

Đánh giá mức độ thích hợp đất đai phục vụ phát triển sản xuất cây Cà gai leo trên địa bàn xã Ba To, tỉnh Quảng Ngãi

Trương Quang Hiền*, Đỗ Tấn Nghi, Ngô Hồng Đức

Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Quy Nhơn, Gia Lai, Việt Nam

*Email tác giả liên hệ: truongquanghien@qnu.edu.vn

<https://doi.org/10.67484/mgc.53>

Tóm tắt: Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá mức độ thích hợp đất đai cho phát triển cây cà gai leo trên địa bàn xã Ba To, tỉnh Quảng Ngãi, góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho công tác quy hoạch và phát triển vùng trồng dược liệu theo hướng bền vững. Trên cơ sở khung đánh giá đất đai của FAO kết hợp với phương pháp phân tích thứ bậc mờ (Fuzzy-AHP) và hệ thống thông tin địa lý (GIS), nghiên cứu đã xây dựng bản đồ đơn vị đất đai thông qua chồng xếp các lớp thông tin gồm loại đất, thành phần cơ giới, tầng dày đất, độ dốc và chế độ tưới. Trọng số các tiêu chí được xác định bằng phương pháp Fuzzy-AHP, các lớp dữ liệu được chuẩn hóa theo lý thuyết tập mờ và tích hợp trong môi trường GIS để thành lập bản đồ phân hạng thích hợp đất đai. Kết quả đánh giá trên diện tích 11.698,02 ha cho thấy đất đai tại xã Ba To được phân thành bốn cấp thích hợp bao gồm rất thích hợp (S1), thích hợp trung bình (S2), ít thích hợp (S3) và không thích hợp (N). Các yếu tố hạn chế chủ yếu đối với phát triển cây cà gai leo là loại đất, tầng dày đất và thành phần cơ giới. Kết quả nghiên cứu đã xác định được các khu vực có tiềm năng phát triển cây cà gai leo, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho công tác quy hoạch sử dụng đất, bố trí không gian sản xuất và phát triển vùng dược liệu theo hướng hiệu quả và bền vững tại xã Ba To, tỉnh Quảng Ngãi.

Từ khóa: Cà gai leo; thích hợp đất đai; GIS; Fuzzy-AHP; đơn vị đất đai; xã Ba To

Ngày nhận bài: 08/06/2026 Ngày sửa lại: 08/07/2026 Ngày chấp nhận đăng: 17/07/2026 Ngày xuất bản: 30/08/2026

Land suitability assessment for the development of *solanum procumbens* cultivation in Ba To commune, Quang Ngai province

Truong Quang Hien*, Do Tan Nghi, Ngo Hong Duc

Faculty of Natural Sciences, Quy Nhon University, Gia Lai, Viet Nam

*Corresponding Author Email: truongquanghien@qnu.edu.vn

Abstract: This study was conducted to evaluate the land suitability for the cultivation of *Solanum procumbens* Lour. (Ca gai leo) in Ba To Commune, Quang Ngai Province, providing a scientific basis for land-use planning and the sustainable development of medicinal plant production. Based on the FAO land evaluation framework, integrated with the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy-AHP) and Geographic Information Systems (GIS), a land mapping unit (LMU) map was developed by overlaying thematic layers, including soil type, soil texture, soil depth, slope, and irrigation conditions. The weights of the evaluation criteria were determined using the Fuzzy-AHP method, while the thematic layers were standardized based on fuzzy set theory and integrated within the GIS environment to generate a land suitability map. The assessment, covering an area of 11,698.02 ha, classified the land into four suitability classes: highly suitable (S1), moderately suitable (S2), marginally suitable (S3), and not suitable (N). The primary limiting factors affecting the cultivation of *Solanum procumbens* were soil type, soil depth, and soil texture. The results identified areas with high potential for cultivating *Solanum procumbens* and provide an important scientific basis for land-use planning, spatial allocation of agricultural production, and the sustainable development of medicinal plant cultivation in Ba To Commune, Quang Ngai Province.

Keywords: Ca gai leo; land suitability assessment; GIS; Fuzzy-AHP; land mapping units; Ba To Commune.

Submission received: 08/08/2026

Revised: 08/07/2026

Accepted: 17/07/2026

Published: 30/08/2026

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng dược liệu phục vụ chăm sóc sức khỏe và sản xuất dược phẩm ngày càng tăng, thúc đẩy phát triển các vùng trồng cây dược liệu theo hướng tập trung và bền vững. Cà gai leo (*Solanum procumbens* Lour.) là loài cây dược liệu bản địa có giá trị kinh tế và y học cao, được sử dụng rộng rãi trong hỗ trợ điều trị các bệnh về gan và tăng cường sức khỏe. Do đó, việc lựa chọn các khu vực có điều kiện tự nhiên phù hợp để phát triển cây cà gai leo có ý nghĩa quan trọng trong nâng cao hiệu quả sử dụng đất và phát triển vùng nguyên liệu dược liệu. Đánh giá thích hợp đất đai là cơ sở khoa học quan trọng trong quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp. Theo khung đánh giá đất đai của FAO (1976), mức độ thích hợp được xác định

thông qua việc so sánh các đặc tính của đất đai với yêu cầu sinh thái của cây trồng. Hiện nay, sự kết hợp giữa hệ thống thông tin địa lý (GIS) và các phương pháp phân tích đa tiêu chí, đặc biệt là phương pháp phân tích thứ bậc mờ (Fuzzy-AHP), đã được ứng dụng rộng rãi trong đánh giá đất đai nhờ khả năng tích hợp dữ liệu không gian, xử lý tính không chắc chắn trong đánh giá chuyên gia và nâng cao độ tin cậy của kết quả.

Xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi được thành lập trên cơ sở sáp nhập thị trấn Ba Tơ, xã Ba Cung và xã Ba Bích theo Nghị quyết số 1677/NQ-UBTVQH15 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội. Khu vực nghiên cứu có địa hình đồi núi, khí hậu nhiệt đới gió mùa và quỹ đất sản xuất khá đa dạng, tạo điều kiện thuận lợi để phát triển các loại cây dược liệu, trong đó có cây cà gai leo. Tuy nhiên, đặc điểm đất đai và địa hình có sự phân hóa rõ rệt, dẫn đến mức độ thích hợp đối với cây trồng không đồng đều giữa các khu vực. Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu ứng dụng GIS và Fuzzy-AHP trong đánh giá thích hợp đất đai cho các loại cây trồng, nhưng chưa có công trình nào đánh giá một cách hệ thống mức độ thích hợp đất đai đối với cây cà gai leo tại xã Ba Tơ, đồng thời xây dựng bản đồ phân hạng thích hợp đất đai phục vụ quy hoạch vùng nguyên liệu dược liệu. Đây là khoảng trống khoa học cần được bổ sung.

Xuất phát từ thực tiễn trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá mức độ thích hợp đất đai cho phát triển cây cà gai leo trên địa bàn xã Ba Tơ bằng phương pháp tích hợp GIS và Fuzzy-AHP. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho quy hoạch sử dụng đất, bố trí không gian sản xuất và phát triển vùng nguyên liệu cà gai leo theo hướng hiệu quả, bền vững [1].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Nghiên cứu sử dụng các nguồn dữ liệu thứ cấp và điều tra thực địa phục vụ đánh giá mức độ thích hợp đất đai cho phát triển cây cà gai leo trên địa bàn xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi. Các dữ liệu được thu thập gồm bản đồ đất, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, mô hình số độ cao (DEM), các tài liệu về đặc tính sinh thái của cây cà gai leo và các báo cáo chuyên ngành liên quan đến điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, công tác khảo sát thực địa được thực hiện nhằm kiểm tra, bổ sung và hiệu chỉnh thông tin bản đồ, đồng thời xác định đặc điểm phân bố của các loại đất phục vụ xây dựng cơ sở dữ liệu không gian [2].

2.2. Phương pháp xây dựng bản đồ đơn vị đất đai

Bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng bằng phương pháp chồng xếp các lớp thông tin chuyên đề trong môi trường GIS. Các yếu tố được lựa chọn bao gồm loại đất, thành phần cơ giới, tầng dày đất, độ dốc và chế độ tưới địa hình. Các lớp dữ liệu được chuẩn hóa về cùng hệ quy chiếu và định dạng dữ liệu trước khi thực hiện chồng xếp. Kết quả thu được là các đơn vị đất đai đồng nhất về đặc tính đất và địa hình, làm cơ sở cho việc đánh giá thích hợp đất đai đối với cây cà gai leo [3].

2.3. Phương pháp đánh giá thích hợp đất đai

Việc đánh giá thích hợp đất đai được thực hiện theo khung đánh giá đất đai của FAO (1976), dựa trên nguyên tắc so sánh yêu cầu sinh thái của cây cà gai leo với đặc điểm của từng đơn vị đất đai. Các chỉ tiêu đánh giá gồm loại đất, thành phần cơ giới, tầng dày đất, độ dốc và chế độ tưới. Mức độ thích hợp được phân thành bốn cấp: rất thích hợp (S1), thích hợp (S2), ít thích hợp (S3) và không thích hợp (N) [5].

2.4. Phương pháp phân tích Fuzzy-AHP

Phương pháp Fuzzy-AHP được sử dụng để xác định trọng số của các tiêu chí đánh giá thích hợp đất đai. Phương pháp này kết hợp giữa kỹ thuật phân tích thứ bậc AHP và lý thuyết tập mờ nhằm giảm thiểu tính chủ quan trong quá trình đánh giá. Quy trình thực hiện gồm các bước: (i) xây dựng cấu trúc phân cấp các tiêu chí đánh giá; (ii) thiết lập ma trận so sánh cặp giữa các tiêu chí; (iii) chuyển đổi các giá trị đánh giá sang số mờ tam giác (Triangular Fuzzy Number - TFN); (iv) tính toán trọng số mờ của từng tiêu chí; (v) giải mờ để xác định trọng số cuối cùng; và (vi) kiểm tra tính nhất quán của ma trận so sánh thông qua tỷ số nhất quán (Consistency Ratio - CR). Ma trận được chấp nhận khi giá trị CR nhỏ hơn 0,1.

Các tiêu chí đánh giá được chuẩn hóa theo lý thuyết tập mờ nhằm chuyển đổi các giá trị thuộc tính khác nhau về cùng một thang đo từ 0 đến 1. Giá trị càng tiến gần đến 1 thể hiện mức độ thích hợp càng cao đối với cây cà gai leo. Việc chuẩn hóa Fuzzy cho phép phản ánh tốt hơn tính liên tục và không chắc chắn của các yếu tố tự nhiên trong đánh giá thích hợp đất đai [3].

2.5. Phương pháp phân tích không gian GIS

Phần mềm ArcGIS được sử dụng để quản lý, xử lý và phân tích dữ liệu không gian. Các lớp bản đồ chuyên đề được xây dựng và chuẩn hóa, sau đó tích hợp vào cơ sở dữ liệu GIS. Trên cơ sở các trọng số xác định bằng phương pháp Fuzzy-AHP, các lớp thông tin được chồng xếp bằng phương pháp tổng hợp có trọng số (Weighted Linear Combination - WLC) để tính toán chỉ số thích hợp đất đai cho từng đơn vị không gian.

Chỉ số thích hợp đất đai (LSI) được xác định theo công thức:

$$LSI = \sum_{i=1}^n W_i X_i$$

Trong đó: W_i là trọng số của tiêu chí thứ i , X_i là giá trị chuẩn hóa Fuzzy của tiêu chí thứ i .

2.6. Phương pháp phân hạng thích hợp đất đai

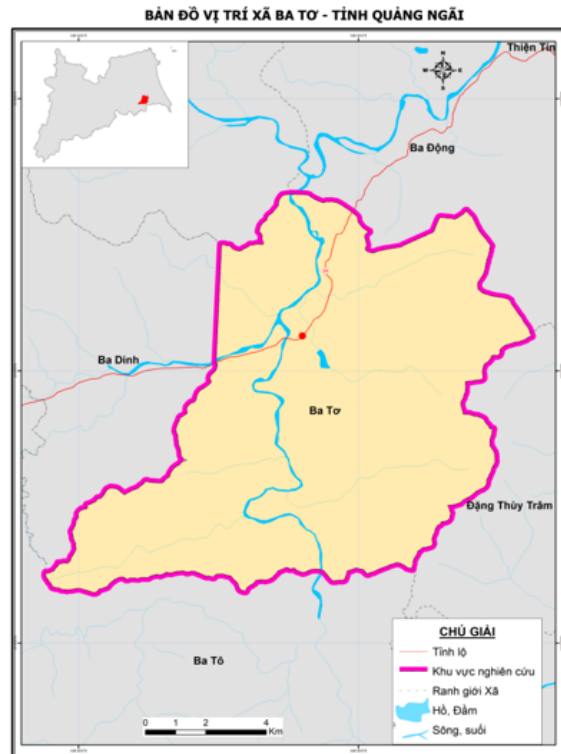
Kết quả tính toán chỉ số thích hợp đất đai được phân thành bốn cấp gồm: rất thích hợp (S1), thích hợp (S2), ít thích hợp (S3) và không thích hợp (N). Trên cơ sở đó, bản đồ phân hạng thích hợp đất đai đối với cây cà gai leo được thành lập, đồng thời thống kê diện tích của từng cấp thích hợp nhằm phục vụ đề xuất định hướng phát triển vùng trồng cây cà gai leo trên địa bàn xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi [4, 5].

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Khái quát về địa bàn nghiên cứu

Xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi được thành lập trên cơ sở sáp nhập thị trấn Ba Tơ, xã Ba Cung và xã Ba Bích thuộc huyện Ba Tơ cũ theo Nghị quyết số 1677/NQ-UBTVQH15 của Ủy ban Thường vụ Quốc hội về sắp xếp đơn vị hành chính cấp xã giai đoạn 2023–2025. Đây là xã miền núi nằm ở phía Tây Nam tỉnh Quảng Ngãi, cách trung tâm tỉnh lỵ khoảng 60 km và có vị trí thuận lợi khi nằm trên tuyến Quốc lộ 24 kết nối khu vực duyên hải Nam Trung Bộ với Tây Nguyên [6].

Địa hình xã Ba Tơ chủ yếu là đồi núi, có độ cao dao động từ 300–1.800 m so với mực nước biển. Mặc dù địa hình bị chia cắt mạnh bởi hệ thống sông suối và các dãy núi, song dọc theo các thung lũng và ven sông đã hình thành nhiều khu vực đất tương đối bằng phẳng với tầng đất khá dày và khả năng thoát nước tốt. Đây là những điều kiện thuận lợi cho phát triển các loại cây dược liệu thích hợp với địa hình đồi núi, trong đó có cây cà gai leo. Khí hậu khu vực mang đặc trưng nhiệt đới gió mùa của vùng duyên hải Nam Trung Bộ, chịu ảnh hưởng của địa hình phía Đông dãy Trường Sơn. Nhiệt độ trung bình năm khoảng 25°C, tháng lạnh nhất đạt khoảng 18°C; tổng lượng bức xạ lớn, số giờ nắng cao và lượng mưa tương đối dồi dào. Điều kiện khí hậu nóng ẩm cùng chế độ nhiệt ổn định tạo môi trường thuận lợi cho quá trình sinh trưởng, phát triển



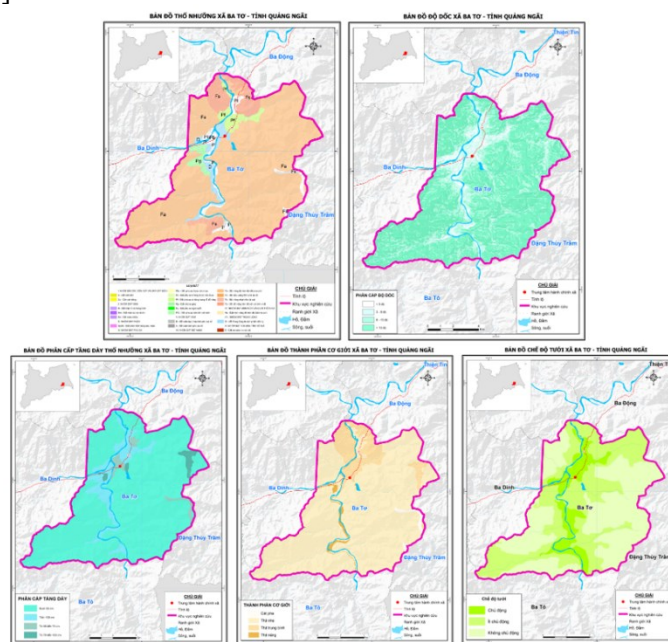
Hình 1. Bản đồ vị trí xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi

và tích lũy hoạt chất của nhiều loài cây dược liệu [7].

Đối với cây cà gai leo, các điều kiện tự nhiên của xã Ba Tơ tương đối phù hợp với yêu cầu sinh thái của cây. Cà gai leo là loài cây ưa sáng, chịu hạn khá tốt, thích hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, đất thoát nước tốt và địa hình đồi thấp đến trung bình. Nguồn tài nguyên đất đa dạng cùng quỹ đất đồi núi rộng lớn là lợi thế quan trọng để hình thành các vùng sản xuất cà gai leo tập trung gắn với phát triển kinh tế địa phương. Tuy nhiên, một số khu vực có độ dốc lớn và chịu tác động của quá trình xói mòn, rửa trôi vào mùa mưa có thể ảnh hưởng đến khả năng mở rộng sản xuất, đòi hỏi cần có sự đánh giá thích hợp đất đai nhằm lựa chọn các khu vực ưu tiên phát triển cây trồng này một cách hiệu quả và bền vững [1].

3.2. Các yếu tố phân cấp chỉ tiêu và tổng hợp đặc tính các LMU

Qua nghiên cứu, Ba Tơ có 9 loại đất chính là đất thung lũng do sản phẩm dốc tụ, đất vàng đỏ trên đá Mácma axit, đất nâu đỏ trên đá Mácma bazơ và trung tính, đất đỏ vàng biến đổi do trồng lúa nước, đất đỏ vàng trên đá sét và biến chất, đất phù sa không được bồi, đất phù sa được bồi đắp, đất phù sa có tầng loang lổ đỏ vàng, đất phù sa Gley. Trong đó, loại đất có diện tích lớn nhất là đất vàng đỏ trên đá Mácma axit (9.363,84 ha), ít nhất là đất đỏ vàng biến đổi do trồng lúa nước (75,30 ha) [8, 9].



Hình 2. Bản đồ thành phần phục vụ đánh giá đất

Bảng 1. Phân cấp chỉ tiêu đơn vị bản đồ đất đai xã Ba Tơ

Chỉ tiêu	Phân cấp	Ký hiệu	Diện tích (ha)
1. Loại đất	1. Đất thung lũng do sản phẩm dốc tụ	G1	418,90
	2. Đất vàng đỏ trên đá Mácma axit	G2	9.363,84
	3. Đất nâu đỏ trên đá Mácma bazơ và trung tính	G3	109,40
	4. Đất đỏ vàng biến đổi do trồng lúa nước	G4	75,30
	5. Đất đỏ vàng trên đá sét và biến chất	G5	907,40
	6. Đất phù sa không được bồi	G6	248,60
	7. Đất phù sa được bồi đắp	G7	59,88
	8. Đất phù sa có tầng loang lổ đỏ vàng	G8	317,50
	9. Đất phù sa gley	G9	188,20
2. Thành phần cơ giới	1. Cát pha	T1	109,40
	2. Thịt nhẹ	T2	10.031,92

Chỉ tiêu	Phân cấp	Ký hiệu	Diện tích (ha)
3. Tầng dày	3. Thớt trung bình	T3	1.316,00
	4. Thớt nặng	T4	231,70
	1. >100 cm	D1	1.163,35
	2. 70 -100 cm	D2	199,93
4. Độ dốc	3. 50 – 70 cm	D3	253,49
	4. Dưới 50 cm	D4	10.072,25
	1. Độ dốc <3	SL1	1.410,50
	2. Độ dốc 3 -8	SL2	1.970,00
5. Chế độ tưới	3. Độ dốc 8 - 15	SL3	3.303,00
	4. Độ dốc 15 – 20	SL4	5.005,52
	1. Chủ động	R1	1.454,58
	2. Ít chủ động	R2	4.707,85
	3. Không chủ động	R3	5.526,59

Nguồn: [10]

Dựa vào những số liệu các chỉ tiêu đơn vị bản đồ đất đai (LMU) của xã Ba Tơ ở bảng 1, tổng hợp được đặc tính và tính chất của các LMU, làm cơ sở cho việc phân hạng phù hợp của đất đai đối với các loại cây trồng trên khu vực nghiên cứu.

3.3. Xây dựng bản đồ đơn vị đất đai

Bản đồ đơn vị đất đai (Land Mapping Unit - LMU) là cơ sở quan trọng trong đánh giá thích hợp đất đai, phản ánh sự đồng nhất tương đối về các đặc tính đất đai và địa hình trong từng đơn vị không gian. Trong nghiên cứu này, bản đồ đơn vị đất đai được xây dựng bằng phương pháp chồng xếp các lớp thông tin chuyên đề gồm loại đất, thành phần cơ giới, tầng dày đất, độ dốc và chế độ tưới trong môi trường GIS. Các lớp dữ liệu sau khi được chuẩn hóa và mã hóa theo các cấp phân loại đã được tích hợp bằng công cụ Overlay để tạo ra các đơn vị đất đai đồng nhất phục vụ đánh giá mức độ thích hợp đối với cây cà gai leo.

Bảng 2. Đặc tính của các đơn vị bản đồ đất đai xã Ba Tơ

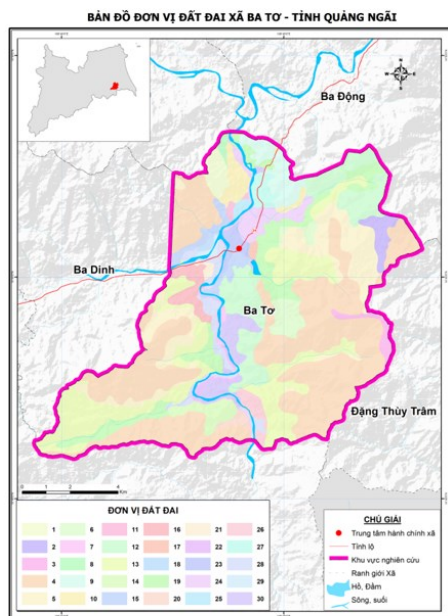
LMU	Đặc tính và tính chất các đơn vị đất đai					Diện tích (ha)
	G	T	D	SL	R	
1	5	2	1	1	1	138,20
2	2	2	3	4	1	146,30
3	2	3	4	4	1	101,80
4	2	4	1	1	1	3.914,52
5	2	4	1	2	1	991,10
6	2	4	1	4	1	233,10
7	1	1	2	3	2	142,80
8	5	2	1	1	2	32,80
9	5	2	1	2	2	296,60
10	5	2	1	4	2	200,50
11	8	2	2	4	2	26,50
12	2	4	1	1	2	944,90
13	2	4	1	2	2	1.679,40
14	5	4	1	2	2	181,60
15	6	4	1	3	2	238,30
16	9	4	2	3	2	188,10
17	2	4	3	3	2	24,90
18	7	4	2	3	2	23,80
19	2	4	1	4	2	782,30
20	6	4	2	4	2	51,70
21	1	1	3	3	3	28,70
22	6	1	2	4	3	60,10
23	1	2	4	3	3	116,40

24	8	2	2	3	3	246,20
25	8	2	2	4	3	44,80
26	2	4	1	2	3	118,30
27	4	4	2	3	3	122,60
28	1	4	2	3	3	280,80
29	7	4	2	3	3	36,10
30	2	4	1	4	3	295,80
Tổng						11.689,02

Kết quả chồng xếp bản đồ cho phép xác định các đơn vị đất đai đặc trưng của khu vực nghiên cứu, đồng thời thể hiện sự phân hóa không gian của các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến sinh trưởng và phát triển của cây cà gai leo. Đây là cơ sở để tiến hành đánh giá thích hợp đất đai theo phương pháp Fuzzy-AHP và xây dựng bản đồ phân hạng thích hợp đất đai cho cây trồng tại xã Ba Tơ (Hình 3).

3.4. Yêu cầu sinh thái của loại hình sử dụng đất trồng Cà gai leo

Đánh giá thích hợp đất đai được thực hiện trên cơ sở đối chiếu giữa đặc điểm của các đơn vị đất đai (Land Mapping Units - LMUs) và yêu cầu sinh thái của loại hình sử dụng đất (Land Utilization Type - LUT). Theo khung đánh giá đất đai của FAO, mức độ thích hợp của từng đơn vị đất đai được xác định thông qua việc so sánh các đặc tính đất đai và địa hình với yêu cầu sinh trưởng, phát triển của cây trồng mục tiêu [11].



Hình 3. Bản đồ đơn vị đất đai xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi

lượng hóa ý kiến chuyên gia dưới dạng số mờ tam giác (Triangular Fuzzy Number - TFN), góp phần giảm thiểu tính chủ quan trong quá trình đánh giá và nâng cao độ tin cậy của kết quả xác định trọng số. Năm tiêu chí được lựa chọn gồm loại đất (G), thành phần cơ giới (T), tầng dày đất (D), độ dốc (SL) và chế độ tưới (R) [3, 11].

Bảng 3. Tổng hợp yêu cầu của loại hình sử dụng đất trồng Cà gai leo

LUT	Yếu tố	Mức độ thích hợp			
		S1	S2	S3	N
Trồng Cà gai leo	1. Loại đất (G)	4,5	1,6	7,8	2,3,9
	2. Thành phần cơ giới (T)	3	1	2	4
	3. Tầng dày (D)	1	2	3	4
	4. Độ dốc (SL)	3	1	2	4
	5. Chế độ tưới (R)	3	2	1	-

Trong nghiên cứu này, loại hình sử dụng đất được lựa chọn là sản xuất cây cà gai leo. Do đó, việc xác định các yêu cầu sinh thái của cây cà gai leo là cơ sở quan trọng để xây dựng hệ thống tiêu chí đánh giá và phân hạng mức độ thích hợp đất đai. Các yếu tố được xem xét bao gồm loại đất, thành phần cơ giới, tầng dày đất, độ dốc và chế độ tưới, là những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng sinh trưởng, phát triển và năng suất của cây cà gai leo. Trên cơ sở các yêu cầu sinh thái này, nghiên cứu tiến hành phân cấp mức độ thích hợp cho từng tiêu chí nhằm phục vụ đánh giá và thành lập bản đồ thích hợp đất đai cho cây cà gai leo tại xã Ba Tơ.

3.5. Kết quả xác định trọng số các tiêu chí bằng Fuzzy-AHP

Nhằm xác định mức độ ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên đến khả năng thích hợp đất đai đối với cây Cà gai leo, nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc mờ (Fuzzy Analytic Hierarchy Process - Fuzzy-AHP). Phương pháp này cho phép

3.5.1. Xây dựng ma trận so sánh cặp và ma trận Fuzzy

Trên cơ sở yêu cầu sinh thái của cây cà gai leo, kết hợp với tham khảo ý kiến chuyên gia trong lĩnh vực thổ nhưỡng, cây dược liệu và quy hoạch sử dụng đất, ma trận so sánh cặp giữa các tiêu chí được xây dựng theo thang điểm Saaty (1980). Sau đó, các giá trị so sánh được chuyển đổi sang số mờ tam giác theo phương pháp của Chang (1996) để phục vụ tính toán trọng số.

Bảng 4. Ma trận so sánh cặp AHP

Tiêu chí	G	T	D	SL	R
Loại đất (G)	1	3	2	5	7
Tầng dày đất (D)	1/3	1	1/2	3	5
Thành phần cơ giới (T)	1/2	2	1	4	6
Độ dốc (SL)	1/5	1/3	1/4	1	3
Chế độ tưới (R)	1/7	1/5	1/6	1/3	1

Từ ma trận AHP, các giá trị được chuyển đổi sang số mờ tam giác để xây dựng ma trận Fuzzy-AHP như trình bày ở Bảng 5.

Bảng 5. Ma trận Fuzzy-AHP

Tiêu chí	G	T	D	SL	R
G	(1,1,1)	(2,3,4)	(1,2,3)	(4,5,6)	(6,7,8)
T	(0,25;0,33;0,50)	(1,1,1)	(0,33;0,50;1)	(2,3,4)	(4,5,6)
D	(0,33;0,50;1)	(1,2,3)	(1,1,1)	(4,5,6)	(6,7,8)
SL	(0,17;0,20;0,25)	(0,25;0,33;0,50)	(0,17;0,25;0,33)	(1,1,1)	(2,3,4)
R	(0,13;0,14;0,17)	(0,17;0,20;0,25)	(0,13;0,14;0,17)	(0,25;0,33;0,50)	(1,1,1)

Bảng 5 trình bày ma trận so sánh cặp các tiêu chí dưới dạng số mờ tam giác (TFN), được xây dựng từ ma trận AHP theo phương pháp Fuzzy-AHP. Các phần tử trên đường chéo chính đều có giá trị (1,1,1), thể hiện mức độ quan trọng ngang nhau của mỗi tiêu chí với chính nó. Các giá trị phía trên đường chéo biểu thị mức độ ưu tiên của tiêu chí hàng so với tiêu chí cột, trong khi các giá trị phía dưới là nghịch đảo mờ tương ứng, đảm bảo tính đối xứng của ma trận. Kết quả cho thấy loại đất (G) và tầng dày đất (D) được đánh giá là các tiêu chí có mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng thích hợp đất đai đối với cây cà gai leo, tiếp theo là thành phần cơ giới (T), độ dốc (SL) và chế độ tưới (R). Ma trận này là cơ sở để tính toán trọng số các tiêu chí trong bước đánh giá tiếp theo.

3.5.2. Kết quả tính trọng số các tiêu chí

Sau khi tính toán giá trị mở rộng tổng hợp (Synthetic Extent), giải mờ và chuẩn hóa, trọng số của các tiêu chí được xác định như trình bày ở Bảng 6.

Bảng 6. Trọng số các tiêu chí theo phương pháp Fuzzy-AHP

Tiêu chí	Trọng số	Thứ hạng
Loại đất (G)	0,32	1
Tầng dày đất (D)	0,27	2
Thành phần cơ giới (T)	0,18	3
Độ dốc (SL)	0,15	4
Chế độ tưới (R)	0,08	5
Tổng	1,00	

Kết quả cho thấy loại đất là tiêu chí có trọng số lớn nhất (0,32), phản ánh vai trò quyết định của đặc tính thổ nhưỡng đối với khả năng sinh trưởng và phát triển của cây cà gai leo. Tiếp theo là tầng dày đất (0,27), cho thấy chiều dày tầng đất hữu hiệu ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng phát triển bộ rễ và hấp thu dinh dưỡng của cây.

Thành phần cơ giới có trọng số 0,18, phản ánh vai trò của khả năng giữ nước, thoát nước và độ thông khí của đất. Độ dốc có trọng số 0,15, chủ yếu ảnh hưởng đến nguy cơ xói mòn, khả năng cơ giới hóa và tổ chức sản xuất. Trong khi đó, chế độ tưới có trọng số thấp nhất (0,08), cho thấy yếu tố này có ảnh hưởng thấp hơn so với các đặc tính đất đai trong điều kiện tự nhiên của xã Ba Tơ.

3.5.3. Kiểm tra tính nhất quán

Để đánh giá mức độ tin cậy của ma trận so sánh cặp, nghiên cứu tiến hành tính toán giá

trị riêng lớn nhất ($\lambda_{\max}$), chỉ số nhất quán (CI) và tỷ số nhất quán (CR) theo phương pháp của Saaty (1980).

Bảng 7. Kết quả kiểm tra tính nhất quán của ma trận

Chỉ tiêu	Giá trị
Số tiêu chí (n)	5
$\lambda_{\max}$	5,217
CI	0,054
RI	1,120
CR	0,048

Kết quả cho thấy tỷ số nhất quán CR = 0,048, nhỏ hơn ngưỡng chấp nhận 0,10, chứng tỏ ma trận so sánh cặp đạt tính nhất quán và các đánh giá của chuyên gia là đáng tin cậy. Do đó, các trọng số xác định bằng phương pháp Fuzzy-AHP hoàn toàn phù hợp để sử dụng trong bước chuẩn hóa các lớp dữ liệu và chồng xếp bản đồ GIS nhằm xây dựng bản đồ phân hạng thích hợp đất đai đối với cây cà gai leo tại xã Ba Tơ.

3.6. Đánh giá mức độ thích hợp hiện tại cho cây cà gai leo tại xã Ba Tơ

Dựa vào trọng số các tiêu chí theo phương pháp Fuzzy-AHP ở Bảng 6, ta tính chỉ số thích hợp đất đai. Chỉ số thích hợp đất đai được xác định bằng phương pháp chồng xếp tuyến tính có trọng số (Weighted Linear Combination - WLC), trong đó trọng số của các tiêu chí được xác định bằng phương pháp Fuzzy-AHP [12].

$$LSI = \sum_{i=1}^n W_i X_i$$

Trong đó: W_i là trọng số của tiêu chí thứ i , X_i là giá trị chuẩn hóa Fuzzy của tiêu chí thứ i .

Theo kết quả tính toán trọng số của nghiên cứu này, chỉ số thích hợp đất đai cho từng đơn vị đất đai được tính theo công thức sau:

$$LSI = (G \times 0,32) + (T \times 0,18) + (D \times 0,27) + (SL \times 0,15) + (R \times 0,08)$$

Kết quả tổng hợp mức độ thích hợp hiện tại của đất đai đối với cây cà gai leo tại xã Ba Tơ được xác định trên cơ sở chồng xếp các tiêu chí gồm loại đất, thành phần cơ giới, tầng dày đất, độ dốc và chế độ tưới trong môi trường GIS.

Bảng 8. Ngưỡng phân hạng thích hợp đất đai cho cây Cà gai leo

Chỉ số thích hợp	Phân hạng
>0,80	S1
0,60-0,80	S2
0,40-0,60	S3
<0,40	N

Nguyên tắc sắp xếp mức độ thích hợp đất đai dựa vào chỉ số thích hợp tổng hợp (LSI) so với ngưỡng phân hạng thích hợp đất đai cho cây Cà gai leo ở Bảng 8. Tuy nhiên, những đơn vị đất đai có yếu tố loại đất (G) không thích hợp thì được đánh giá là không thích hợp (N) [12,13]. Kết quả đánh giá được thể hiện ở Bảng 9.

Bảng 9. Tổng hợp mức độ thích hợp hiện tại của đất đai đối với sản xuất Cà gai leo tại xã Ba Tơ

LMU	Mức độ thích hợp của các yếu tố đánh giá					Chỉ số thích hợp tổng hợp (LSI)	Tổng hợp mức độ thích hợp	Yếu tố hạn chế chủ yếu	Diện tích (ha)
	G	T	D	SL	R				
1	1,00	0,50	1,00	0,75	0,50	0,83	S1	T, R	138,20
2	-	0,50	0,50	-	0,50	0,27	N	G, SL	146,30
3	-	1,00	-	-	0,50	0,22	N	G, D, SL	101,80
4	-	-	1,00	0,75	0,50	0,42	N	G, T	3.914,52
5	-	-	1,00	0,50	0,50	0,39	N	G, T	991,10
6	-	-	1,00	-	0,50	0,31	N	G, T, SL	233,10

LMU	Mức độ thích hợp của các yếu tố đánh giá					chỉ số thích hợp tổng hợp (LSI)	Tổng hợp mức độ thích hợp	Yếu tố hạn chế chủ yếu	Diện tích (ha)
	G	T	D	SL	R				
7	0,75	0,75	0,75	1,00	0,75	0,79	S2	D	142,80
8	1,00	0,50	1,00	0,75	0,75	0,85	S1	T	32,80
9	1,00	0,50	1,00	0,50	0,75	0,82	S1	T, SL	296,60
10	1,00	0,50	1,00	-	0,75	0,74	S2	SL	200,50
11	0,50	0,50	0,75	-	0,75	0,51	S3	G, SL	26,50
12	-	-	1,00	0,75	0,75	0,44	N	G, T	944,90
13	-	-	1,00	0,50	0,75	0,41	N	G, T	1.679,40
14	1,00	-	1,00	0,50	0,75	0,73	S2	T	181,60
15	0,75	-	1,00	1,00	0,75	0,72	S2	T	238,30
16	-	-	0,75	1,00	0,75	0,41	N	G, T	188,10
17	-	-	0,50	1,00	0,75	0,35	N	G, T, D	24,90
18	0,50	-	0,75	1,00	0,75	0,57	S3	T, G	23,80
19	-	-	1,00	-	0,75	0,33	N	G, T, SL	782,30
20	0,75	-	0,75	-	0,75	0,50	S3	T, SL	51,70
21	0,75	0,75	0,50	1,00	1,00	0,74	S2	D	28,70
22	0,75	0,75	0,75	-	1,00	0,66	S2	SL	60,10
23	0,75	0,50	-	1,00	1,00	0,56	S3	D, T	116,40
24	0,50	0,50	0,75	1,00	1,00	0,68	S2	G, T	246,20
25	0,50	0,50	0,75	-	1,00	0,53	S3	G, SL	44,80
26	-	-	1,00	0,50	1,00	0,43	N	G, T	118,30
27	1,00	-	0,75	1,00	1,00	0,75	S2	D	122,60
28	0,75	-	0,75	1,00	1,00	0,67	S2	T	280,80
29	0,50	-	0,75	1,00	1,00	0,59	S3	G, T	36,10
30	-	-	1,00	-	1,00	0,35	N	G, T, SL	295,80
Tổng									11.689,02

Ghi chú:

G: Loại đất

T: Thành phần cơ giới đất

D: Độ dày tầng đất

SL: Độ dốc

R: Chế độ tưới

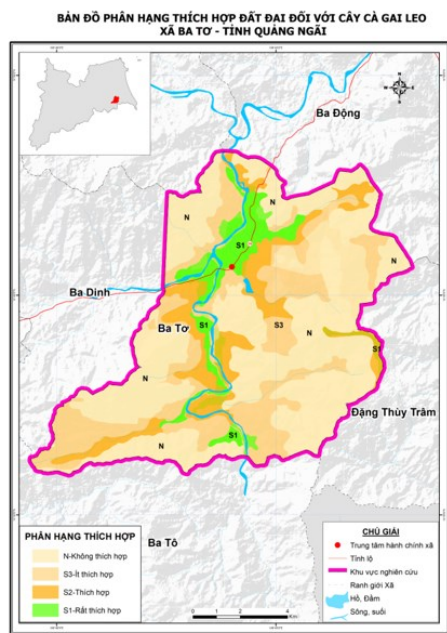
Kết quả đánh giá cho thấy các yếu tố hạn chế chủ yếu đối với phát triển cây cà gai leo tại xã Ba Tơ là loại đất (G), tầng dày đất (D) và thành phần cơ giới (T). Trong khi đó, các yếu tố địa hình như độ dốc (SL) và chế độ tưới (R) có mức độ ảnh hưởng thấp hơn nhưng vẫn tác động đến khả năng tổ chức sản xuất và phát triển vùng trồng tập trung. Kết quả này phù hợp với trọng số các tiêu chí được xác định bằng phương pháp Fuzzy-AHP, trong đó nhóm yếu tố đất đai đóng vai trò quyết định đến mức độ thích hợp của cây cà gai leo.

Bản đồ phân hạng thích hợp đất đai được xây dựng là cơ sở quan trọng để định hướng quy hoạch vùng trồng cà gai leo, góp phần khai thác hiệu quả tiềm năng đất đai và phát triển cây dược liệu theo hướng bền vững tại xã Ba Tơ.

3.7. Thống kê mức độ thích hợp của các loại hình sử dụng đất theo LMU

Dựa vào kết quả của việc đánh giá thích hợp của các LUT được tổng hợp ở các bảng 9; thống kê mức độ thích hợp của các LUT theo các kiểu thích hợp, kết quả được thể hiện ở các Bảng 10.

Kết quả phân hạng thích hợp cho thấy diện tích đất thuộc nhóm không thích hợp (N) chiếm tỷ lệ lớn (80,59%), phản ánh những hạn chế đáng kể về điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu, đặc biệt là sự kết hợp của loại đất, tầng dày đất, thành phần cơ giới và chế độ tưới chưa đáp ứng yêu cầu sinh thái của cây cà gai leo. Ngược lại, các khu vực thuộc nhóm rất thích hợp (S1) và thích hợp trung bình (S2) với tổng diện tích 1.969,20 ha là những vùng có điều kiện thuận lợi



Hình 4. Bản đồ phân hạng thích hợp đối với cây Cà gai leo tại xã Ba Tơ

để hình thành các vùng trồng cà gai leo tập trung. Đối với nhóm ít thích hợp (S3) chiếm diện tích ít nhất, mặc dù còn tồn tại một số yếu tố hạn chế, nhưng vẫn có thể khai thác cho sản xuất khi áp dụng các biện pháp cải tạo đất, tăng cường tưới tiêu và quản lý canh tác phù hợp. Kết quả này không chỉ phản ánh tiềm năng phát triển cây cà gai leo tại xã Ba Tơ mà còn cung cấp cơ sở khoa học cho việc định hướng quy hoạch sử dụng đất và phát triển vùng nguyên liệu dược liệu theo hướng hiệu quả, bền vững [14].

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy việc tích hợp GIS với phương pháp Fuzzy-AHP giúp lượng hóa mức độ ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên và phản ánh tính liên tục của mức độ thích hợp đất đai, qua đó khắc phục được tính chủ quan của phương pháp đánh giá theo truyền thống và nâng cao độ tin cậy của bản đồ phân hạng thích hợp đất đai. Điều này phù hợp với xu hướng ứng dụng phân tích đa tiêu chí trong đánh giá đất đai được nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước áp dụng [15].

Bảng 10. Thống kê diện tích đất và mức độ thích hợp hiện tại của đất đai đối với sản xuất Cà gai leo tại xã Ba Tơ theo kiểu thích hợp

STT	Đơn vị bản đồ đất đai	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)	Mức độ thích hợp
1	1, 8, 9	467,6	4,00	Rất thích hợp (S1)
2	7, 10, 14, 15, 21, 22, 24, 27, 28	1.501,6	12,85	Thích hợp trung bình (S2)
3	11, 18 20, 23, 25	299,30	2,56	Ít thích hợp (S3)
4	2, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 16, 17, 19, 26, 30	9.420,52	80,59	Không thích hợp (N)
Tổng		11.689,02	100,00	

4. Kết luận

Nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp đánh giá đất đai của FAO kết hợp với phân tích thứ bậc mờ (Fuzzy-AHP) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) để đánh giá mức độ thích hợp đất đai phục vụ phát triển cây cà gai leo tại xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi. Trên cơ sở chồng xếp các lớp thông tin về loại đất, thành phần cơ giới, tầng dày đất, độ dốc và chế độ tưới, nghiên cứu đã xây dựng được bản đồ đơn vị đất đai và bản đồ phân hạng thích hợp đất đai cho cây cà gai leo.

Kết quả xác định trọng số bằng Fuzzy-AHP cho thấy loại đất, tầng dày đất và thành phần cơ giới là ba yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến mức độ thích hợp đất đai. Ma trận so sánh cặp đạt tỷ số nhất quán $CR = 0,048 (< 0,10)$, khẳng định độ tin cậy của kết quả tính toán. Trên tổng diện tích 11.689,02 ha, đất đai được phân thành bốn cấp thích hợp, gồm 467,60 (4,00%) rất thích hợp (S1), 1.501,60 ha (12,85%) thích hợp trung bình (S2), 299,30 ha (2,56%) ít thích hợp (S3) và 9.420,52 ha (80,59%) không thích hợp (N). Như vậy, tổng diện tích có khả năng phát triển cây cà gai leo (S1, S2 và S3) đạt 2.268,50 ha, chiếm 19,40710171% diện tích tự nhiên của khu vực nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học quan trọng cho việc quy hoạch vùng trồng cà gai leo, góp phần sử dụng hợp lý tài nguyên đất và phát triển vùng dược liệu theo hướng hiệu quả, bền vững tại xã Ba Tơ, tỉnh Quảng Ngãi.

Cam kết của các tác giả

Các tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] UBND tỉnh Quảng Ngãi, “Báo cáo tình hình Kinh tế - xã hội tỉnh Quảng Ngãi năm 2025”, 2025.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường, “Thông tư số: 11/2024/TT-BTNMT ngày 31 tháng 7 năm 2024

- Quy định kỹ thuật điều tra, đánh giá đất đai; kỹ thuật bảo vệ, cải tạo, phục hồi đất, Hà Nội”, 2024.
- [3] Nguyễn Văn Lợi, Trần Kim Ngọc, Phạm Duy Hưng, Ứng dụng phương pháp AHP, FAHP và GIS trong đánh giá sự thích hợp loài quế bản địa ở Trà Bồng, Quảng Ngãi, *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn*, Đại học Huế Tập 129, Số 3D, 2020, Tr. 5–19. <https://doi.org/10.26459/hueuni-jard.v129i3D.5713>
- [4] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), “Guidelines for soil description (4th ed.),” FAO, 2006.
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), “A framework for land evaluation,” *FAO Soils Bulletin*, No. 32., 1976.
- [6] UBND tỉnh Kon Tum, “Báo cáo tình hình Kinh tế - xã hội tỉnh Kon Tum năm 2024,” 2024.
- [7] UBND tỉnh Quảng Ngãi, “Báo cáo tình hình Kinh tế - xã hội tỉnh Quảng Ngãi năm 2024,” 2024.
- [8] Bộ Tài nguyên và Môi trường, “Bản đồ đất Việt Nam tỷ lệ 1:1.000.000”, *Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam*, 2015.
- [9] Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, “Sổ tay phân loại đất Việt Nam,” *Nhà xuất bản Nông nghiệp*, 2014.
- [10] Trung tâm Thông tin và Dữ liệu Đất đai - Tổng cục Quản lý đất đai, “Báo cáo hiện trạng tài nguyên đất Việt Nam phục vụ quy hoạch sử dụng đất thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn 2050,” Hà Nội, 2020.
- [11] Đỗ Văn Hải, Hoàng Văn Hùng, Đàm Thị Hạnh, Ứng dụng công nghệ GIS xây dựng bản đồ đơn vị đất đai phục vụ đánh giá đất đai cho cây dược liệu tại tỉnh Lào Cai, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên*, 229(13), tr. 480–488, 2024. <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.10429>
- [12] Otgonbayar, M., Atzberger, C., Chambers, J., Amarsaikhan, D., Böck, S. and Tsogtbayar, J, Land Suitability Evaluation for Agricultural Cropland in Mongolia Using the Spatial MCDM Method and AHP Based GIS. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 5, 238-263, 2017. <https://doi.org/10.4236/gep.2017.59017>
- [13] Truong, Q., Ma, Z., Ma, C., He, L., Luong, T, Applications of GIS for Evaluation Land Suitability for Development Planning of Peanut Production. In: Bian, F., Xie, Y. (eds) *Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem, GRMSE 2014, Communications in Computer and Information Science*, vol 482, *Springer, Berlin, Heidelberg*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45737-5_66
- [14] Nguyễn Văn Bình, Thi Phú Quý, Nguyễn Phúc Khoa, Đánh giá thích hợp đất đai đối với một số loại hình sử dụng đất nông nghiệp tại thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng, *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, Tập 129, Số 3A, tr. 97–112, 2020. <http://dx.doi.org/10.26459/hueuni-jard.v129i3A.5619>
- [15] Trung, N., Hà, C., & Giang, L, Đánh giá thích hợp đất đai phục vụ phát triển vùng chuyên canh cây trồng cho huyện Yên Lạc, tỉnh Vĩnh Phúc, *Tạp Chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 18(8), 626–636, 2024. <https://vie.vjas.vn/index.php/vjasvn/article/view/703>

