



Nghiên cứu tính chất đất dốc tại huyện Phú Lương tỉnh Thái Nguyên

Đàm Xuân Vận^a, Ông Á Huân^a, Trần Thị Phấn^a, Nguyễn Văn Giáp^{b,*}, Dương Thị Minh Hòa^a

^a Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên

^b Trường Đại học Tân Trào

*Email: giapvannguyen@gmail.com

Article info

Received:

05/7/2017

Accepted:

03/8/2017

Keywords:

Sloping land; Phu luong district; NDVI.

Abstract

Study on sloping land properties in Phu Luong District shows that the soil environment is influenced by two main factors: climate and human resources. The influence of rainfall on vegetation (NDVI index) affects the distribution of plants. At different sloping gradients, there are different NDVI index and different types of vegetation at different slopes have different soil properties. The soil has a high level of sour to medium sour, total nitrogen content and total humus levels are poor to medium, low K₂O content, low P₂O₅ content, Ca²⁺ exchanged in the soil in low to medium, the content of Mg²⁺ exchange rate is very low to low, heavy metal contents (As, Pb, Cd) are lower than Vietnamese standard regulation (QCVN 03-MT). On rice growing land and tea have a higher heavy metal contents than forest plants such as acacia. Residue levels of plant protection chemicals have not been detected.

I. Đặt vấn đề

Phú Lương là huyện miền núi nằm ở phía Bắc tỉnh Thái Nguyên, diện tích vùng đồi núi chiếm 70% diện tích toàn huyện, địa hình cao, chia cắt phức tạp do quá trình Castơ phát triển mạnh, độ cao trung bình so với mặt nước biển từ 100m đến 400m. Các xã ở vùng bắc và tây bắc huyện có nhiều núi cao, độ cao trung bình từ 300m đến 400m, độ dốc phần lớn trên 20°, thảm thực vật dày, độ che phủ cao chiếm chủ yếu là rừng thường xanh. Các xã ở vùng phía nam huyện địa hình bằng phẳng hơn, có nhiều đồi và núi thấp. Độ cao trung bình từ 100 - 300m, độ dốc thường dưới 15°, tương đối thuận tiện cho sản xuất nông nghiệp. Các vấn đề về canh tác và các yếu tố tài nguyên khí hậu luôn đe dọa thường xuyên đối với đất dốc trên địa bàn huyện, gây nên sự mất dinh dưỡng và độ phì của lớp đất mặt. Bên cạnh đó các câu hỏi được quan tâm như: canh tác nông nghiệp, sử dụng phân bón, thuốc bảo vệ thực vật của người dân liệu dẫn đến thay đổi tính chất, môi trường đất dốc hay không được đặt ra.

II. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và vật liệu nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu:

+ Độ dốc

+ Chỉ số thực vật (NDVI)

+ Chỉ số khí hậu lượng mưa

+ Nhu cầu sử dụng đất

+ Một số tính chất môi trường đất dốc.

+ Sử dụng là ảnh landsat 8 và dữ liệu mô hình số độ cao DEM với độ phân giải 30x30m, ảnh được chụp tháng 6 năm 2016 từ nguồn <http://earthexplorer.usgs.gov>. Biên tập và xây dựng bản đồ bằng phần mềm ArcGIS 10.2.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp phân tích các yếu tố tác động:

+ Phương pháp xác định độ dốc

Độ dốc được xác định từ mô hình số độ cao (DEM) trong ArcGIS 10.2. Được chia thành các cấp độ dốc sau:

+ Cấp 1: từ 0° - 3°;

+ Cấp 4: từ 15° - 20°;

+ Cấp 2: từ 3° - 8°;

+ Cấp 5: từ 20° - 25°;

+ Cấp 3: từ 8° - 15°;

+ Cấp 6: từ > 25°.

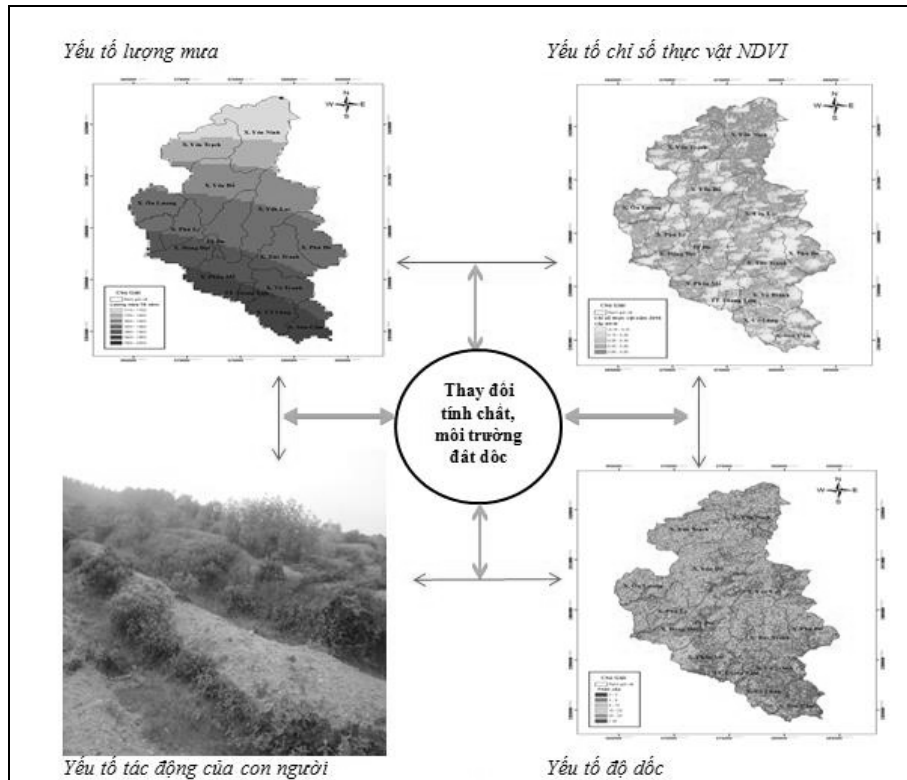
+ Phương pháp xác yếu tố lượng mưa trung bình năm

Bản đồ lượng mưa được xây dựng dựa vào số liệu lượng mưa trung bình năm của các trạm đo mưa bằng phương pháp nội suy không gian trên phần mềm ArcGIS 10.2

+ Phương pháp xác định chỉ số thực vật

Chỉ số khác biệt thực vật NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) được xác định bằng công thức sau:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$



Hình 1: Mối quan hệ tác động đến tính chất môi trường đất dốc

Trong đó: NIR, RED lần lượt là giá trị phản xạ phổ kênh cận hồng ngoại và kênh đỏ

NDVI có giá trị trong khoảng $-1 \leq I \leq +1$; trường hợp cần tổ hợp hoặc tính toán với các kênh khác, giá trị của NDVI có thể được chuyển thành 256 giá trị (8 bit).

- Phương pháp lấy mẫu đất và phân tích mẫu:

+ Vị trí lấy mẫu đất trên địa bàn đất dốc huyện Phú Lương, tại các xã: Động Đạt, Yên Lạc, Yên Ninh. Mẫu đất được lấy đại diện theo độ dốc và theo loại đất.

+ Phương pháp phân tích mẫu đất được phân tích theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành

Chỉ tiêu phân tích gồm: pH, Đạm tổng số, Mùn tổng số (%OM), K₂O dễ tiêu, P₂O₅ dễ tiêu, Ca²⁺, Mg²⁺, kim loại nặng (As, Pb, Cd), hóa chất BVTV.

- Phương pháp điều tra thực địa

+ Điều tra, đối soát, bổ sung, chỉnh lý các yếu tố nội dung cơ sở địa lý trên bản đồ;

+ Điều tra, kiểm tra, đối soát kết quả để đối chứng những thông tin giải đoán ảnh.

- Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được tổng hợp bằng phần mềm Excel 2010.

- Phương pháp so sánh

So sánh kết quả phân tích mẫu đất với các thang tiêu chuẩn, quy chuẩn Việt Nam hiện hành.

III. Kết quả và thảo luận

3.1. Xác định yếu tố tác động đến tính chất, môi trường đất dốc

Qua kết quả nghiên cứu thì tính chất cơ bản của môi trường đất dốc thay đổi dựa vào hai nhóm yếu tố chính đó là yếu tố tài nguyên sinh khí hậu như: yếu tố khí hậu (lượng mưa), yếu tố thảm thực vật (chỉ số NDVI), yếu tố địa hình (độ dốc) và yếu tố đặc biệt là con người. Hai yếu tố này đều có tác động hai chiều và quan hệ với nhau. Yếu tố tự nhiên là yếu tố bồi dưỡng tính chất môi trường đất nhưng cũng là yếu tố tác động ngược lại theo quy luật tuần hoàn. (Hình 1)

3.2. Phân tích đối tượng tác động của tài nguyên sinh khí hậu

3.2.1. Tác động giữa lượng mưa (LM) đến chỉ số thực vật (NDVI) tại huyện Phú Lương (Bảng 1)

Căn cứ vào hình 1 và bảng 1 cho thấy khu vực lượng mưa trung bình năm ở 1880 mm/năm có diện tích chiếm 32,51%, với 11954,73 ha, giá trị NDVI = 0,6; ở lượng mưa này cũng cao nhất có diện tích là 7387,83 ha trên diện tích 24726,66 ha (67,23%). Trong đó lượng mưa trung bình năm có từ 1750mm/năm đến 1820mm/năm đạt 13936,21 ha chiếm 35,44%, và giá trị NDVI tăng dần theo lượng mưa. Tại các lượng mưa trung bình năm từ 1920mm/năm đến 2000mm/năm đạt 11786,77 ha chiếm 32,05%, các giá trị NDVI tăng từ 0,1 đến 0,6. Diện tích giảm dần từ lượng mưa trung bình năm 1920mm/năm đến 2000mm/năm. Với giá trị NDVI = 0,62 có diện tích là thấp nhất 1,79 ha chiếm 0,0049%.

Qua đó có thể thấy nước là yếu tố chính liên quan đến sinh trưởng phát triển của thực vật và tác động đến các tính chất đất dẫn đến thay đổi tính chất đất dốc.

Bảng 1: Thống kê diện tích đất theo NDVI và lượng mưa trung bình năm huyện Phú Lương

Đơn vị (ha)

NDVI	LM							Tỷ lệ(%)	Tổng
	1750	1800	1820	1880	1920	1950	2000		
0,1	36,83	62,65	145,40	675,31	159,58	114,46	57,02	3,40	1251,26
0,2	209,65	335,57	567,84	1703,81	777,10	551,71	116,99	11,59	4262,66
0,3	434,92	549,53	1076,46	2187,79	1333,86	819,36	133,47	17,77	6535,39
0,6	3116,56	2749,89	3749,12	7387,83	4561,33	2773,71	388,22	67,23	24726,66
0,62	1,48	0,12	0,18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0049	1,79
Tỷ lệ(%)	10,33	10,05	15,06	32,51	18,58	11,58	1,89	100	
Tổng	3799,44	3697,77	5539,00	11954,73	6831,87	4259,25	695,70		36777,76

Phân loại NDVI theo chất lượng thực vật trong lớp phủ bề mặt đất

Giá trị NDVI	Lớp phủ bề mặt đất
> 0,1	Khu vực cần cõ của đá; cát; mặt nước; bê tông
0,1 - 0,2	Đất đá cần cõ, cây bụi
0,2 - 0,3	Cây bụi và trồng cỏ; đất nông nghiệp để trồng
0,3 - 0,6	Trồng cỏ, cây trồng nông nghiệp, rừng thưa
> 0,6	Rừng nhiệt đới

[Nguồn: NASA, 2013]

Bảng 2: Thống kê diện tích đất theo chỉ số NDVI và độ dốc huyện Phú Lương

Đơn vị (ha)

NDVI	0,1	0,2	0,3	0,6	0,62	Tỷ lệ(%)	Tổng
<3 ⁰	114,32	386,12	550,71	1879,88	0,09	7,97	2931,12
3 ⁰ - 8 ⁰	457,23	1488,98	2265,35	7967,59	0,19	33,12	12179,34
8 ⁰ - 15 ⁰	402,23	1379,75	2093,64	7792,78	0,38	31,73	11668,79
15 ⁰ - 20 ⁰	147,90	493,82	774,50	3047,19	0,43	12,14	4463,83
20 ⁰ - 25 ⁰	85,35	286,06	462,59	1906,05	0,37	7,45	2740,42
>25 ⁰	65,83	270,27	458,79	1997,52	0,47	7,59	2792,88
Tỷ lệ(%)	3,46	11,71	17,96	66,87	0,0052	100	
Tổng	1272,86	4305,01	6605,58	24591,01	1,93	36776,38	

3.2.2. Tác động giữa chỉ số thực vật (NDVI) và độ dốc tại huyện Phú Lương (Bảng 2)

Qua hình 1 và bảng 2 cho thấy: tại khu vực có giá trị NDVI = 0,62 có diện tích thấp nhất với 1,93 ha chiếm 0,0052% tập trung chủ yếu ở độ dốc từ 15⁰ đến >25⁰, giá trị NDVI= 0,6 có diện tích cao nhất là 24591,01 ha chiếm 66,87% tập trung ở cả tất cả độ dốc, nhiều nhất tại độ dốc 3⁰ - 8⁰ có diện tích 7967,59 ha trên diện tích 12179,34 ha (33,12%). Ngoài ra ở độ dốc từ < 3⁰ đến 15⁰ các giá trị NDVI có diện tích tăng dần, từ độ dốc 15⁰ đến >25⁰ các giá trị NDVI lại có diện tích giảm dần.

Căn cứ vào đó có thể chỉ ra tại mỗi độ dốc tồn tại các thực vật khác nhau và khả năng cải tạo tác động đến môi trường đất khác nhau.

3.3. Phân tích đối tượng tác động là con người theo mục đích sử dụng

Tổng diện tích tự nhiên của huyện Phú Lương năm 2014 là 36761,7 ha, trong đó: Đất nông nghiệp có 31141,5 ha chiếm 84,7%, đất phi nông nghiệp có 5344,2 ha chiếm 14,5%, đất chưa sử dụng có 276,0 ha chiếm 0,8%. Chính vì mục đích sử dụng đất, nên con người đã tác động vào tính chất đất thông qua các công cụ, khai thác, cùng với

đó là việc chăm bón các loại cây trồng như đất lúa diện tích 3873,4 ha chiếm 10,5%, đất trồng cây hàng năm khác 1865,4 ha chiếm 5,1%; đất trồng cây lâu năm 7324,0 ha chiếm 19,9%. Đất rừng sản xuất diện tích 15803,0 ha chiếm 42,99% (chủ yếu là cây keo và bạch đàn) đất rừng phòng hộ 662,64 ha chiếm 1,80%.

3.3.1. Phân tích một số tính chất đất theo độ dốc với chỉ số thực vật (NDVI) (Bảng 3)

Hàm lượng pH ở mức chua nhiều đến chua vừa (4,04 đến 5,5). Hàm lượng đạm tổng số giao động trong mức thấp và trung bình. Hàm lượng mùn tổng số đều giảm dần từ độ dốc 20⁰-25⁰ là 2,15%, ở mức độ trung bình, độ dốc 15⁰-20⁰ là 1,97%, ở mức thấp; độ dốc 8⁰-15⁰ là 0,65%, ở mức rất thấp. Hàm lượng K₂O dễ tiêu đều ở mức độ thấp. Hàm lượng P₂O₅ dễ tiêu đều ở mức rất nghèo. Hàm lượng Ca²⁺ trao đổi trong đất trong khoảng thấp. Hàm lượng Mg²⁺, trao đổi trong đất trong khoảng rất thấp đến thấp, cao nhất là độ dốc 8⁰-15⁰ và 20⁰-25⁰, đều đạt 0,92(meq/100g) ở mức thấp, độ dốc 15⁰-20⁰ được 0,33 (meq/100g) ở mức rất thấp.

- Về phân đất dốc lấy ở nơi có lớp phủ thực vật là rừng Keo non mới trồng:

Hàm lượng pH giao động từ 4,39 đến 5,57, ở mức chua nhiều đến chua vừa. Hàm lượng đạm tổng số ở mức trung bình. Hàm lượng mùn tổng số ở độ dốc 20⁰-25⁰ là 2,17%, mức độ trung bình; độ dốc 15⁰-20⁰ là 0,85%, ở mức rất thấp; độ dốc 8⁰-15⁰ là 1,98%, ở mức thấp. Hàm lượng K₂O dễ tiêu ở mức độ thấp. Hàm lượng P₂O₅ dễ tiêu ở mức rất nghèo đến nghèo; ở độ dốc 8⁰-15⁰ là 6,43(mg/100g), ở mức nghèo, độ dốc 15⁰-20⁰ đến độ dốc 20⁰-25⁰, lần lượt 2,44(mg/100g) và 4,43(mg/100g), ở mức rất nghèo. Hàm lượng Ca²⁺, trao đổi trong đất trong khoảng thấp, đến trung bình, cao nhất là độ dốc 8⁰-15⁰, là 5,97 (meq/100g), mức nghèo; ở hai độ dốc 15⁰-20⁰ đến 20⁰-25⁰ lần lượt đạt 2,68, 2,31(meq/100g). Hàm lượng Mg²⁺, trao đổi trong đất trong khoảng rất thấp đến thấp, cao nhất là độ dốc 8⁰-15⁰, đến 15⁰-20⁰ lần lượt được 0,80 (meq/100g) đến 0,82 (meq/100g), ở mức thấp; độ dốc 20⁰-25⁰ được 0,39(meq/100g), ở mức rất thấp.

- Về phần đất dốc lấy ở nơi có trên lớp phủ thực vật là rừng Keo lâu năm:

Hàm lượng pH giao động trong khoảng từ 4,25 đến 5,39, trong khoảng chua đến chua vừa. Hàm lượng đạm tổng số, ở mức trung bình. Hàm lượng mùn tổng số, ở mức

thấp đến trung bình, ở mức trung bình, gồm độ dốc 8⁰-15⁰ là 2,45%, tiếp theo là độ dốc 20⁰-25⁰, là 2,28%, độ dốc 8⁰-15⁰ là 1,78%, ở mức thấp. Hàm lượng K₂O dễ tiêu ở mức độ thấp. Hàm lượng P₂O₅ dễ tiêu, ở mức rất nghèo đến nghèo, ở độ dốc 20⁰-25⁰ xuống độ dốc 15⁰-20⁰ lần lượt 6,24 (mg/100g), 6,23 (mg/100g), ở mức nghèo, ở độ dốc 8⁰-15⁰ còn 3,15(mg/100g), ở mức rất nghèo. Hàm lượng Ca²⁺, trao đổi trong đất trong khoảng thấp, đến trung bình, cao nhất là độ dốc 15⁰-20⁰, đến độ dốc 20⁰-25⁰ lần lượt đạt 5,97 (meq/100g), 5,78 (meq/100g), ở mức trung bình; ở độ dốc 8⁰-15⁰ đạt 2,68 (meq/100g) ở mức rất thấp. Hàm lượng Mg²⁺ trao đổi trong đất trong khoảng thấp.

3.3.2. Phân tích một số chỉ tiêu về kim loại nặng và hóa chất BVTV (Bảng 4)

- Đối với đất trồng chè: được trồng tập trung từ độ dốc 3⁰-15⁰, hàm lượng pH từ 4,79 đến 5,33 trong khoảng chua vừa. Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd) đều thấp hơn QCVN 03-MT. ở độ dốc 3⁰-8⁰ luôn cao hơn độ dốc 8⁰-15⁰. Do việc chăm sóc về bón phân, sử dụng thuốc bảo vệ thực vật tại các sườn dốc này tập trung chủ yếu ở độ dốc 3⁰ - 8⁰, cho nên tính chất môi trường đất ở đây cao hơn độ dốc 8⁰ -15⁰.

Bảng 3: Kết quả phân tích tính chất đất tại các độ dốc với chỉ số thực vật (NDVI)

Địa điểm lấy	Độ dốc	pH	Đạm ts (mg/g)	Mùn ts (%OM)	K ₂ O dt (mg/kg)	P ₂ O ₅ dt (mg/100g)	Ca ²⁺ (meq/100g)	Mg ²⁺ (meq/100g)
Động Đạt	8 ⁰ -15 ⁰	5,50	1,20	0,65	47,42	2,41	3,58	0,92
	15 ⁰ -20 ⁰	4,04	1,49	1,97	39,06	4,03	2,21	0,33
	20 ⁰ -25 ⁰	4,15	2,04	2,15	49,04	3,05	2,68	0,92
Yên Lạc	8 ⁰ -15 ⁰	5,29	1,52	1,98	54,15	6,43	5,97	0,80
	15 ⁰ -20 ⁰	5,57	1,26	0,85	47,92	2,44	2,68	0,82
	20 ⁰ -25 ⁰	4,39	1,59	2,17	38,06	4,43	2,31	0,39
Yên Ninh	8 ⁰ -15 ⁰	4,25	2,64	2,45	49,14	3,15	2,68	0,95
	15 ⁰ -20 ⁰	5,39	1,82	1,78	53,16	6,23	5,97	0,83
	20 ⁰ -25 ⁰	5,11	2,01	2,28	54,12	6,24	5,78	0,87

Chú ý:

Động Đạt: Đất lấy ở độ dốc và lớp phủ thực vật chủ yếu cây bụi;

Yên Lạc: Đất lấy trên lớp phủ thực vật là rừng Keo non mới trồng;

Yên Ninh: Đất lấy trên lớp phủ thực vật là rừng Keo lâu năm.

- Về phần đất dốc lấy ở nơi có lớp phủ thực vật chủ yếu là cây bụi:

Bảng 4: Kết quả phân tích một số chỉ tiêu về kim loại nặng trong đất và hóa chất BVTV

Mẫu đất	Độ dốc	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	pH _{KCl}	Hóa chất BVTV
Chè	3 ⁰ -8 ⁰	5,44	23,78	0,41	4,79	Không phát hiện
	8 ⁰ - 15 ⁰	4,33	19,45	0,28	5,33	Không phát hiện
Lúa	< 3 ⁰	6,03	29,13	0,69	5,21	Không phát hiện
	3 ⁰ - 8 ⁰	5,52	22,37	0,34	5,19	Không phát hiện
Keo	15 ⁰ - 20 ⁰	4,26	16,04	0,23	4,84	Không phát hiện
QCVN 03-MT	Đất nông nghiệp	15	70	1,5	-	-
	Đất lâm nghiệp	20	100	3	-	-

- *Đối với đất trồng lúa*: mẫu được lấy theo sườn độ dốc từ 0^0-8^0 , pH trong khoảng chua vừa 5,21 và 5,19. Hàm lượng kim loại nặng (As, Pb, Cd) đều thấp hơn QCVN/03-MT. Hàm lượng As ở độ dốc $< 3^0$ đạt 6,03(mg/kg), cao hơn độ dốc $3^0- 8^0$. Hàm lượng Pb ở độ dốc $< 3^0$ đạt 29,13 (mg/kg), trong khi độ dốc $3^0- 8^0$ chỉ đạt 22,37 (mg/kg), Cd ở độ dốc $< 3^0$ cao hơn gấp 2 lần độ dốc $3^0- 8^0$ từ 0,69 (mg/kg) xuống còn 0,34 (mg/kg).

- *Đối với đất trồng Keo*: Hàm lượng pH = 4,84 ở mức chua vừa. Hàm lượng kim loại nặng(As, Pb, Cd) đều thấp hơn đất lúa, đất trồng chè do ít tác động về phương diện sử dụng phân bón, thuốc trừ sâu so với đất trồng lúa và đất trồng chè.

Về hàm lượng hóa chất bảo vệ thực vật của 3 loại đất trồng lúa, chè và keo đều không phát hiện thấy.

IV. Kết luận

- Tính chất, môi trường đất luôn bị chi phối và tác động của 2 yếu tố, đó là tài nguyên sinh khí hậu và con người.

- *Đất dốc lấy ở nơi có lớp phủ thực vật chủ yếu là cây bụi*: Tính chất đất ở mức chua vừa, hàm lượng đạm tổng số giao động trong mức thấp và trung bình, hàm lượng mùn tổng số ở mức trung bình và mức rất thấp, hàm lượng K_2O dễ tiêu đều ở mức độ thấp, hàm lượng P_2O_5 dễ tiêu ở mức rất nghèo, hàm lượng cation kiềm trao đổi trong đất (Ca^{2+} , Mg^{2+}) trong khoảng rất thấp đến thấp.

- *Đất dốc lấy ở nơi có lớp phủ thực vật là rừng keo non mới trồng*: Tính chất đất ở mức chua nhiều đến chua vừa, hàm lượng đạm tổng số, mùn tổng số ở mức thấp đến mức trung bình, hàm lượng K_2O dễ tiêu đều ở mức độ thấp, hàm lượng P_2O_5 dễ tiêu, ở mức rất nghèo đến nghèo, hàm lượng Ca^{2+} , trao đổi trong đất trong khoảng thấp đến trung bình. Hàm lượng Mg^{2+} trao đổi trong đất trong khoảng rất thấp đến thấp.

- *Đất dốc lấy ở nơi có trên lớp phủ thực vật là rừng keo lâu năm*: Tính chất đất thể hiện chua đến chua vừa, hàm lượng đạm tổng số ở mức trung bình đến cao, hàm lượng mùn tổng số ở mức thấp đến trung bình, hàm lượng K_2O dễ tiêu đều ở mức độ thấp, hàm lượng P_2O_5 dễ tiêu ở mức rất nghèo đến nghèo, hàm lượng Ca^{2+} , trao đổi trong đất trong khoảng thấp đến trung bình, hàm lượng Mg^{2+} , trao đổi trong đất trong khoảng thấp.

- Hàm lượng kim loại nặng đều thấp hơn QCVN/03-MT quy định giới hạn kim loại nặng trong đất nông nghiệp. Tuy nhiên, những cây trồng mà còn người chăm sóc thường xuyên như lúa, chè thì có hàm lượng kim loại nặng trong đất cao hơn so với đất trồng keo. Với các độ dốc khác nhau thì hàm lượng kim loại nặng khác nhau.

- Hóa chất bảo vệ thực vật trong 3 loại đất trồng lúa, chè và keo đều không phát hiện thấy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Thị Thu Hiền (2013). *Áp dụng chỉ số thực vật (NDVI) của ảnh landsat đánh giá hoang mạc hóa tỉnh Bình Thuận*, Tạp chí các Khoa học về Trái đất;
2. Đỗ Thị Vân Hương (2014). *Nghiên cứu, đánh giá tài nguyên sinh khí hậu vùng Đông Bắc Việt Nam cho phát triển một số cây trồng nông, lâm nghiệp có giá trị kinh tế*, Luận án Tiến sỹ chuyên ngành, địa lý Tài nguyên và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;
3. Nguyễn Công Vinh, Mai Thị Lan Anh (2011), *Quản lý và sử dụng đất dốc bền vững ở Việt Nam*, Nxb Đại Học Quốc Gia Hà Nội;
4. Wanli Huang, Beicheng Xia, Zhimin Zeng, Guangfa Lin (2008), *The Relationship between NDVI, Stand Age and Terrain Factors of Pinus elliottii Forest*”, ISBN:pp.232-236.