp) Đất xám kết von (Acf)	Đất ngập nước/glay (GL), đất xói mòn tro sỏi đá (LP) Đất phù sa đốm ri glay nông (FLc)
Thành phần cơ giới	Thịt nhẹ	Thịt trung bình	Thịt nặng, cát pha	Sét, cát
Độ dày tầng đất (cm)	>100	70–100	50–70	<50
Độ chua (pH _{kcl})	4–4,5	4,5–5	5–6	>6; <4
Hàm lượng mùn (%)	≥3	2–3	<2	–
Độ cao tuyết đối (m)	300–500	500–700	200–300; 700–800	<200; >800
Độ dốc (°)	3–15	15–20	20–25; <3	>25

Nguồn: Điều tra trên thực địa 2019 và [2]

độ dốc địa hình dưới 25°. Dựa vào kết quả điều tra quế bản địa Trà Bồng trên thực địa, chúng tôi đã chọn chín nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây quế, bao gồm loại đất, thành phần cơ giới, độ sâu tầng đất, hàm lượng mùn, độ chua của đất, độ cao tuyết đối và độ dốc. Căn cứ về đặc tính về đất đai, khí hậu và địa hình khu vực và đối chiếu với yêu cầu sinh thái của loài quế bản địa, chúng tôi xác định sự thích hợp và không thích hợp. Dựa trên nhu cầu của cây quế bản địa Trà Bồng kết hợp với kết quả điều tra trên thực địa, chúng tôi xác định các mức độ thích hợp. Trên cơ sở này, chúng tôi đã tiến hành sắp xếp các chỉ tiêu của nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp cho loài quế bản địa (Bảng 1), mỗi chỉ tiêu của từng nhân tố sinh thái tương ứng với mức độ thích hợp được đánh giá với từng trọng số/số điểm như sau: rất thích hợp (3 điểm), thích hợp (2 điểm), ít thích hợp (1 điểm) và không thích hợp (0 điểm).

Bước 2. Xác định trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế bản địa

Chín nhân tố phụ ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế bản địa Trà Bồng được gộp thành ba nhân tố sinh thái chính để xây dựng bản đồ địa điểm thích hợp cho loài quế bản địa, bao gồm: 1) Nhân tố sinh thái đất: loại đất, độ dày tầng đất, thành phần cơ giới, hàm lượng mùn và độ chua của đất, 2) Nhân tố sinh thái khí hậu: lượng mưa và nhiệt độ và 3) Nhân tố sinh thái địa

Bảng 2. Ma trận so sánh cặp đôi trong phương pháp AHP

Nhân tố sinh thái ảnh hưởng	(N ₁)	(N ₂)	...	(N _n)	Trọng số
Nhân tố sinh thái chính/phụ 1 (N ₁)	1	N ₁₂	...	N _{1n}	W _{i1}
Nhân tố sinh thái chính/phụ 2 (N ₂)	N ₂₁	1	...	N _{2n}	W _{i2}
...
Nhân tố sinh thái chính/phụ (N _n)	N _{n1}	N _{n2}	...	1	W _{in}

hình: độ cao tuyệt đối và độ dốc. Việc điều tra trên thực địa cho thấy ba nhân tố sinh thái chính và chín nhân tố sinh thái phụ có vai trò, tầm quan trọng và ảnh hưởng khác nhau đến xác định địa điểm thích hợp loài quế bản địa Trà Bông. Do đó, việc xác định tầm quan trọng của các nhân tố sinh thái là rất cần thiết.

Phương pháp AHP được sử dụng để tính các trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế bản địa. Phương pháp này có sáu bước chính sau: i) phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến mục tiêu; ii) xây dựng phân cấp AHP; iii) lập phiếu khảo sát ba chuyên gia và thảo luận nhóm về mức độ quan trọng của các chỉ tiêu thông qua ma trận so sánh cặp đôi (Bảng 2); iv) tính các trọng số của các nhân tố ảnh hưởng; v) kiểm tra tính nhất quán; vi) tổng hợp kết quả để đưa ra đánh giá cuối cùng.

Theo phương pháp AHP, để ma trận so sánh cặp đôi tương quan giữa các nhân tố sinh thái cần lựa chọn đạt độ tin cậy cho phép. Kết quả đánh giá trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng cần được kiểm chứng bằng tỉ số nhất quán (Consistency ratio: CR) và được tính theo công thức (1)

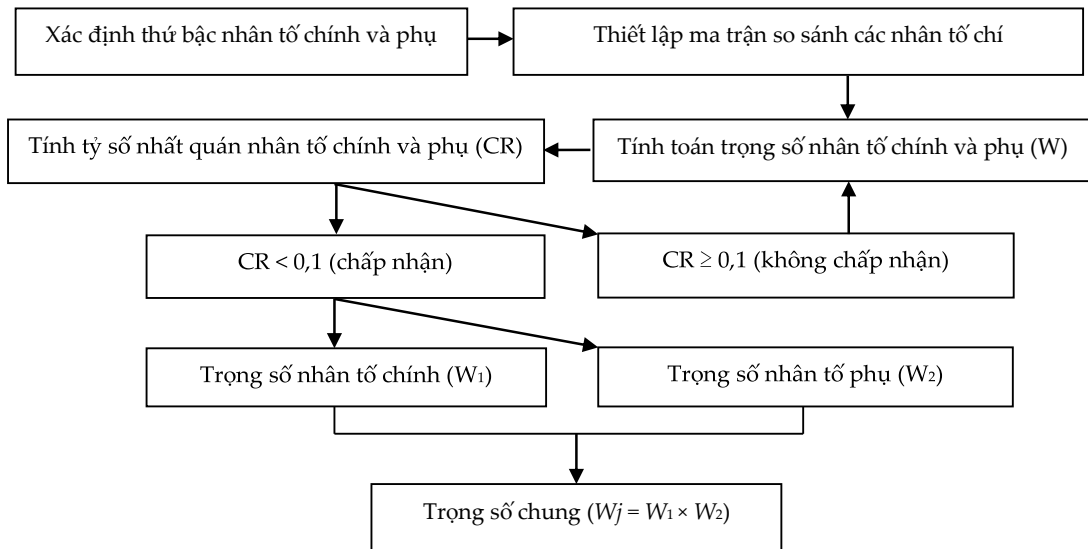
$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

trong đó CI là chỉ số nhất quán (Consistency Index); RI là chỉ số ngẫu nhiên (Random Index) và λ_{\max} là giá trị riêng lớn nhất của ma trận so sánh và được tính theo công thức (3).

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \left(\frac{\sum_{n=1}^n w_{1n}}{w_{11}} + \frac{\sum_{n=1}^n w_{2n}}{w_{22}} + \dots + \frac{\sum_{n=1}^n w_{nn}}{w_{nn}} \right) \quad (3)$$

Chỉ số RI của Saaty [4, 5] tương ứng với số lượng nhân tố sinh thái ảnh hưởng (n) được trình bày ở Bảng 3.



Hình 2. Phương pháp tính trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế Trà Bồng

Bảng 3. Chỉ số RI do Saaty đề xuất

<i>n</i>	1	2	3	4	5
RI	0,00	0,00	0,52	0,90	1,12

Kết quả chấp nhận khi giá trị của CR nhỏ hơn 0,1 hay <10%. Nếu CR hơn thì các trọng số của các nhân tố sinh thái đến sự thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng là chưa thích hợp và cần phải thực hiện lại ma trận so sánh cặp đôi. Trình tự, các bước tính trọng số theo phương pháp phân tích thứ bậc AHP được trình bày ở Hình 2.

Phương pháp FAHP cho phép người ra quyết định tính trọng số chính xác của các nhân tố đầu vào trong mô hình sinh thái. Phương pháp FAHP để tính toán các trọng số của các nhân tố ảnh hưởng bao gồm sáu bước chính sau: i) phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến mục tiêu; ii) xây dựng phân cấp AHP; iii) lập phiếu khảo sát về mức độ quan trọng của các chỉ tiêu thông qua ma trận so sánh cặp đôi; iv) kiểm tra tính nhất quán bằng phương pháp AHP; v) tính bộ trọng số bằng phương pháp FAHP; vi) tổng hợp kết quả để đưa ra đánh giá cuối cùng.

Bước 3. Xây dựng cơ sở dữ liệu nghiên cứu

– *Xây dựng lớp dữ liệu về đất:* Lớp bản đồ về loại đất, thành phần cơ giới, độ dày tầng đất, hàm lượng mùn và độ chua của đất được xây dựng dựa trên nguồn dữ liệu của bản đồ đất tỷ lệ 1:50.000 từ chi cục Kiểm lâm tỉnh Quảng Ngãi kết hợp với điều tra trên thực địa. Chúng tôi đã tiến hành đào 20 hố diện đất tại ô tiêu chuẩn đại diện ở các vị trí có trồng quế bản địa. Lấy mẫu đất theo tầng đất 0–30 cm và 30–60cm, sau đó trộn đều các mẫu đất theo tầng để phân tích đất theo tiêu

chuẩn Việt Nam hiện hành để xác định các chỉ tiêu như thành phần cơ giới, độ chua của đất, mùn tổng số và các chỉ tiêu khác có liên quan.

– *Xây dựng dữ liệu địa hình*: Sử dụng bản địa hình tỷ lệ 1:50.000 từ chi cục Kiểm lâm tỉnh Quảng Ngãi để phân tích và thiết lập dữ liệu địa hình vùng nghiên cứu. Lớp bản đồ đai cao và độ dốc ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế bản địa Trà Bồng được xây dựng từ mô hình số độ cao (DEM) bằng phần mềm 3D Analyst và Spatial Analyst.

– *Xây dựng dữ liệu khí hậu*: Lớp bản đồ lượng mưa và nhiệt độ được xây dựng dựa trên nguồn dữ liệu của bản đồ khí hậu kết hợp với thông tin về lượng mưa và nhiệt độ ở huyện Trà Bồng trong vòng 10 năm gần nhất.

Bước 4. Xây dựng bản đồ thích hợp cho loài quế bản địa

Để xây dựng bản đồ địa điểm thích hợp cho loài quế bản địa, cần phải lựa chọn mô hình sinh thái để phân tích các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế bản địa Trà Bồng. Có rất nhiều mô hình chồng chập các lớp nhân tố ảnh hưởng đến sự thích hợp cho các loài cây trồng [2]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng mô hình sinh thái phối hợp tuyến tính có trọng số và tích hợp các chỉ tiêu của các nhân tố giới hạn vì đã được sử dụng phổ biến để tính chỉ số thích hợp (LSI) cho các loài cây trồng lâm nghiệp. Dựa trên cơ sở phân chia ảnh hưởng của nhân tố sinh thái đến sự thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng, mỗi một nhân tố sinh thái được phân chia ra bốn mức độ thích hợp khác nhau. Sau khi hoàn thành phân mức độ ảnh hưởng đến sự thích hợp, xác định trọng số và điểm tương ứng với từng mức độ thích hợp của từng nhân tố sinh thái, tất cả các lớp dữ liệu ảnh hưởng này được chuyển từ dữ liệu Vector sang dữ liệu Raster, rồi sau đó được chồng chập từng lớp và tích hợp với các chỉ tiêu giới hạn của từng nhân tố sinh thái trong GIS thông qua mô hình sinh thái theo phương trình (4)

$$LSI = \sum_{i=1}^n W_j R_{ij} \prod_{j=1}^m C_j \quad (4)$$

trong đó LSI là chỉ số thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng; W_j là trọng số chỉ mức độ ảnh hưởng/quan trọng của nhân tố sinh thái thứ j ; R_{ij} là điểm thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng của chỉ tiêu thứ i trong nhân tố sinh thái và môi trường thứ j ; n là số lượng các nhân tố sinh thái sinh thái và môi trường được xem xét cho mục tiêu xác định địa điểm thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng; m là số lượng nhân tố sinh thái giới hạn; C_j là giá trị giới hạn của nhân tố sinh thái thứ j cho loài quế bản địa Trà Bồng (chỉ tiêu của nhân tố sinh thái thứ j ở mức không thích hợp nhận giá trị bằng 0 và ở các mức độ thích hợp còn lại nhận giá trị bằng 1).

Bản đồ thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng được xây dựng dựa trên cơ sở phân tích chỉ số thích hợp tổng hợp LSI cho từng vị trí/địa điểm. Chỉ số này được phân ra bốn mức độ thích hợp; ngưỡng thích hợp của từng mức được xác định ở giữa thang điểm của các mức độ điểm

thích hợp tương ứng với thang điểm đánh giá như sau: i) rất thích hợp cao ($\geq 2,5$), ii) thích hợp ($1,5-2,5$); iii) ít thích hợp thấp ($0,5-1,5$); iv) không thích hợp ($<0,5$).

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Đánh giá trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp quế Trà Bồng

Địa điểm thích hợp trồng quế bản địa Trà Bồng được đánh giá thông qua mô hình sinh thái dựa trên cơ sở so sánh giữa môi trường sống và nhu cầu về mặt sinh thái của loài quế bản địa Trà Bồng. Theo phương pháp AHP và FAHP thì tổng trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng có giá trị bằng 1, nhân tố sinh thái có tầm ảnh hưởng cao hơn thì nhân tố đó có giá trị trọng số lớn hơn. Kết quả tính toán trọng số/tầm quan trọng của các nhân tố sinh thái chính, nhân tố sinh thái phụ và chung cho từng nhân tố sinh thái chính và phụ được tích hợp vào GIS để xác định địa điểm thích hợp cho từng loài quế bản địa Trà Bồng (Bảng 4).

Bảng 4. Trọng số của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp quế bản địa Trà Bồng

TT	Nhân tố sinh thái chính	Trọng số chính (W_1)	Nhân tố sinh thái phụ	Trọng số phụ (W_2)	Trọng số chung ($W_j = W_1 \times W_2$)
1	Đất trồng	0,415	Loại đất	0,364	0,151
			Độ dày tầng đất	0,235	0,097
			Thành phần cơ giới	0,182	0,076
			Độ chua	0,132	0,055
			Hàm lượng mùn	0,087	0,036
2	Khí hậu	0,345	Lượng mưa	0,571	0,197
			Nhiệt độ	0,429	0,148
3	Địa hình	0,240	Độ cao tuyệt đối	0,600	0,144
			Độ dốc	0,400	0,096

Bảng 5. Các tham số của AHP và FAHP

TT	Tham số	Kết quả của nhân tố sinh thái chính	Kết quả của nhân tố sinh thái phụ (đất)
1	Lambda max (λ_{max})	3,00154	5,01217
2	Chỉ số nhất quát (CI)	0,00077	0,00304
3	Chỉ số ngẫu nhiên (RI)	0,52000	1,12000
4	Tỷ số nhất quán (CR)	0,00086	0,00585

Trong trường hợp số lượng các nhân tố sinh thái chính và phụ lựa chọn ≥ 3 , cần phải kiểm tra lại độ tin cậy của các trọng số hay tầm quan trọng của các nhân tố sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng. Theo phương pháp AHP và FAHP thì cần phải tính toán các tham số của ma trận so sánh cặp đôi cho ba nhân tố chính (đất/thổ nhưỡng, khí hậu và địa hình) và năm nhân tố phụ của nhân tố đất (loại đất, độ dày tầng đất, thành phần cơ giới, độ chua và hàm lượng mùn) (Bảng 5).

Có thể thấy tỷ số nhất quán (CR) của nhân tố sinh thái chính và nhân tố sinh thái phụ đều nhỏ hơn 0,1. Điều này chứng tỏ các trọng số của các nhân tố sinh thái xác định được ở Bảng 4 đạt yêu cầu, nên được chấp nhận đưa vào tích hợp trong GIS để xác định các chỉ số thích hợp cho loài quế bản địa ở Trà Bồng, Quảng Ngãi.

3.2 Đánh giá sự thích hợp của nhân tố sinh thái đến loài quế Trà Bồng

Đánh giá sự thích hợp của nhân tố đất trồng

Đất là một trong những nhân tố sinh thái có tầm quan trọng nhất trong việc lựa chọn cơ cấu cây trồng hợp lý theo nguyên tắc “đất nào cây ấy”. Kết quả điều tra trên thực địa cho thấy quá trình sinh trưởng và phát triển của quế bản địa Trà Bồng có quan hệ mật thiết đến loại đất, độ dày tầng đất, thành phần cơ giới, độ chua và hàm lượng mùn. Các loại đất ở Trà Bồng được phân ra thành năm nhóm: i) nhóm đất xám, ii) nhóm đất phù sa, iii) nhóm đất cát, iv) nhóm đất gley và v) nhóm đất xói mòn tro sỏi đá. Kết quả phân tích các mẫu đất cho thấy có sự khác nhau giữa các loại đất về thành phần cơ giới, độ chua pH_{KCl} , hàm lượng mùn, nitơ tổng số và kali có sẵn. Thực tế cho thấy quế bản địa Trà Bồng có thể mọc trên nhiều loại đất xám, đất đỏ vàng và đất cát pha nhưng phát triển tốt trên các loại đất ẩm, nhiều mùn, tơi xốp, có thành phần cơ thịt nhẹ và thịt trung bình. Dựa trên cơ sở ảnh hưởng của nhân tố đất trồng đến sinh trưởng, phát triển và chất lượng vỏ quế, năm lớp nhân tố phụ của đất trồng lựa chọn được tích hợp trong GIS thông qua phương trình (5).

$$\text{LSI}_j = (0,364 \times \text{LD} + 0,235 \times \text{ĐDTD} + 0,182 \times \text{TPCG} + 0,132 \times \text{ĐCHĐ} + 0,087 \times \text{HLM}) \times \prod C_{j1} \quad (5)$$

trong đó LSI_j là chỉ số thích hợp của nhân tố đất trồng; LD là loại đất; ĐDTD là độ dày tầng đất; TPCG là thành phần cơ giới; ĐCH là độ chua của đất; HLM là hàm lượng mùn; \prod là tích hợp; C_{j1} là giá trị giới hạn của nhân tố sinh thái phụ thứ j của nhân tố đất (chỉ tiêu của năm nhân tố phụ đất trồng ở mức không thích hợp nhận giá trị bằng 0 và ở các mức độ thích hợp còn lại nhận giá trị 1). Kết quả phân tích chỉ số thích hợp của nhân tố đất trồng (LSI_j) được phân loại lại thành bốn mức độ thích hợp: i) rất thích hợp, ii) thích hợp, iii) ít thích hợp; iv) không thích hợp, tương ứng với diện tích của từng mức độ thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng, Quảng Ngãi (Bảng 6).

Bảng 6. Sự thích hợp của nhân tố đất trồng quế bản địa ở Trà Bồng

TT	Mức độ thích hợp	Chỉ số thích hợp (LSI ₁)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
1	Rất thích hợp	≥2,5	18.759,07	44,51
2	Thích hợp	1,5–2,5	13.997,78	33,21
3	Ít thích hợp	0,5–1,5	0,00	0,00
4	Không thích hợp và đất mặt nước	<0,5	9,393,06	22,28
Tổng		–	42.149,91	100,00

Có thể thấy diện tích được đánh giá là rất thích hợp và thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng là rất lớn (tương ứng với 18.759,07 và 13.997,78 ha), chiếm 44,51 và 33,21% tổng diện tích các loại đất hiện có ở vùng nghiên cứu, trong đó phần lớn diện tích được xác định ở nhóm loại đất xám mùn điển hình (Achu-h), đất xám mùn (Achu) và đất xám feralit (Acfa), với độ dày tầng đất trên 70 cm. Tuy nhiên, diện tích được đánh giá ở mức độ không thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng chỉ có 8.751,75 ha (20,76%), tập trung chủ yếu trên đất xói mòn trơ sỏi đá (LP) và loại đất gầy.

Đánh giá sự thích hợp của nhân tố khí hậu

Khí hậu là một trong những nhân tố rất quan trọng ảnh hưởng sự hình thành các loại đất, đồng thời cũng ảnh hưởng rất lớn đến sinh trưởng và phát triển của các loài cây trồng lâm nghiệp. Quế bản địa Trà Bồng là một loài cây nhiệt đới, ưa khí hậu nóng ẩm, thích hợp nơi có khí hậu ôn hòa (20–25 °C) với lượng mưa hàng năm cao (2.000–4.000 mm). Thực tế cho thấy nhân tố khí hậu có cả tác động tích cực lẫn tiêu cực đến phát triển vùng chuyên canh và bảo tồn quế bản địa Trà Bồng. Hạn chế khí hậu có thể gây ra tổn thất trực tiếp hoặc gián tiếp đến sự gia tăng sinh khối và chất lượng vỏ quế; đặc biệt sự xuất hiện bệnh tua mục trên cây quế có liên quan đến chế độ nhiệt và lượng mưa. Hơn nữa, qua kết quả điều tra trên thực địa, chúng tôi thấy rằng địa điểm thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng sinh trưởng và phát triển chịu sự ảnh hưởng của nhiệt độ và lượng mưa trung bình hàng năm. Do đó, nhiệt độ và lượng mưa trung bình hàng năm được xem xét như là nhân tố/yếu tố giới hạn cho việc xác định địa điểm thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng. Tương tự như đánh giá sự thích hợp của nhân tố đất trồng, dựa trên cơ sở ảnh hưởng của khí hậu đến sinh trưởng, phát triển và chất lượng vỏ quế, hai lớp nhân tố phụ của khí hậu lựa chọn (nhiệt độ và lượng mưa trung bình hàng năm) được tích hợp trong GIS thông qua phương trình (6).

$$LSI_2 = (0,571 \times LM + 0,429 \times NĐ) \times \prod C_{j2} \quad (6)$$

trong đó LSI_2 là chỉ số thích hợp của nhân tố khí hậu; LM là lượng mưa trung bình hàng năm; NĐ là nhiệt độ trung bình hàng năm, \prod là tích hợp; C_{j2} là giá trị giới hạn của nhân tố sinh thái

Bảng 7. Sự thích hợp của nhân tố khí hậu cho loài quế bản địa ở Trà Bồng

TT	Mức độ thích hợp	Chỉ số thích hợp (LSI ₂)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
1	Rất thích hợp	≥2,5	36.188,33	85,86
2	Thích hợp	1,5–2,5	5961,58	14,14
3	Ít thích hợp	0,5–1,5	0,00	0,00
4	Không thích hợp và đất mặt nước	<0,5	0,00	0,00
Tổng		–	42.149,91	100,00

phụ thứ j của nhân tố khí hậu (chỉ tiêu của nhân tố lượng mưa và nhiệt độ ở mức không thích hợp nhận giá trị bằng 0 và ở các mức độ thích hợp còn lại nhận giá trị bằng 1).

Kết quả phân tích chỉ số thích hợp của nhân tố khí hậu (LSI₂) dựa trên cơ sở GIS ở mỗi cấp lượng mưa và nhiệt độ tương ứng với mức độ tác động tổng hợp của hai nhân tố phụ khí hậu ảnh hưởng đến từng mức độ thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng, Quảng Ngãi được trình bày ở Bảng 7.

Số liệu cho thấy 100% tổng diện tích tự nhiên của vùng nghiên cứu được đánh giá là rất thích hợp và thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng. Điều này cho phép khẳng định điều kiện khí hậu ở đây rất thuận lợi cho loài quế sinh trưởng và phát triển.

Đánh giá sự thích hợp của nhân tố địa hình

Địa hình là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình sinh trưởng và phát triển của loài quế bản địa Trà Bồng, đồng thời cũng ảnh hưởng đến sự hình thành các loại đất và tiểu vùng khí hậu. Nhiệt độ và độ ẩm không khí thay đổi theo độ cao của địa hình; độ ẩm của đất cũng thay đổi theo độ dốc và đai cao dẫn đến việc hình thành các vành đai thực vật khác nhau. Mặt khác, điều tra thực địa cho thấy quế bản địa Trà Bồng sinh trưởng và phát triển tốt trên các đai độ cao từ 200 đến 800 m và có độ dốc địa hình dưới 25°. Bởi vậy, đai cao và độ dốc địa hình được xem xét như là yếu tố giới hạn cho việc xác định địa điểm thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng. Tương tự như đánh giá sự thích hợp của nhân tố đất và nhân tố khí hậu, dựa trên cơ sở ảnh hưởng của địa hình đến sinh trưởng, phát triển và chất lượng vỏ quế, hai lớp nhân tố phụ của địa hình lựa chọn (đai cao và độ dốc địa hình), chỉ số thích hợp được tích hợp trong GIS thông qua phương trình (7).

$$LSI_3 = (0,600 \times \text{ĐC} + 0,400 \times \text{ĐD}) \times \prod C_{j3} \quad (7)$$

trong đó LSI₃ là chỉ số thích hợp của nhân tố địa hình; ĐC là độ cao tuyệt đối; ĐD là độ dốc địa hình, \prod là tích hợp; C_{j3} là giá trị giới hạn của nhân tố sinh thái phụ thứ j của nhân tố địa hình (chỉ tiêu của hai nhân tố phụ là đai cao và độ dốc ở mức không thích hợp nhận giá trị bằng 0 và ở các mức độ thích hợp còn lại nhận giá trị bằng 1).

Bảng 8. Sự thích hợp của nhân tố địa hình cho loài quế bản địa ở Trà Bồng

TT	Mức độ thích hợp	Chỉ số thích hợp (LSI ₃)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
1	Rất thích hợp	≥2,5	5.009,29	11,88
2	Thích hợp	1,5–2,5	15.582,53	36,97
3	Ít thích hợp	0,5–1,5	12.381,21	29,37
4	Không thích hợp và đất mặt nước	<0,5	9.176,88	21,77
Tổng		–	42.149,91	100,00

Kết quả phân tích chỉ số thích hợp của nhân tố địa hình (LSI₃) dựa trên cơ sở GIS ở mỗi cấp đai cao và độ dốc ứng với mức độ tác động tổng hợp của hai nhân tố phụ địa hình ảnh hưởng đến mức độ thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng được tổng hợp ở Bảng 8.

Có thể thấy phần lớn diện tích vùng nghiên cứu được đánh giá là rất thích hợp, thích hợp và ít thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng tương ứng với diện tích lần lượt là 5.009,29 ha (chiếm 11,88% tổng diện tích các loại đất hiện có ở vùng nghiên cứu), 15.582,53 ha (36,97%) và 12.381,21 ha (29,37%). Diện tích được đánh giá ở mức độ không thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng chỉ có 9.176,88 ha (21,77%). Địa hình đai cao 300–700 m và độ dốc địa hình 3–20° được xác định là rất thích hợp và thích hợp, trong khi đó đai độ cao trên 800 m và xung quanh đỉnh đồi 100 m ở các đỉnh núi cao trên 400 m cũng được xác định là không thích hợp.

3.3 Đánh giá tổng hợp và xây dựng bản đồ thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng

Bản đồ thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng được thiết lập dựa trên cơ sở phân tích các lớp dữ liệu ảnh hưởng đến sự thích hợp loài quế Trà Bồng. Tương tự như trên, các lớp dữ liệu sau khi đã được xác định mức độ thích hợp, xác định trọng số và điểm tương ứng với từng mức độ thích hợp, được chuyển từ dữ liệu Vector sang dữ liệu Raster, rồi sau đó tích hợp từng lớp trong GIS thông qua mô hình sinh thái phối hợp tuyến tính có trọng số theo phương trình (8).

$$LSI = (0,151 \times L\grave{D} + 0,097 \times \grave{D}DT\grave{D} + 0,076 \times TPCG + 0,055 \times \grave{D}CH + 0,036 \times HLM + 0,197 \times LM + 0,148 \times N\grave{D} + 0,144 \times \grave{D}C + 0,096 \times \grave{D}D) \times \prod C_j \quad (8)$$

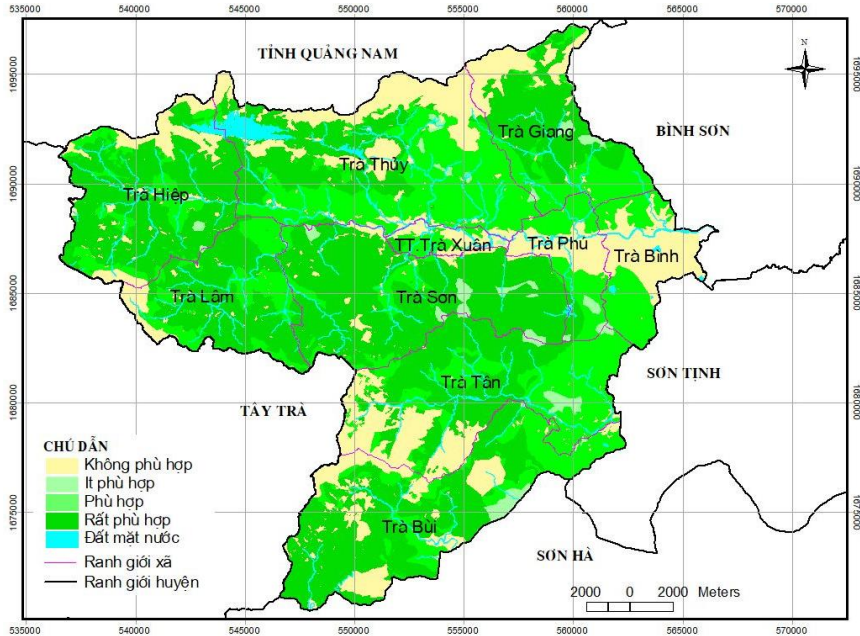
trong đó LSI là chỉ số tổng hợp thích hợp cho loài quế Trà Bồng; LĐ là loại đất; ĐDTĐ là độ dày tầng đất; TTCG là thành phần cơ giới; HLM là hàm lượng mùn; ĐCH là độ chua của đất; LM là lượng mưa trung bình hàng năm; NĐ là nhiệt độ trung bình hàng năm; ĐC là độ cao; ĐD là độ dốc; Π là tích hợp và C_j là giá trị giới hạn của nhân tố sinh thái thứ j (chỉ tiêu của chính nhân tố sinh thái ở mức không thích hợp nhận giá trị bằng 0 và ở các mức độ thích hợp còn lại nhận giá trị bằng 1).

Bảng 9. Tổng hợp diện tích thích hợp cho loài quế bản địa ở Trà Bồng

TT	Mức độ thích hợp	Chỉ số tổng hợp thích hợp (LSI)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
1	Rất thích hợp	$\geq 2,5$	19.168,00	45,48
2	Thích hợp	1,5–2,5	12.219,02	28,99
3	Ít thích hợp	0,5–1,5	934,81	2,22
4	Không thích hợp và đất mặn nước	$< 0,5$	9.828,09	23,32
Tổng		–	42.149,91	100,00

Kết quả chồng chín lớp dữ liệu sinh thái ảnh hưởng đến sự thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng với các giá trị chỉ số tổng hợp thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng khác nhau cho mỗi pixel. Để xây dựng thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng, chúng tôi đã tiến hành phân loại lại chỉ số LSI thành bốn mức độ thích hợp: i) rất thích hợp; ii) thích hợp; iii) ít thích hợp; iv) không thích hợp. Diện tích và vị trí các mức độ thích hợp cho loài quế bản địa ở Trà Bồng được trình bày ở Bảng 9 và Hình 3.

Số liệu cho thấy tổng diện tích được đánh giá là thích hợp cho đến ít thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng là 32.321,82 ha (76,68% tổng diện tích tự nhiên), trong đó 7.139,54 ha (16,94%) được xác định ở rừng thường xanh nghèo; 1.101,57 ha (2,67%) ở rừng thường xanh phục hồi; 2.3602,07 ha (56,00%) ở rừng trồng các loại và 478,64 ha (1,14%) ở trên đất có cây bụi. Đây chính là cơ sở quan trọng trong việc quy hoạch vùng trồng quế bản địa thuần loài tập trung và làm giàu rừng thông qua biện pháp trồng bổ sung loài quế bản địa Trà Bồng đối với những khu vực có rừng thường xanh nghèo và phục hồi phân bố, chuyển đổi cơ cấu cây trồng hợp lý từ các loài cây khác sang trồng quế. Hơn nữa, trên toàn bộ diện tích được xác định là thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng thì phần lớn diện tích được đánh giá là rất thích hợp và thích hợp với diện tích tương ứng lần lượt là 19.168,00 (45,48%) và 12.219,02 ha (28,99%). Trong khi đó, diện tích được xác định ít thích hợp chỉ chiếm một tỷ lệ rất nhỏ (2,22%, ứng với 934,81 ha). Những địa điểm rất thích hợp cho loài quế tập trung chủ yếu ở các xã Trà Hiệp, Trà Thủy, Trà Sơn, Trà Bùi, Trà Lâm và Trà Giang. Kết quả này tương đồng với kết quả điều tra trên thực địa về hiện trạng vườn quế/rừng quế bản địa Trà Bồng hiện nay và địa điểm của 200 cây trọt/đầu dòng ở 87 hộ trồng quế bản địa đã được sở NN&PTNT Quảng Ngãi phê duyệt tại Quyết định số 1165/QĐ-SNNPTNT ngày 16 tháng 12 năm 2016. Điều này khẳng định mức độ chính xác của bản đồ thích hợp cho loài quế bản địa ở Trà Bồng thông qua mô hình sinh thái phối hợp tuyến tính có trọng số dựa trên cơ sở GIS.



Hình 3. Bản đồ thích hợp cho loài quế bản địa ở Trà Bồng

4 Kết luận

Kết quả phân tích các lớp dữ liệu của các nhân tố sinh thái dựa trên cơ sở GIS trong việc xác định địa điểm thích hợp để lưu trữ, bảo tồn và phát triển bền vững cây quế bản địa Trà Bồng là hướng tiếp cận mới. Bản đồ thích hợp được xây dựng thông qua mô hình sinh thái phối hợp tuyến tính có trọng số dựa trên cơ sở GIS, đã được đối chiếu và kiểm tra trên thực tế là minh chứng khẳng định độ chính xác địa điểm thích hợp cho loài quế bản địa Trà Bồng. Diện tích tổng quế thích hợp có mối quan hệ chặt chẽ với thổ nhưỡng, khí hậu và địa hình. Diện tích được đánh giá là rất thích hợp, thích hợp và ít thích hợp tương ứng là 19.168,00 ha (45,48%), 12.219,02 ha (28,99%) và 934,81 ha (2,22%). Địa điểm rất thích hợp cho loài quế tập trung chủ yếu ở các xã Trà Hiệp, Trà Thủy, Trà Sơn, Trà Bùi, Trà Lâm và Trà Giang. Diện tích và địa điểm xác định thích hợp cho loài quế Trà Bồng là cơ sở quan trọng cho việc quy hoạch vùng lưu trữ và bảo tồn nguồn gen quý quế bản địa ở Trà Bồng, Quảng Ngãi trong tương lai.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Quảng Ngãi đã hỗ trợ cho nghiên cứu này, đặc biệt là cán bộ của phòng Nông nghiệp, trạm Khuyến nông huyện Trà Bồng và người dân địa phương ở các xã vùng nghiên cứu (Trà Hiệp, Trà Thủy, Trà Bùi, Trà Lâm, Trà Tân, Trà Sơn và TT. Trà Xuân) đã nhiệt tình giúp đỡ và cung cấp các thông tin.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Cửu (1983), Vấn đề phát triển cây Quế ở huyện Trà Bồng, *Tạp chí Lâm nghiệp*, 9, 130–136.
2. Loi, N. Van, M. Kappas, S. Erasmi (2006), GIS-based assessment of land potential for forestry in Thua Thien Hue, Central Vietnam, *Global Change Issue in Developing and Emerging Countries*, 13, 123–129.
3. Nguyễn Văn Lợi (2011), GIS trong lâm nghiệp, Nxb. Nông nghiệp, TP. Hồ Chí Minh.
4. Trần Kim Ngọc, Phạm Duy Hưng và Nguyễn Văn Lợi (2017), Nghiên cứu tuyển chọn cây trội giống quế bản địa (*Cinnamomum cassia* BL.) ở huyện Trà Bồng, tỉnh Quảng Ngãi, *Tạp chí khoa học & công nghệ nông nghiệp*, 1(2), 331–330.
5. Saaty, T. L. (2000), *Fundamentals of decision making and priority theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS publications, Pittsburgh, 6, 21–28.
6. Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
7. Zhu, K. J., Jing, Y., and Chang, D. Y. (1999), A Discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy-AHP, *European Journal of Operational Research*, 116, 450–456.

APPLICATION OF GIS, AHP, AND FAHP IN ASSESSING INDIGENOUS CINNAMON SPECIES SUITABILITY IN TRA BONG, QUANG NGAI

Nguyen Van Loi^{1*}, Tran Kim Ngoc², Pham Duy Hung²

¹University of Agriculture and Forestry, Hue University, 102 Phung Hung St., Hue, Vietnam

²Quang Ngai Forest Protection Department, 173 Nguyen Vinh St., Tran Phu, Quang Ngai, Vietnam

Abstract: This study integrates ecological factor layers through an ecological model based on GIS to identify suitable areas for indigenous cinnamon species in Tra Bong district. The study applies the Analytic Hierarchy Process (AHP) and the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) to determine the weight of ecological factors. The suitable area for indigenous cinnamon species is about 32,321.82 ha, accounting for 76.68% of the total area, of which the area of high, medium, and low suitability is 19,168.00 ha (45.48%), 12,219.02 ha (28.99%), and 934.81 ha (2.22%), respectively.

Keywords: AHP, FAHP, GIS, ecological factor layer, indigenous cinnamon, Tra Bong