

THÀNH LẬP BẢN ĐỒ THOÁI HÓA ĐẤT PHỤC VỤ CẢNH BÁO HOANG MẠC HÓA CẤP TỈNH

LƯU THỂ ANH

Viện Địa lý, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Bản đồ thoái hóa đất là một dạng bản đồ chuyên đề trong hệ thống bản đồ địa lý, có ý nghĩa quan trọng trong công tác quản lý và sử dụng bền vững tài nguyên đất. Bài báo trình bày tóm tắt các bước và quy trình thành lập bản đồ thoái hóa đất cấp tỉnh tỷ lệ 1/100.000 trên quan điểm địa lý tổng hợp phục vụ cảnh báo hoang mạc hóa, lấy ví dụ hai tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khu vực Đắk Lắk và Đắk Nông đã và đang diễn ra các quá trình thoái hóa đất do nguyên nhân tự nhiên và hoạt động của con người.

Nội dung của bài báo là một trong những kết quả nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu tổng hợp thoái hóa đất, hoang mạc hóa ở Tây Nguyên và đề xuất giải pháp sử dụng đất bền vững”, thuộc Chương trình khoa học và công nghệ (KH&CN) phục vụ phát triển kinh tế - xã hội vùng Tây Nguyên (Chương trình Tây Nguyên 3).

LAND DEGRADATION MAPPING FOR DESERTIFICATION WARNING AT PROVINCIAL LEVEL

Summary

Land degradation map is one of thematic maps in geographic mapping system. It plays an important role in the management and sustainable use of land resources. This paper presents a summary of the steps and processes of land degradation mapping at provincial level scale of 1:100.000 for desertification warning based on integrated geographic approach in Dak Lak and Dak Nong provinces. The research results show, the study area is an ongoing process of land degradation due to natural causes and human activity.

This is one of the main results of the project named “Integrated study on land degradation and desertification in the Central Highlands of Vietnam and the measurement proposal for sustainable land use”, which belongs to the National Programme of Scientific and Technological for Socio-Economic Development in the Central Highlands.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Đứng trước thực trạng thoái hóa đất và hoang mạc hóa ngày càng lan rộng trên phạm vi toàn cầu, Chương trình môi trường của Liên hợp quốc (UNEP) đã kêu gọi cộng đồng quốc tế cần nghiên cứu ngăn ngừa thoái hóa đất và hoang mạc hóa ở mỗi quốc gia và chỉ rõ sự cần thiết phải xây dựng bản đồ thoái hóa đất [9]. Sự thành công trong ứng phó với thoái hóa đất đòi hỏi phải hiểu rõ những nguyên nhân, mức độ và tác động của thoái hóa đất trong mối liên hệ với các yếu tố tự nhiên và hoạt động kinh tế - xã hội [8]. Đến nay, nhiều tác giả trên thế giới đã tiến hành xây dựng bản đồ thoái hóa đất ở các tỷ lệ khác nhau: quy mô toàn cầu tỷ lệ 1/10.000.000 [6]; vùng Nam Phi và Trung Cận Đông, Nam và Đông Nam Á tỷ lệ 1/5.000.000 [4], [7]; vùng Trung và Đông Âu tỷ lệ 1/2.500.000 [5]; vùng Mỹ La tinh tỷ lệ 1/1.000.000 [6] và tỷ lệ lớn hơn cho cấp quốc gia. Các tác giả đã phân cấp mức độ thoái hóa làm 4 cấp: nhẹ, trung bình, mạnh, rất mạnh.

Ở Việt Nam, số liệu quan trắc nhiều năm cho thấy, thoái hóa đất là xu thế chung ở các vùng. Các quá trình thoái hóa đất do xói mòn, rửa trôi, trượt lở ở vùng núi; xâm nhập mặn, cát bay và cát chảy ở vùng ven biển và hoang mạc hóa, khô hạn ở miền Trung và Tây Nguyên

đang diễn ra phổ biến với tốc độ nhanh và ngày càng nghiêm trọng hơn [2]. Bên cạnh đó, sức ép của dân số lên đất đai cùng với việc sử dụng đất thiếu hợp lý, đã làm cho đất đai bị thoái hóa, giảm sức sản xuất và kéo theo hàng loạt hệ lụy về môi trường. Trong 21 triệu hecta đất nông nghiệp ở Việt Nam, có đến 9,34 triệu hecta bị thoái hóa, ảnh hưởng đến cuộc sống của 22 triệu người [1]. Vì vậy, nghiên cứu xây dựng bản đồ thoái hóa đất cấp quốc gia, cấp vùng, cấp tỉnh đến cấp huyện là hết sức cần thiết trong tình hình hiện nay.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- *Phương pháp thu thập, tổng hợp số liệu:* thu thập các tài liệu, số liệu và bản đồ chuyên đề về điều kiện tự nhiên; tình hình sử dụng đất; kinh tế - xã hội; kết quả phân tích lý hóa học các mẫu đất đại diện cho các nhóm và loại đất chính khu vực nghiên cứu.

- *Phương pháp khảo sát thực địa:* công tác khảo sát thực địa được thực hiện theo các tuyến (mặt cắt) chính gồm:

+ *Mặt cắt AB:* từ Cầu 110 (ranh giới Gia Lai với Đắk Lắk) (tọa độ 13°24'30,27" VDB; 108°05'29,71" KĐĐ), theo quốc lộ 14 qua Ea H'leo - Krông Búk - Buôn Mê Thuột - Đắk Mil - Gia Nghĩa - Đắk R'lấp (tọa độ 11°54'44,33" VDB và 107°23'18,52" KĐĐ).

+ *Mặt cắt CD:* từ trung tâm huyện Buôn Đôn (tọa độ 12°52'45,01" VDB và 107°42'58,53" KĐĐ) theo tỉnh lộ 681 qua Buôn Mê Thuột - Krông Păk, theo quốc lộ 26 qua Ea Kar đến M'Đrắk (tọa độ 12°43'08,93" VDB và 108°45'35,48" KĐĐ).

Tại các điểm chìa khóa trên các mặt cắt này, tiến hành nghiên cứu các phẫu diện đại diện cho 11 nhóm đất chính và các loại hình sử dụng đất. Chụp ảnh phẫu diện và cảnh quan phẫu diện, lấy các mẫu đất để phân tích thành phần lý hóa học. Các dạng và mức độ thoái hóa, hoang mạc hóa được nhận dạng ngay trên thực địa và mô tả chi tiết trong các bản tả phẫu diện, tọa độ được xác định bằng máy định vị GPS cầm tay.

- *Phương pháp phân tích phòng thí nghiệm:* 100 mẫu đất của 46 phẫu diện đất đã được thu thập và phân tích tại Phòng Phân tích Tổng hợp Địa lý Môi trường, Viện Địa lý. Ngoài ra, để tài đã thu thập và tham khảo kết quả phân tích của gần 337 mẫu đất đại diện cho các đơn vị đất chính và các loại hình sử dụng đất khác nhau ở Tây Nguyên.

- *Phương pháp so sánh phẫu diện:* đặc điểm hình thái của các phẫu diện đất phản ánh mức độ tác động và thoái hóa đất. Một phẫu diện hoàn chỉnh phản ánh mức độ phát triển và thuận thực của các đơn vị đất phát sinh.

Mức độ thoái hóa đất trước tiên thể hiện ở hình thái phẫu diện. Tầng A bề mặt - tầng tích tụ mùn phản ánh mức độ giàu mùn của đơn vị đất và có ý nghĩa trong canh tác, sự mất đi hoặc vùi lấp tầng A thể hiện mức độ thoái hóa đất. Một số tác giả đã sử dụng chỉ tiêu là các tầng đất trong phẫu diện để đánh giá mức độ xói mòn: xói mòn nhẹ - mất tầng A1, xói mòn trung bình - mất tầng A2, xói mòn mạnh - mất tầng B1, xói mòn rất mạnh - lộ tầng C [3].

- *Phương pháp bản đồ - viễn thám và GIS:* ảnh viễn thám SPOT4 chụp năm 2009 khu vực nghiên cứu được xử lý, giải đoán để thành lập bản đồ chuyên đề hiện trạng sử dụng đất và thảm thực vật. Trên cơ sở các chỉ tiêu và tiêu chí lựa chọn, các đặc điểm lý hóa học đất, tiến hành xây dựng các bản đồ chuyên đề. Phần mềm GIS (ArcGIS) cho phép phân tích liên hợp (chồng xếp) các bản đồ chuyên đề để thành lập bản đồ thoái hóa đất tiềm năng, bản đồ thoái hóa đất hiện tại và bản đồ thoái hóa đất tổng hợp tỷ lệ 1/100.000 khu vực nghiên cứu.

- *Phương pháp xây dựng bản đồ thoái hóa đất tiềm năng và bản đồ thoái hóa đất hiện tại:* mức độ thoái hóa đất tiềm năng và thoái hóa đất hiện tại được phân thành 4 cấp (nhẹ, trung bình, mạnh, rất mạnh). Sự phân chia này cũng phù hợp với hướng dẫn đánh giá thoái hóa đất vùng khô hạn của FAO. Trên cơ sở phân tích các yếu tố tiền đề dẫn đến các quá trình thoái hoá đất tiềm năng lãnh thổ nghiên cứu, các tiêu chí và chỉ tiêu được lựa chọn theo hệ thống phân vị như sau (xem bảng 1).

Bảng 1: hệ thống chỉ tiêu và tiêu chí thành lập bản đồ thoái hóa đất tiềm năng cấp tỉnh tỷ lệ 1/100.000

STT	Tiêu chí	Chỉ tiêu	Phương pháp xác định và tính toán
1	Tiêu chí về địa hình	1. Chỉ tiêu dạng địa hình	Triết tách và phân cấp trên cơ sở bản đồ địa mạo
		2. Chỉ tiêu độ dốc địa hình	Tính toán và phân cấp từ mô hình số độ cao DEM
		3. Chỉ tiêu độ cao địa hình	Tính toán và phân cấp từ mô hình số độ cao DEM
2	Tiêu chí đá mẹ, vô phong hóa và thổ nhưỡng	4. Chỉ tiêu đá mẹ	Triết tách và phân cấp từ bản đồ địa chất
		5. Chỉ tiêu vô phong hóa	Triết tách và phân cấp từ bản đồ vô phong hóa
		6. Chỉ tiêu độ dày tầng đất	Triết tách và phân cấp từ bản đồ đất
3	Tiêu chí khí hậu và thủy văn	7. Chỉ tiêu khô hạn	Sử dụng chuỗi số liệu quan trắc từ năm 1980-2010 của các trạm khí tượng thủy văn và trạm đo mưa để tính toán tỷ số giữa lượng mưa trung bình tháng với lượng bốc hơi tiềm năng
		8. Chỉ tiêu mật độ sông suối	Triết tách và phân cấp từ mô hình số độ cao DEM
4	Tiêu chí xói mòn tiềm năng	9. Chỉ tiêu mức độ xói mòn tiềm năng	Sử dụng phương trình mất đất phổ dụng của Wischmeier và Smith để tính toán và phân cấp

Thoái hóa đất hiện tại là cường độ của các quá trình thoái hóa biểu hiện thông qua sự suy giảm chất lượng của đất về mặt vật lý, hóa học và sinh học. Vì vậy, các tiêu chí và chỉ tiêu được lựa chọn để xây dựng bản đồ thoái hóa đất hiện tại cấp tỉnh tỷ lệ 1/100.000 theo hệ thống phân vị như sau (xem bảng 2).

Tiến hành phân cấp và xây dựng bản đồ chuyên đề

Bảng 2: hệ thống chỉ tiêu và tiêu chí thành lập bản đồ thoái hóa đất hiện tại cấp tỉnh tỷ lệ 1/100.000

STT	Tiêu chí	Chỉ tiêu	Phương pháp xác định và tính toán
1	Tiêu chí thoái hóa hóa học	1. Chỉ tiêu hàm lượng mùn (OM%)	Từ kết quả phân tích các phẫu diện đất điển hình cho 11 nhóm đất chính (lấy giá trị trung bình cho từng nhóm đất) của khu vực nghiên cứu và bản đồ hiện trạng sử dụng đất
2	Tiêu chí thoái hóa vật lý	2. Thành phần cơ giới	Từ kết quả phân tích các phẫu diện đất điển hình cho 11 nhóm đất chính (lấy giá trị trung bình cho từng nhóm đất) của khu vực nghiên cứu và bản đồ đất, bản đồ hiện trạng sử dụng đất
		3. Chỉ tiêu độ dày tầng đất	Triệt tách và phân cấp từ bản đồ đất
3	Tiêu chí sinh học	4. Chỉ tiêu thực vật chỉ thị	Triệt tách từ bản đồ thảm thực vật và hiện trạng sử dụng đất
4	Tiêu chí khí hậu	5. Chỉ tiêu khô hạn	Sử dụng chuỗi số liệu quan trắc từ năm 1980-2010 của các trạm khí tượng thủy văn và trạm đo mưa để tính toán tỷ số giữa lượng mưa trung bình tháng với lượng bốc hơi tiềm năng
5	Tiêu chí xói mòn hiện tại	6. Tiêu chí mức độ xói mòn	Sử dụng phương trình mất đất phổ dụng của Wischmeier và Smith để tính toán và phân cấp

các chỉ tiêu trên, tiếp đó phân tích liên hợp bằng phần mềm ArcGIS để thành lập bản đồ thoái hóa đất tiềm năng và bản đồ thoái hóa đất hiện tại tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông tỷ lệ 1/100.000.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả xây dựng bản đồ thoái hóa đất tiềm năng tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông tỷ lệ 1/100.000

Thoái hóa tiềm năng nhẹ (TN1): diện tích thoái hóa tiềm năng nhẹ khu vực nghiên cứu có 716.164,1 ha (chiếm 36,46% DTTN), trong đó, tỉnh Đắk Lắk có 457.006,5 ha và Đắk Nông có 259.157,6 ha. Phân bố tập trung nhiều nhất ở huyện Tuy Đức (73.034,9 ha), tiếp đến là huyện Ea Súp (65.552,0 ha), huyện Buôn Đôn (49.821,0 ha), Krông Păk (48.388,2 ha), Cư M'gar (39.637,4 ha), Đắk Glong (38.239,5 ha), Ea Kar (34.192,0 ha), Đắk R'lấp (31.963,8 ha), Cư Jút (31.882,5 ha), Ea H'leo (29.987,8 ha), Krông Năng (28.790,5 ha), Đắk Mil (28.475,3 ha), Krông Búk (25.835,6 ha), M'Đrắk (23.335,6 ha), Đắk Song (23.006,4 ha), TP. Buôn Ma Thuột (22.144,5 ha), Cư Kuin (22.039,0 ha), Krông Nô (21.557,8 ha), Krông Bông (19.375,7 ha), TX. Buôn Hồ (16.622,1 ha), Lắk (16.003,5 ha), Krông Ana (15.281,6 ha), TX. Gia Nghĩa (10.997,4 ha).

Trên bản đồ thoái hóa đất tiềm năng tỷ lệ 1/100.000 khu vực nghiên cứu cho thấy, những diện tích thoái hóa tiềm năng nhẹ chủ yếu trên các loại đất hình thành trên sản phẩm phong hóa của đá bazan tuổi Pleistocen giữa (Q_1^2) hoặc loại đất xám trên đá macma xâm nhập và sản phẩm dốc tụ có tầng đất dày thường > 100 cm, địa hình bằng phẳng, độ cao trung bình dưới 500 m. Những khu vực này đang được khai thác trồng cây công nghiệp dài ngày và còn duy trì thảm thực vật rừng tự nhiên.

Thoái hóa tiềm năng trung bình (TN2): diện tích thoái hóa tiềm năng trung bình có 977.490,07 ha (chiếm 49,77%), trong đó, tỉnh Đắk Lắk có 690.649,1 ha và tỉnh Đắk Nông có 286.840,97 ha. Phân bố tập trung nhiều nhất ở huyện Ea Súp (107.639,8 ha), M'Đrắk (98.452,7 ha), Buôn Đôn (87.422,7 ha), Đắk Glong (85.084,2 ha), Ea H'leo (80.133,7 ha), Krông Bông (78.523,8 ha), Ea Kar (63.105,1 ha), Lắk (57.943,9 ha), Krông Nô (57.256,0 ha), tiếp đến là huyện Cư Jút (39.574,0 ha), Đắk Mil (33.655,9 ha), Cư M'gar (33.106,5 ha), Đắk Song (24.327,57 ha), Krông Năng (23.239,4 ha), Tuy Đức (22.274,8 ha), Krông Ana (19.492,2 ha), Đắk R'lấp (15.177,0 ha), TP. Buôn Ma Thuột (12.142,6 ha), TX. Gia Nghĩa (9.491,5 ha), Krông Búk (9.314,1 ha), Cư Kuin (5.902,8 ha), TX. Buôn Hồ (3.862,2 ha).

Các đơn vị bản đồ có mức độ thoái hóa tiềm năng trung bình là các loại đất phát sinh trên các đá trầm tích lục nguyên, đá biến chất và macma xâm nhập hoặc phun trào bazan tuổi Pliocen - Pleistocen sớm ($N_2-Q_1^1$), tầng đất dày 50-100 cm, trên độ dốc trung bình < 15°, có độ dài mùa khô dưới 4 tháng và số tháng khô kiệt nhỏ hơn 2 tháng.

Thoái hóa tiềm năng mạnh (TN3): diện tích cấp thoái hóa tiềm năng mạnh khu vực nghiên cứu có khoảng 135.519,09 ha (chiếm 6,9%), trong đó, tỉnh Đắk Lắk có

Bảng 3: tổng hợp diện tích các cấp thoái hóa đất tiềm năng khu vực nghiên cứu theo đơn vị hành chính

Tỉnh	Huyện, thành phố, thị xã	Quy mô thoái hóa đất tiềm năng (ha)				Tổng diện tích (ha)
		TN1	TN2	TN3	TN4	
Đắk Lắk	Tổng	457.006,50	690.649,10	130.052,80	34.828,70	1.312.537,00
	Buôn Ma Thuột	22.144,50	12.142,60	123,80	3.307,10	37.718,00
	Buôn Hồ	16.622,10	3.862,20	3.991,00	3.776,70	28.252,00
	Buôn Đôn	49.821,00	87.422,70	366,40	3.429,90	141.040,00
	Cư Kuin	22.039,00	5.902,80	15,50	872,70	28.830,00
	Cư M'gar	39.637,40	33.106,50	531,00	9.168,10	82.443,00
	Ea H'leo	29.987,80	80.133,70	20.246,80	3.143,70	133.512,00
	Ea Kar	34.192,00	63.105,10	6.009,10	440,80	103.747,00
	Ea Súp	65.552,00	107.639,80	3.371,20	-	176.563,00
	Krông Ana	15.281,60	19.492,20	324,20	510,90	35.608,90
	Krông Bông	19.375,70	78.523,80	27.804,60	45,00	125.749,10
	Krông Búk	25.835,60	9.314,10	53,00	579,20	35.781,90
	Krông Năng	28.790,50	23.239,40	4.054,20	5.394,90	61.479,00
	Krông Păk	48.388,20	10.367,60	9,10	3.816,10	62.581,00
	Lắk	16.003,50	57.943,90	51.656,60	-	125.604,00
	M'Đrắk	23.335,60	98.452,70	11.496,30	343,50	133.628,10
	Đắk Nông	Tổng	259.157,60	286.840,97	5.466,29	100.096,66
Gia Nghĩa		10.997,40	9.491,50	73,80	7.821,70	28.384,40
Cư Jút		31.882,50	39.574,00	572,29	-	72.028,79
Đắk Glong		38.239,50	85.084,20	1.668,70	19.883,06	144.875,46
Đắk Mil		28.475,30	33.655,90	712,20	5.456,00	68.299,40
Đắk R'lấp		31.963,80	15.177,00	17,40	16.426,80	63.585,00
Đắk Song		23.006,40	24.327,57	1.633,80	31.836,00	80.803,77
Krông Nô		21.557,80	57.256,00	788,10	1.763,80	81.365,70
Tuy Đức		73.034,90	22.274,80	-	16.909,30	112.219,00
Tổng cộng:	716.164,10	977.490,07	135.519,09	134.925,36	1.964.098,52	

130.052,8 ha; tỉnh Đắk Nông có 5.466,29 ha. Phân bố tập trung nhiều nhất ở các huyện Lắk (51.656,6 ha), Krông Bông (27.804,6 ha), Ea H'leo (20.246,8 ha), M'Đrăk (11.496,3 ha) Ea Kar (6.009,1 ha), Krông Năng (4.054,2 ha), Ea Súp (3.371,2 ha), Đắk Glong (1.668,7 ha), Đắk Song (1.633,8 ha), Krông Nô (788,1 ha), Đắk Mil (712,2 ha), Cư Jút (572,29 ha), Cư M'gar (531,0 ha); các huyện có diện tích nhỏ gồm Buôn Đôn (366,4 ha), Krông Ana (324,2 ha), TP. Buôn Ma Thuột (123,8 ha); các huyện và thị xã có diện tích không đáng kể gồm Gia Nghĩa (73,8 ha), Krông Búk (53,0 ha), Đắk R'lấp (17,4 ha), Cư Kuin (15,5 ha), Krông Păk (9,1 ha).

Trên bản đồ cho thấy, các đơn vị thoái hóa tiềm năng mạnh là các loại đất có tầng dày 30-50 cm, phát triển trên phun trào bazan tuổi Pliocen - Pleistocen sớm ($N_2-Q_1^1$) có tầng laterit, những nơi có độ dài mùa khô 3-5 tháng và số tháng khô kiệt dưới 3 tháng.

Thoái hóa tiềm năng rất mạnh (TN4): diện tích thoái hóa tiềm năng rất mạnh khu vực nghiên cứu khoảng 134.925,36 ha (chiếm 6,87%), trong đó, tỉnh Đắk Lắk có 34.828,7 ha, Đắk Nông có 100.096,66 ha. Phân bố tập trung nhiều nhất ở các huyện Đắk Song (31.836,0 ha), Đắk Glong (19.883,06 ha), Tuy Đức (16.909,3 ha), Đắk R'lấp (16.426,8 ha), Cư M'gar (9.168,1 ha), TX. Gia Nghĩa (7.821,7 ha), Đắk Mil (5.456,0 ha), Krông Năng (5.394,9 ha), Krông Păk (3.816,1 ha), TX. Buôn Hồ (3.776,7 ha), Buôn Đôn (3.429,9 ha), TP. Buôn Ma Thuột (3.307,1 ha), Ea H'leo (3.143,7 ha), Krông Nô (1.763,8 ha); các huyện có diện tích nhỏ gồm Cư Kuin (872,7 ha), Krông Búk (579,2 ha), Krông Ana (510,9 ha), Ea Kar (440,8 ha), M'Đrăk (343,5 ha), Krông Bông (45 ha).

Kết quả trên bản đồ cho thấy, các khu vực có thoái hóa tiềm năng rất mạnh phân bố tập trung ở rìa cao nguyên Buôn Ma Thuột và những nơi xuất hiện tầng bôxít ở cao nguyên Đắk Nông - Đắk Mil. Đây chủ yếu là loại đất phát triển trên sản phẩm phong hóa đá bazan tuổi Pliocen - Pleistocen sớm ($N_2-Q_1^1$) và các loại đất xói mòn trơ sỏi đá hoặc các loại đất xám tầng rất mỏng (< 30 cm).

Kết quả xây dựng bản đồ thoái hóa đất hiện tại tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông tỷ lệ 1/100.000

Trên bản đồ, các mức độ thoái hóa được xác nhận trước tiên ở sự xuất hiện các dấu hiệu thoái hóa về định tính như: giảm sút tầng dày, mất tầng A, xuất hiện đá lẫn, đá lộ, kết von đá ong (laterit - bôxít), xuất hiện mặt chắn vật lý, cấu trúc đất bị phá vỡ, nhiều nguyên tố dinh dưỡng giảm sút, dấu hiệu thực vật chỉ thị... Như vậy, đương nhiên đối với đất chưa thoái hóa thường nằm dưới lớp phủ rừng hoặc vừa mới được khai phá, phẫu diện đất

được giữ nguyên dạng phát sinh và không có một dấu hiệu thoái hóa nào xuất hiện.

Thoái hóa nhẹ (HT1): diện tích khoảng 907.412,66 ha (chiếm 46,20%), trong đó tỉnh Đắk Lắk có 695.893,2 ha và tỉnh Đắk Nông có 211.519,46 ha. Phân bố tập trung nhiều nhất ở huyện Ea Súp (118.242,8 ha), tiếp đến là huyện Krông Bông (78.379,1 ha), huyện Tuy Đức (65.822,1 ha), Ea H'leo (58.913,8 ha), Cư M'gar (58.071,7 ha), Buôn Đôn (55.277,9 ha), Lắk (54.706,7 ha), Đắk Glong (53.308,96 ha), M'Đrăk (48.173,3 ha), Krông Păk (38.634,8 ha), Krông Năng (29.371,7 ha), Krông Búk (28.789,3 ha), Krông Nô (27.383,6 ha), TP. Buôn Ma Thuột (22.202,4 ha), Cư Kuin (20.941,7 ha), TX. Buôn Hồ (20.447,8 ha), Krông Ana (18.859,1 ha), Đắk Song (17.400,3 ha), Đắk Mil (14.948,2 ha), Đắk R'lấp (13.099,7 ha), Cư Jút (11.400,3 ha), TX. Gia Nghĩa (7.652,9 ha).

Cấp thoái hóa hiện tại nhẹ chủ yếu trên các loại đất dưới rừng tự nhiên, rừng đặc dụng thuộc các Vườn quốc gia Yok Don và Chư Yang Sin; các khu bảo tồn thiên nhiên Nâm Nung, Tà Đùng và Ea Sô.

Đối với các loại đất phát triển trên sản phẩm phong hóa từ đá phun trào bazan tuổi Pleistocen giữa (Q_2^2), tập trung ở cao nguyên Buôn Ma Thuột và Đắk Nông, phần lớn đang được khai thác trồng các loài cây công nghiệp dài ngày (cao su, cà phê, tiêu...). Các khu vực còn rừng tự nhiên, trên thực địa cho thấy, hình thái phẫu diện của HT1 trước tiên được đặc trưng bởi tầng thảm mục A dày. Tầng đất sâu màu nâu đỏ, nâu thẫm và xuống sâu có màu nâu đỏ tươi hoặc nâu vàng. Trong phẫu diện có nhiều hang hốc động vật và rễ cây to kết cấu các góc cạnh ở phần dưới và viên cục nhỏ ở phần trên. Đất xốp và ẩm ngay cả trong mùa khô. Những mặt cắt hoàn chỉnh đến vỏ phong hóa cho thấy một sự chuyển tiếp từ từ.

Thoái hóa trung bình (HT2): diện tích khoảng 693.932,3 ha (chiếm 35,33%), trong đó tỉnh Đắk Lắk có 359.264,4 ha và tỉnh Đắk Nông có 334.667,9 ha. Phân bố tập trung nhiều nhất ở huyện Đắk Glong (77.633,6 ha), tiếp đến là huyện Buôn Đôn (65.816,6 ha), M'Đrăk (51.589,0 ha), Đắk Song (43.792,6 ha), Đắk Mil (41.335,2 ha), Ea Kar (41.230,7 ha), Đắk R'lấp (39.649,2 ha), Tuy Đức (39.381,7 ha), Cư Jút (38.873,8 ha), Lắk (38.096,5 ha), Krông Nô (37.970,0 ha), Ea H'leo (32.589,5 ha), Ea Súp (27.260,6 ha), Krông Păk (19.317,6 ha), Krông Bông (17.790,1 ha), TX. Gia Nghĩa (16.031,8 ha), Krông Năng (14.484,9 ha), Cư M'gar (11.841,0 ha), TP. Buôn Ma Thuột (11.760,3 ha), Krông Ana (8.802,2 ha), TX. Buôn Hồ (6.845,0 ha), Krông Búk (5.966,3 ha), Cư Kuin (5.874,1 ha).

Các đơn vị đất thoái hoá trung bình (HT2) là đất có các dấu hiệu và đặc điểm suy giảm nhẹ và trung bình độ phì so với đất phát sinh. Một vài đặc điểm thoái hoá xuất hiện có khả năng khắc phục đối với sản xuất. Những đặc điểm giảm sút độ phì tự nhiên của đất có thể là kết quả của quá trình già hoá đất dưới rừng (xuất hiện laterit - bôxít nông), hoặc những biểu hiện cấu trúc bị phá vỡ, nền dinh dưỡng bị giảm sút do hoạt động sản xuất của con người.

Khi kiểm tra trên thực địa ở cao nguyên Đắk Nông và Buôn Ma Thuột, các đơn vị đất thoái hoá trung bình chủ yếu gồm các đơn vị đất bazan có kết von laterit - bôxít nông dưới rừng thứ sinh phục hồi, đất đang trở lại trạng thái phát sinh, hoặc đất đang có cây bụi cỏ cao và khai thác sản xuất nông nghiệp có cải tạo.

Hình thái phẫu diện các đơn vị đất thoái hoá trung bình thường có tầng mùn A mỏng, cấu trúc không còn trạng thái nguyên sinh. Cấu trúc tầng mặt thường bị phá vỡ. Trong phẫu diện xuất hiện dấu vết than đốt, kết von giả và các hạt đất nung mất hoạt tính. Trong hình thái phẫu diện có 2 dạng chung: dạng đang phục hồi và dạng thoái hoá tầng đất mặt:

+ Dạng đang phục hồi phẫu diện có một tầng mặt được phục hồi cấu trúc và dinh dưỡng, dày khoảng 20-30 cm, hình thái gần với tầng A-B có một lớp mùn mỏng. Tầng thứ 2 là tầng thoái hoá trước đây chặt hơn, cấu trúc bị phá vỡ chưa được phục hồi. Thường gặp các xương đất trong tầng này bao gồm các hạt kết von và than đốt. Tầng thứ 3 là tầng đất nguyên sinh trước đây với cấu trúc được bảo tồn.

+ Dạng phẫu diện thoái hoá tầng đất mặt chỉ biểu hiện ở tầng mặt bị mất tầng A hoặc tồn tại tầng mặt gồm các hạt đất do lửa đốt bị mất cấu trúc, dạng xỉ, toi bỏ rời. Tầng đất này khoảng 40-50 cm. Khả năng kết dính của tầng đất này kém và rất dễ bị xói mòn rửa trôi. Trong tầng này lượng xương đất tầng bao gồm các kết von giả và than kết. Tầng thứ 2 thể hiện đất nguyên sinh.

Tại một số khu vực, sau khi phá hủy lớp phủ rừng đã được trồng các cây công nghiệp dài ngày (như cà phê, cao su, tiêu...). Các khu đất được chọn thường ở địa thế ổn định, có điều kiện duy trì độ phì đất. Tuy nhiên, so với đất phát sinh dưới rừng ở khu vực nghiên cứu, do tác động canh tác, đất vẫn biểu hiện trạng thái thoái hoá trung bình. Biểu hiện của đất thoái hoá là tạo ra một tầng chặt dưới tầng canh tác. Dưới các rừng cao su, tầng đất mặt thường bị làm chặt.

Thoái hóa mạnh (HT3): diện tích khoảng 72.609,46 ha (chiếm 3,70%), trong đó tỉnh Đắk Lắk có 30.995,3 ha và tỉnh Đắk Nông có 41.614,16 ha. Phân bố tập trung

nhều nhất ở huyện Đắk Song (10.062,07 ha), tiếp đến là huyện Đắk R'lấp (6.895,3 ha), Cư M'gar (6.601,7 ha), M'Đrắk (6.540,7 ha), Krông Nô (5.674,5 ha), Đắk Mil (4.861,4 ha), Đắk Glong (4.601,4 ha), Lắk (4.580,8 ha), Tuy Đức (3.711,9 ha), TX. Gia Nghĩa (3.155,5 ha), Cư Jút (2.652,09 ha), Ea Kar (2.370,2 ha), Krông Năng (2.162,2 ha), TP. Buôn Ma Thuột (1.643,1 ha), Buôn Đôn (1.208,5 ha), Krông Ana (1.069,0 ha), Krông Bông (992,4 ha), Ea H'leo (930,3 ha), Krông Păk (802,2 ha), TX. Buôn Hồ (670,7 ha), Cư M'gar (660,7 ha), Ea Súp (595,7 ha), Cư Kuin (444,2 ha), Krông Búk (383,6 ha).

Các đơn vị thoái hoá HT3 là đất suy giảm độ phì nhiều mạnh, làm biến đổi đặc tính phát sinh đất rõ rệt, chịu tác động của quá trình xói mòn và rửa trôi, cấu trúc đất bị phá hủy một phần, nhiều nơi đang hình thành mặt chắn địa hóa bởi tầng đất chặt do mất cấu trúc. Đất nghèo về dinh dưỡng, cấu trúc cũng bị phá vỡ, tầng đất rất mỏng (dưới 30 cm) hoặc bên dưới có tầng kết von laterit. Khả năng phục hồi của các đơn vị thoái hoá HT3 cần thời gian dài và đầu tư khá tốn kém. Trong phẫu diện đất, sỏi sạn xuất hiện ở tầng nông, từ bề mặt đến độ sâu khoảng 30 cm xuất hiện nhiều sỏi sạn kết von có màu nâu đen với đường kính 0,5-3,0 mm. Tại tầng đất 30-45 cm, xuất hiện rất nhiều sỏi sạn có kích thước nhỏ

Bảng 4: tổng hợp diện tích các cấp thoái hóa đất hiện tại khu vực nghiên cứu theo đơn vị hành chính

Tỉnh	Huyện, thành phố, thị xã	Quy mô thoái hoá đất hiện tại (ha)				Tổng diện tích (ha)	
		HT1	HT2	HT3	HT4		
Đắk Lắk	Tổng	695.893,20	359.264,40	30.995,30	226.384,20	1.312.537,00	
	Buôn Ma Thuột	22.202,40	11.760,30	1.643,10	2.112,20	37.718,00	
	Buôn Hồ	20.447,80	6.845,00	670,70	288,50	28.252,00	
	Buôn Đôn	55.277,90	65.816,60	1.208,50	18.737,00	141.040,00	
	Cư Kuin	20.941,70	5.874,10	444,10	1.570,10	28.830,00	
	Cư M'gar	58.071,70	11.841,00	6.601,70	5.928,60	82.443,00	
	Ea H'leo	58.913,80	32.589,50	930,30	41.078,40	133.512,00	
	Ea Kar	44.881,10	41.230,70	2.370,20	15.265,00	103.747,00	
	Ea Súp	118.242,80	27.260,60	595,70	30.463,90	176.563,00	
	Krông Ana	18.859,10	8.802,20	1.069,00	6.878,60	35.608,90	
	Krông Bông	78.379,10	17.790,10	992,40	28.587,50	125.749,10	
	Krông Búk	28.789,30	5.966,30	383,60	642,70	35.781,90	
	Krông Năng	29.371,70	14.484,90	2.162,20	15.460,20	61.479,00	
	Krông Păk	38.634,80	19.317,60	802,20	3.826,40	62.581,00	
	Lắk	54.706,70	38.096,50	4.580,80	28.220,00	125.604,00	
	M'Đrắk	48.173,30	51.589,00	6.540,70	27.325,10	133.628,10	
	Đắk Nông	Tổng	211.519,46	334.667,90	41.614,16	63.760,00	651.561,52
		Gia Nghĩa	7.652,90	16.031,80	3.155,50	1.544,20	28.384,40
		Cư Jút	11.904,70	38.873,80	2.652,09	18.598,20	72.028,79
Đắk Glong		53.307,96	77.633,60	4.601,40	9.332,50	144.875,46	
Đắk Mil		14.948,20	41.335,20	4.861,40	7.154,60	68.299,40	
Đắk R'lấp		13.099,70	39.649,20	6.895,30	3.940,80	63.585,00	
Đắk Song		17.400,30	43.792,60	10.062,07	9.548,80	80.803,77	
Krông Nô		27.383,60	37.970,00	5.674,50	10.337,60	81.365,70	
Tuy Đức		65.822,10	39.381,70	3.711,90	3.303,30	112.219,00	
Tổng cộng:		907.412,66	693.932,30	72.609,46	290.144,20	1.964.098,52	

đến trung bình lẫn nhiều kết von đen và rất cứng.

Những đơn vị đất bị thoái hóa ở mức độ mạnh đang xảy ra các quá trình thoái hóa vật lý và hóa học mạnh. Trong quá trình canh tác, nếu không áp dụng các biện pháp bảo vệ và cải tạo đất thì các đơn vị HT3 sẽ nhanh chóng chuyển thành HT4.

Thoái hóa rất mạnh (HT4): diện tích cấp thoái hóa hiện tại rất mạnh là 290.144,2 ha (chiếm 14,77%), trong đó tỉnh Đắk Lắk có 226.384,2 ha và tỉnh Đắk Nông có 63.760,0 ha. Phân bố tập trung nhiều nhất ở huyện Ea H'leo (41.078,4 ha) và huyện Ea Súp (30.463,9 ha), đây là những khu vực có mùa khô kéo dài trên 5 tháng và có các loại đất tầng rất mỏng (< 30 cm) phân bố tập trung. Tiếp đến là huyện Krông Bông (28.587,5 ha), Lắk (28.220,0 ha), M'Đrắk (27.325,1 ha), Buôn Đôn (18.737,0 ha), Cư Jút (18.598,2 ha), Krông Năng (15.460,2 ha), Ea Kar (15.265,0 ha), Krông Nô (10.337,6 ha), Đắk Song (9.548,8 ha), Đắk Glong (9.332,5 ha), Đắk Mil (7.154,6 ha), Krông Ana (6.878,6 ha), Đắk R'lấp (3.940,8 ha), Krông Păk (3.826,4 ha), Tuy Đức (3.303,3 ha), TP. Buôn Ma Thuột (2.112,2 ha), Cư Kuin (1.570,1 ha), TX. Gia Nghĩa (1.544,2 ha), , Krông Búk (642,7 ha) và Buôn Hồ (288,5 ha).

Cấp thoái hóa hiện tại rất mạnh (HT4) là đất suy giảm độ phì nhiêu đến mức kiệt quệ, làm biến đổi hoàn toàn đặc tính phát sinh đất, khả năng phục hồi chúng rất khó khăn và phải đầu tư tốn kém. Đất nghèo kiệt về dinh dưỡng, đồng thời cấu trúc cũng bị phá hủy, hoặc bị xói mòn mạnh, trở sỏi sạn, trở kết von laterit và bôxít... Đất thường xuyên bị khô hạn kéo dài, không thuận lợi cho sản xuất.

Trên các cao nguyên, đất bazan thoái hoá rất mạnh thường là các vùng đất bỏ hoang có lớp cỏ thấp tồn tại trong mùa mưa. Trong cả một mùa sinh trưởng (mùa mưa), độ cao của thảm cỏ chỉ 20-30 cm, thậm chí 10-15 cm. Chỉ sau một tháng mùa khô, thảm cỏ này đã chết. Phần diện của những đơn vị đất bị thoái hoá rất mạnh ở mức độ sâu sắc ở độ sâu phần diện. Tầng đất nghèo kiệt đến tầng bôxít hoặc các mặt chắn vật lý tạo bởi những tầng đất mất cấu trúc chặt ngăn cản quá trình lưu thông nhiệt ẩm của đất. Bởi vậy, tầng đất hữu hiệu đối với canh tác trở nên mỏng. Mối liên hệ với tầng đất bên trên và vỏ phong hoá gần như bị gián đoạn. Tầng mùn hầu như vắng mặt, hàm lượng xương đất gồm các kết von laterit - bôxít tăng lên. Các kết von giả tăng.

Kết quả xây dựng bản đồ thoái hóa đất tổng hợp tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông tỷ lệ 1/100.000

Sử dụng phương pháp ma trận tương quan (Correlation matrix) giữa thoái hóa đất tiềm năng với thoái hóa đất

hiện tại để đánh giá và thành lập bản đồ thoái hóa đất tổng hợp tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông:

HT \ TN	1	2	3	4
1	HT1TN1	HT1TN2	HT1TN3	HT1TN4
2	HT2TN1	HT2TN2	HT2TN3	HT2TN4
3	HT3TN1	HT3TN2	HT3TN3	HT3TN4
4	HT4TN1	HT4TN2	HT4TN3	HT4TN4

Hình 1: ma trận tổ hợp xây dựng dựng bản đồ thoái hóa đất tổng hợp

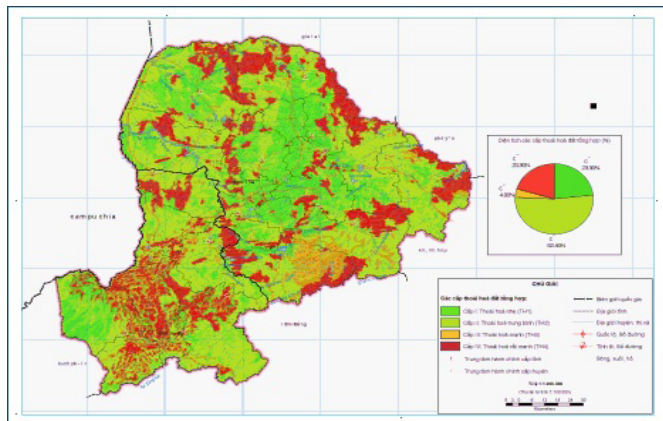
Thoái hóa nhẹ (TH1): có diện tích 457.573,09 ha, chiếm 23,3% diện tích đất khu vực nghiên cứu. Hiện những diện tích này chủ yếu là dưới rừng tự nhiên đặc dụng, rừng tự nhiên phòng hộ và đang được trồng cà phê, cao su, hồ tiêu.

Thoái hoá trung bình (TH2): có diện tích 1.028.966,5 ha, chiếm 52,4% diện tích toàn vùng nghiên cứu. Các hoạt động sản xuất trên các diện tích này cần phải áp dụng ngay các biện pháp bảo vệ đất.

Thoái hoá mạnh (TH3): diện tích 79.387,07 ha, chiếm 4,0% diện tích toàn vùng nghiên cứu. Trên những diện tích này nhất thiết phải bảo vệ và phát triển rừng phòng hộ, kết hợp các biện pháp cải tạo độ phì, giữ độ ẩm cần thiết cho đất.

Bảng 5: tổng hợp diện tích các cấp thoái hóa đất tổng hợp khu vực nghiên cứu theo đơn vị hành chính

Tỉnh	Huyện, thành phố, thị xã	Quy mô thoái hoá đất tổng hợp (ha)				Tổng diện tích (ha)
		TH1	TH2	TH3	TH4	
Đắk Lắk	Tổng	352.946,30	635.778,50	71.255,80	252.556,40	1.312.537,00
	Buôn Ma Thuột	19.330,80	13.451,70	732,30	4.203,20	37.718,00
	Buôn Hồ	19.290,60	4.828,40	160,20	3.972,80	28.252,00
	Buôn Đôn	22.468,00	96.918,40	385,00	21.268,60	141.040,00
	Cư Kuin	20.515,20	6.012,10	403,20	1.899,50	28.830,00
	Cư M'gar	38.356,30	29.638,50	178,90	14.269,30	82.443,00
	Ea H'leo	24.100,30	61.725,20	3.996,80	43.689,70	133.512,00
	Ea Kar	23.990,10	63.335,00	1.586,80	14.835,10	103.747,00
	Ea Súp	53.055,30	92.964,90	634,70	29.908,10	176.563,00
	Krông Ana	10.790,70	17.026,00	223,80	7.568,40	35.608,90
	Krông Bông	12.788,60	69.660,70	14.446,70	28.853,10	125.749,10
	Krông Búk	25.201,80	9.040,50	483,60	1.056,00	35.781,90
	Krông Năng	25.502,40	15.091,50	1.144,50	19.740,60	61.479,00
	Krông Păk	36.951,30	18.473,30	130,10	7.026,30	62.581,00
	Lắk	8.607,70	47.559,70	41.162,10	28.274,50	125.604,00
	M'Đrắk	11.997,20	90.052,60	5.587,10	25.991,20	133.628,10
Đắk Nông	Tổng	104.626,79	393.188,00	8.131,27	145.615,46	651.561,52
	Gia Nghĩa	3.727,80	15.584,00	143,90	8.928,70	28.384,40
	Cư Jút	7.423,59	46.073,40	1.033,80	17.498,00	72.028,79
	Đắk Glong	16.927,20	98.866,50	958,40	28.123,36	144.875,46
	Đắk Mil	6.609,30	47.672,80	1.700,10	12.317,20	68.299,40
	Đắk R'lấp	3.418,90	42.274,40	101,40	17.790,30	63.585,00
	Đắk Song	4.538,10	35.163,60	824,07	40.278,00	80.803,77
	Krông Nô	7.440,60	59.940,90	3.116,50	10.867,70	81.365,70
	Tuy Đức	54.541,30	47.612,40	253,10	9.812,20	112.219,00
Tổng cộng:	457.573,09	1.028.966,50	79.387,07	398.171,86	1.964.098,52	



Hình 2: bản đồ thoái hoá đất tổng hợp tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông tỷ lệ 1/100.000

Thoái hóa rất mạnh (TH4): có diện tích 398.172,86 ha (chiếm 20,3% diện tích khu vực nghiên cứu). Đây là những đơn vị đất xói mòn trơ sỏi đá, đất có tầng canh tác rất mỏng và tầng bôxít, các kết von laterit lộ lên trên bề mặt.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Tiếp cận quan điểm địa lý tổng hợp để phân tích và đánh giá các yếu tố tiền đề thoái hóa đất tiềm năng, đã lựa chọn được 9 chỉ tiêu của 4 tiêu chí (địa hình, đá mẹ - vỏ phong hóa và thổ nhưỡng, khí hậu và thủy văn, xói mòn tiềm năng), từ đó cho phép thành lập bản đồ thoái hóa đất tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông tỷ lệ 1/100.000. Kết quả đánh giá mức độ thoái hóa đất tiềm năng (TN) như sau: thoái hóa tiềm năng nhẹ (TN1) có 716.164,1 ha (chiếm 36,46% diện tích tự nhiên); trung bình (TN2) 977.490,07 ha (chiếm 49,77%); mạnh (TN3) 135.519,09 ha (chiếm 6,9%); rất mạnh (TN4) 134.925,36 ha (chiếm 6,87%).

- Trên cơ sở đánh giá các tiêu chí đặc trưng cho thoái hóa vật lý, hóa học, sinh học và xói mòn hiện tại đã lựa chọn được 6 chỉ tiêu để thành lập bản đồ thoái hóa đất hiện tại tỷ lệ 1/100.000 cho hai tỉnh trên. Mức độ thoái hóa hiện tại (HT) như sau: thoái hóa hiện tại nhẹ (HT1) có 907.412,66 ha (chiếm 46,20%); trung bình (HT2) có 693.932,3 ha (chiếm 35,33%); mạnh (HT3) có 72.609,46 ha (chiếm 3,70%); rất mạnh (HT4) có 290.144,2 ha (chiếm 14,77%).

- Sử dụng phương pháp ma trận tương quan trên quan điểm địa lý tổng hợp gồm thoái hóa đất tiềm năng và thoái hóa đất hiện tại cho phép đánh giá được mức độ thoái hóa đất tổng hợp. Từ đó, kết hợp các phương pháp truyền thống và hiện đại đã thành lập được bản đồ thoái hóa đất tổng hợp tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông tỷ

lệ 1/100.000 với 4 mức thoái hóa: thoái hóa nhẹ (TH1) có 457.573,09 ha (chiếm 23,3%); thoái hóa trung bình (TH2) 1.028.966,5 ha (chiếm 52,4%); thoái hóa mạnh (TH3): 79.387,0 ha (chiếm 4,0%); thoái hóa rất mạnh (TH4): 398.172,86 ha (chiếm 20,3%).

- Xu thế của các quá trình thoái hóa đất ở Đắk Lắk và Đắk Nông đang diễn ra với quy mô và cường độ gia tăng do các nguyên nhân tự nhiên và nhân tác. Ở cả ba dạng thoái hóa, mức độ thoái hóa nhẹ và trung bình chiếm tỷ lệ tương ứng là 23,3% và 52,4% diện tích tự nhiên; mức độ thoái hóa mạnh và rất mạnh chiếm tỷ lệ tương ứng là 4,0% và 20,3%. Trên những diện tích đất thoái hóa rất mạnh, nguy cơ xuất hiện hoang mạc hóa là hiện hữu. Đây là những thách thức lớn đối với việc sử dụng bền vững nguồn tài nguyên đất khu vực nghiên cứu ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chính phủ Việt Nam (2006). *Chương trình hành động quốc gia chống sa mạc hóa giai đoạn 2006-2010 và định hướng đến năm 2020*. Ban hành kèm theo Quyết định số 204/2006/QĐ-TTg ngày 2.9.2006 của Thủ tướng Chính phủ.
- [2] Lưu Thế Anh (2012). *Nghiên cứu xây dựng bản đồ thoái hóa đất tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông phục vụ sử dụng bền vững tài nguyên đất*. Luận án tiến sỹ chuyên ngành Địa lý Tài nguyên và Môi trường. Lưu trữ tại Viện Địa lý.
- [3] Nguyễn Đình Kỳ (1999). *Quan hệ địa lý phát sinh và thoái hóa đất (lấy ví dụ vùng Đông Bắc Việt Nam)*. Tuyển tập các công trình nghiên cứu địa lý, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4] ADB (2008). *Land degradation in Central Asia*. Revised draft final report. Central Asian countries initiative for land management multicountry partnership framework support project.
- [5] FAO (2002). *Land degradation assessment in dryland - LADA project*. World soil resources report 97, Rome, Italy.
- [6] Oldeman L.R. (1988). *Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation. Global assessment of soil degradation (GLASOD)*. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen.
- [7] Oldeman L.R., Hakkeling R.T.A. & Sombroek W.G. (1990-1991). *World map of the status of human-induced soil degradation*.
- [8] Taimi Sofia Kapalanga (2008). *A review of land degradation assessment methods. Land restoration Training Programme*. Golabeb Training and Research Centre, Namibia.
- [9] UNEP (1997). *National land degradation assessment and mapping in Kenya*.