

拉萨河下游灌草交错区土壤养分空间分异特征

庞利¹,屈兴乐¹,殷文杰¹,方江平^{1,2},罗大庆^{1*}

(1. 西藏农牧学院 高原生态研究所,西藏 林芝 860000;
2. 西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站,西藏 林芝 860000)

摘要:以拉萨河下游半干旱区亚高山带灌草交错区为研究区域,分别对其南、北坡的灌丛、灌草和草地土壤养分含量进行对比分析。结果表明,土壤 pH 值在 6.6~8.5,总体呈中性偏弱碱性,适宜中性和弱碱性植物生长,南、北坡灌丛及南坡草地的土壤 pH 值与土层深度均可用二次函数拟合。土壤有机质含量在 15.15~43.74 g/kg,南坡 0~40 cm 土层土壤有机质平均含量表现为草地>灌草>灌丛,北坡表现为灌草>灌丛>草地;南、北坡灌丛和草地及北坡灌草的土壤有机质含量与土层深度均呈显著负相关,且符合二次函数关系。土壤全氮含量在 0.72~2.15 g/kg,南坡土壤全氮含量表现为草地>灌草>灌丛,北坡表现为灌丛>灌草>草地;南、北坡灌丛及南坡灌草土壤全氮含量与土层深度呈显著负相关,且符合二次函数关系;南、北坡草地土壤全氮含量与土层深度无显著相关性。土壤全磷含量在 0.22~0.54 g/kg,南坡土壤全磷含量表现为草地=灌草>灌丛,北坡表现为灌丛>草地>灌草;南坡灌草土壤全磷含量与土层深度无显著相关性,而北坡则呈显著正相关,且南、北坡灌草全磷含量与土层深度均可用二次函数拟合。土壤全钾含量在 2.70~4.59 g/kg,南坡全钾含量表现为草地>灌草>灌丛,北坡表现为灌草>草地>灌丛,且南、北坡灌丛、灌草和草地的土壤全钾含量与土层深度均无显著相关性,南、北坡灌丛土壤全钾含量与土层深度的关系都可用二次函数拟合。总体上,南、北坡的土壤养分含量有明显差异,其中南坡灌丛和灌草的土壤有机质、全氮、全磷和全钾含量都低于北坡;对于草地,除南坡土壤全磷含量低于北坡外,其余养分含量均为南坡高于北坡。

关键词:灌丛地;草地;坡向;土壤养分;空间分异特征

中图分类号:S158 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2015)04-0077-06

Spatial Variation Characteristics of Soil Nutrients in Shrub-grass Ecotone in the Lower Lhasa River Basin

PANG Li¹, QU Xingle¹, YIN Wenjie¹, FANG Jiangping^{1,2}, LUO Daqing^{1*}

(1. Tibet Agriculture and Animal Husbandry College, Institute of Plateau Ecology, Nyingchi 860000, China;
2. National Forest Ecosystem Observation & Research Station, Nyingchi 860000, China)

Abstract: The ecotone of shrub and herbaceous plant in the subalpine zone of semi-arid region of the downstream of Lhasa River was used as the survey region, and the nutrient contents of the soil collected from the shrub, shrub-grass and grass land in both the southern and the northern slopes. The results showed that the pH value of the soil was between 6.6 and 8.5, which was neutral and slightly alkaline and suitable for the growth of neutral and slightly alkaline plants, and the relations between the soil pH values of shrub land in the southern and northern slope, grass land in the southern slope and the soil depth could be fitted by the quadratic function. The soil organic content was between 15.15 g/kg and

收稿日期:2014-10-20
基金项目:国家科技支撑计划项目(2013BAC04B01);高原生态——西藏特色农牧资源研发协同创新中心建设项目
作者简介:庞利(1988-),女,四川南充人,在读硕士研究生,研究方向:植物群落和种群生态学。
E-mail:657262016@qq.com
* 通讯作者:罗大庆(1969-),男,重庆人,研究员,主要从事森林、植物生态学研究。E-mail:dqluo0894@163.com

43.74 g/kg, the order of average content of organic matters in the soil layer of 0—40 cm was grass land > shrub-grass land > shrub land in the southern slope and shrub-grass land > shrub land > grass land in the northern slope, and the relations between the soil organic content of shrubs and grass lands in the southern and northern slopes, shrub-grass land in the northern slope and the soil depth could be fitted by quadratic function. The total nitrogen content of soil was 0.72—2.15 g/kg, the orders of total nitrogen content in the southern slope and the northern slope were grass land > shrub-grass land > shrub land and shrub land > shrub-grass land > grass land respectively, and the total nitrogen content of shrub land in the southern and northern slopes, shrub-grass land in the southern slope, were apparently negatively correlated with the soil depth, the relations between them conformed to the quadratic function. However, there was no apparent correlation between total nitrogen content of grass land in the southern and northern slopes and the soil depth. The total phosphorus content of the soil was 0.22—0.54 g/kg, the orders of total phosphorus contents in the southern slope and northern slope were grass land = shrub-grass land > shrub land and shrub land > grass land > shrub-grass land respectively. The total phosphorus content of shrub-grass land had no apparent correlation with the soil depth in the southern slope, while which had apparently positive correlation with soil depth in the northern slope, and the relations between total phosphorus contents of shrub-grass land in the southern and northern slopes and the soil depth could be fitted by the quadratic function. The total potassium content of soil was 2.70—4.59 g/kg, the orders of total potassium contents in the southern and northern slopes were grass land > shrub-grass land > shrub land and shrub-grass land > grass land > shrub land respectively. The total potassium contents of shrub, shrub-grass and grass lands had no apparent correlations with the soil depth in the southern and northern slopes. It was suitable to use the quadratic function to fit the relationship between total potassium contents of the shrub land in the southern and northern slopes and the soil depth. Generally, soil nutrient contents were apparent different between the southern slope and the northern slope; the contents of organic matters, total nitrogen, total phosphorous and total potassium of the shrub land and shrub-grass land in the southern slope were lower than that in the northern slope; with respect to the grass land, the contents of all nutrients except total phosphorous in the southern slope was higher than that in the northern slope.

Key words: shrubland; grassland; slope direction; soil nutrient; spatial variation characteristics

群落交错区是相邻生态系统之间的过渡带,其特征由相邻生态系统之间相互作用的空间、时间及强度所决定。群落交错区的环境条件比较复杂,能为不同生态类型的植物定居提供条件,从而为更多的动物提供食物、营巢和隐蔽^[1]。而土壤养分是影响植物生长发育的关键生态因子,是决定土壤肥力和土壤质量的重要指标。在不同空间尺度上研究土壤养分的空间变异性,有利于了解土壤的形成过程、结构、功能以及土壤与植物的关系、植被空间格局、土壤侵蚀程度、土地利用变化等生态过程^[2]。拉萨河下游灌草交错区具有典型的西藏半干旱区山地亚高山植被特征,分析此灌草交错区的土壤养分空间分异特征,对研究西藏半干旱区山地亚高山土壤空间分异特征及指导灌草交错区植被恢复具有重要的意义。由于土壤样品采集、处理和分析费时、费力,目前关于土壤养分空间分异特征的研究也主要集中在较小的田块尺度和一些特定土地利用方式下的景观尺度,如湿地、林草、农用地等^[3-8]。在西藏地区对土壤的研究主要集中在土壤微生物及农用土壤方

面,对灌草交错区土壤养分空间分异特征的研究较少。为此,分析灌草交错区不同植被类型的土壤养分含量,以期为研究西藏亚高山土壤空间分异机制及指导灌草交错区植被恢复提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于藏南谷地、拉萨河流域下游达孜县境内(29°40′11.00″~29°40′59.43″N、91°25′18.66″~91°25′25.67″E),海拔3 777~4 208 m。该区属典型的高原季风温带半干旱气候,年均气温为7.5℃,年均日照时数为3 065 h,年温差小,日温差较大,辐射强度大,年无霜期为130 d,年均降雨量为450 mm,降水多集中在夏季,90%以上集中在6—9月,干湿季分明;土壤类型为洪冲积母质,质地偏砂,主要植被类型有山地灌丛草原、高山灌丛草甸、亚高山灌丛草甸、高山草原等^[9-11]。在研究区北坡灌丛群落海拔3 777~3 783 m处,优势种为砂生槐(*Sophora moorcroftiana*)、架棚(*Ceratostigma minus*)、拉萨野丁

香(*Leptodermis hirsutifolra*);在海拔 3 889 ~ 3 937 m 处,优势种为砂生槐、架棚、拉萨野丁香、中亚早熟禾(*Poa litwinowiana*)、草地早熟禾(*Poa pratensis*)、白草(*Pennisetum flaccidum*);在海拔 3 986 ~ 4 208 m 处,优势种为曲序南星(*Arisaema tortuosum*)、苔草(*Carex laeta*)、草地早熟禾。研究区南坡灌丛群落海拔 3 873 ~ 3 881 m 处,优势种为拉萨野丁香、架棚;在海拔 3 912 ~ 3 945 m 处,优势种为臭蒿(*Artemisia hedinii*)、毛叶绣线菊(*Spiraea mollifolia*)、拉萨野丁香、小叶香茶菜(*Rabdosia parvifolia*)、苔草、草地早熟禾、中亚早熟禾;在海拔 4 159 ~ 4 208 m 处,优势种为苔草、草地早熟禾、藏北嵩草(*Kobresia litledalei*)、天蓝韭(*Allium cyaneum*)。

1.2 土样采集及处理

在研究区的南坡和北坡海拔 3 777 ~ 4 208 m 的灌草交错区,分别选取典型灌丛、灌草、草地植被样地,在每个样地内采用对角线方式分别布设 3 个 5 m × 5 m 的小样方,即南坡、北坡各 9 个,共 18 个,并在每个样方中按照随机、等量、多点混合的原则,用机械采样法分别取 0 ~ 10 cm(表层)、10 ~ 20 cm、20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm 土层土壤,9 个重复。土壤样品带回实验室,经自然风干后,拣出可见的植物根系和残体杂物,充分混匀,用四分法保留约 0.5 kg。把缩分后的土样按要求磨细,一部分过孔径为 1 mm 的筛,用于测定土壤 pH 值及全氮、全磷、全钾含量,另一部分过孔径为 0.149 mm 的筛,用于测定土壤有机

质含量。

1.3 测定项目及方法

土壤 pH 值采用 GB 7859—87 中的电位法(水土比 2.5:1)测定;有机质含量采用重铬酸钾氧化法测定;全氮含量采用半微量凯氏定氮法测定;全磷含量采用钼锑抗比色法(简称 Olsen 法)测定;全钾含量采用火焰原子吸收分光光度法测定^[12]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 对试验数据处理、分析,在 0.05 水平检验相关显著性。

2 结果与分析

2.1 研究区南坡土壤养分含量空间分布特征

2.1.1 同一植被类型不同土层 由表 1 可以看出,研究区南坡灌丛土壤 pH 值在 7.7 ~ 8.2、有机质含量在 18.04 ~ 39.37 g/kg、全氮含量在 0.72 ~ 1.69 g/kg、全磷含量在 0.22 ~ 0.29 g/kg、全钾含量在 2.91 ~ 3.58 g/kg。相关性分析表明,有机质含量与土层深度呈显著负相关,表层土壤有机质含量与其下 3 层存在显著差异,而表层以下各层间无显著差异;全氮含量与土层深度呈显著负相关,且各土层间存在显著差异,此研究结果与王振群等^[13]对青海湖南岸不同覆被类型土壤碳、氮含量比较的结果相似;其余指标与土层深度无显著相关性。灌丛土壤 pH 值及有机质、全氮、全钾含量与土层深度之间都符合二次函数关系(表 2)。

表 1 研究区南坡同一植被类型不同土层土壤养分含量

植被类型	土层深度/cm	pH	有机质/(g/kg)	全氮/(g/kg)	全磷/(g/kg)	全钾/(g/kg)
灌丛	0 ~ 10	7.8 ± 0.77aA	39.37 ± 8.86aB	1.69 ± 0.04aC	0.27 ± 0.14aC	3.58 ± 0.38aA
	10 ~ 20	7.7 ± 0.91aB	22.95 ± 0.13bC	1.13 ± 0.06cC	0.29 ± 0.16aB	2.91 ± 0.04aC
	20 ~ 30	7.8 ± 0.74aB	19.18 ± 4.37bB	1.43 ± 0.06bB	0.22 ± 0.15aB	2.92 ± 0.29aC
	30 ~ 40	8.2 ± 0.06aA	18.04 ± 5.06bB	0.72 ± 0.03dC	0.29 ± 0.03aC	3.43 ± 0.77aB
灌草	0 ~ 10	7.7 ± 0.26dA	30.57 ± 1.91aC	2.15 ± 0.25bA	0.34 ± 0.08aB	3.39 ± 0.44aB
	10 ~ 20	8.1 ± 0.30cA	25.41 ± 3.34aB	1.19 ± 0.22aB	0.35 ± 0.05aA	3.30 ± 0.47aB
	20 ~ 30	8.3 ± 0.04bA	29.83 ± 11.91aA	1.27 ± 0.24aC	0.32 ± 0.01aA	3.57 ± 0.44aB
	30 ~ 40	8.4 ± 0.06aA	28.76 ± 5.41aA	1.07 ± 0.19aB	0.40 ± 0.18aA	2.70 ± 0.30aC
草地	0 ~ 10	6.8 ± 0.47aB	42.01 ± 15.34bA	1.99 ± 0.42aB	0.44 ± 0.08aA	3.75 ± 0.41aA
	10 ~ 20	6.9 ± 0.60aC	40.68 ± 10.59bA	2.06 ± 1.34aA	0.32 ± 0.23aA	4.36 ± 1.48aA
	20 ~ 30	7.3 ± 0.69aC	20.97 ± 4.86aB	1.53 ± 0.69aA	0.30 ± 0.06aA	4.59 ± 0.88aA
	30 ~ 40	7.5 ± 0.89aB	17.38 ± 3.45aB	1.98 ± 0.31aA	0.35 ± 0.22aB	3.91 ± 1.12aA

注:同列数据后不同小写字母表示同一植被类型不同土层间差异显著(P < 0.05),不同大写字母表示同一土层不同植被类型间差异显著(P < 0.05),下同。

由表 1 可知,研究区南坡灌草土壤 pH 值在 7.7 ~ 8.4、有机质含量在 25.41 ~ 30.57 g/kg、全氮含量在 1.07 ~ 2.15 g/kg、全磷含量在 0.32 ~ 0.40 g/kg、全钾含量在 2.70 ~ 3.57 g/kg。相关性分析表

明,pH 值与土层深度呈显著正相关,各土层间存在显著差异;全氮含量与土层深度呈显著负相关,其随土层深度增加总体呈减小趋势,表层土壤全氮含量与其余各层存在显著差异,表层以下各层之间无显

著差异;土壤有机质、全磷和全钾含量与土层深度均无显著相关性。灌草土壤 pH 值及全氮、全磷、全钾含量与土层深度也都可用二次函数拟合(表 2)。

由表 1 可知,研究区南坡草地土壤 pH 值在 6.8 ~ 7.5、有机质含量在 17.38 ~ 42.01 g/kg、全氮含量在 1.53 ~ 2.06 g/kg、全磷含量在 0.30 ~ 0.44 g/kg、全钾含量在 3.75 ~ 4.59 g/kg。相关性分析表明,有机质含量与土层深度呈显著负相关,0 ~ 10 cm、10 ~ 20 cm 土层有机质含量与 20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm 土层存在显著差异;其余指标与土层深度无显著相关性。草地除全氮含量外,pH 值及其余各养分含量与土层深度也都符合二次函数关系(表 2)。

表 2 研究区南坡不同植被类型土壤养分含量与土层深度的关系

项目	植被类型	方程	R ²
pH	灌丛	$y = 0.125x^2 - 0.495x + 8.175$	0.996
	灌草	$y = -0.075x^2 + 0.605x + 7.175$	0.998
	草地	$y = 0.025x^2 + 0.125x + 6.625$	0.961
有机质	灌丛	$y = 3.82x^2 - 25.87x + 60.92$	0.982
	灌草	$y = -0.977x^2 + 2.386x + 28.00$	0.586
	草地	$y = -0.565x^2 - 6.535x + 50.83$	0.880
全氮	灌丛	$y = -0.037x^2 - 0.073x + 1.707$	0.664
	灌草	$y = 0.19x^2 - 1.266x + 3.16$	0.880
	草地	$y = 0.095x^2 - 0.531x + 2.505$	0.293
全磷	灌丛	$y = 0.012x^2 - 0.063x + 0.332$	0.192
	灌草	$y = -0.025x^2 + 0.191x + 0.02$	0.825
	草地	$y = 0.042x^2 - 0.241x + 0.637$	0.996
全钾	灌丛	$y = 0.295x^2 - 1.519x + 4.795$	0.995
	灌草	$y = -0.195x^2 + 0.795x + 2.715$	0.736
	草地	$y = -0.322x^2 + 1.683x + 2.362$	0.969

2.1.2 同一土层不同植被类型 由表 1 可见,研究区南坡同一土层灌丛和灌草土壤 pH 值均显著高于草地,且 10 ~ 20、20 ~ 30 cm 土层土壤 pH 值在灌丛和灌草间也存在显著差异。对于 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 土层土壤有机质含量,草地显著高于灌丛和灌草,灌丛和灌草间也存在显著差异;对于 20 ~

30 cm 和 30 ~ 40 cm 土层土壤有机质含量,灌草则显著高于灌丛和草地。同一土层灌草和草地土壤全氮、全磷含量显著高于灌丛;除 0 ~ 10 cm 土层草地和灌丛间差异未达显著水平外,同一土层灌草和草地土壤全钾含量显著高于灌丛。

经分析发现,研究区南坡不同植被类型 0 ~ 40 cm 土层土壤 pH 值及养分平均含量有明显差异,土壤 pH 值表现为灌草 > 灌丛 > 草地,分别为 8.1、7.9、7.1;土壤有机质含量表现为草地 > 灌草 > 灌丛,分别为 30.26、28.64、24.89 g/kg;土壤全氮含量表现为草地 > 灌草 > 灌丛,分别为 1.89、1.42、1.24 g/kg;土壤全磷含量表现为草地 = 灌草 > 灌丛,草地和灌草全磷含量是灌丛的 1.32 倍;土壤全钾含量表现为草地 > 灌草 > 灌丛,分别为 4.15、3.24、3.21 g/kg。

2.2 研究区北坡土壤养分含量空间分布特征

2.2.1 同一植被类型不同土层 由表 3 可以看出,研究区北坡灌丛土壤 pH 值在 7.9 ~ 8.5、有机质含量在 21.15 ~ 43.74 g/kg、全氮含量在 1.42 ~ 1.89 g/kg、全磷含量在 0.44 ~ 0.54 g/kg、全钾含量在 2.75 ~ 4.31 g/kg。相关性分析表明,土壤 pH 值与土层深度呈显著正相关,0 ~ 10 cm 土层和 10 ~ 20 cm 土层土壤 pH 值与 20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm 土层存在显著差异,且 20 ~ 30 cm 土层与 30 ~ 40 cm 土层也存在显著差异;土壤有机质含量与土层深度呈显著负相关,0 ~ 10 cm 土层与 20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm 土层差异显著;土壤全氮含量与土层深度呈显著负相关,10 ~ 20 cm 土层与 20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm 土层存在显著差异;土壤全磷含量与土层深度无显著相关性;土壤全钾含量与土层深度无显著相关性,其随土层深度增加呈先减小后增加趋势,0 ~ 10 cm 土层与 20 ~ 30 cm 土层存在显著差异。土壤 pH 值及有机质、全氮、全钾含量与土层深度的关系都可用二次函数拟合(表 4)。

表 3 研究区北坡同一植被类型不同土层土壤养分含量

植被类型	土层深度/cm	pH	有机质/(g/kg)	全氮/(g/kg)	全磷/(g/kg)	全钾/(g/kg)
灌丛	0 ~ 10	7.9 ± 0.33cA	43.74 ± 6.97aA	1.74 ± 0.35abA	0.44 ± 0.16aA	4.31 ± 0.32aA
	10 ~ 20	7.9 ± 0.16cA	38.52 ± 18.00abA	1.89 ± 0.13aA	0.44 ± 0.19aB	3.63 ± 0.60abB
	20 ~ 30	8.3 ± 0.32bA	22.18 ± 2.33bB	1.44 ± 0.18bB	0.54 ± 0.05aA	2.75 ± 0.55bC
	30 ~ 40	8.5 ± 0.07aA	21.15 ± 6.01bB	1.42 ± 0.21bA	0.44 ± 0.17aB	3.50 ± 0.72abB
灌草	0 ~ 10	7.2 ± 0.41aA	41.77 ± 4.78aB	1.36 ± 0.25aB	0.37 ± 0.09bB	3.99 ± 0.40aB
	10 ~ 20	7.1 ± 0.19aB	39.21 ± 11.24abA	1.25 ± 0.66aB	0.38 ± 0.09bC	3.58 ± 1.56aB
	20 ~ 30	7.2 ± 0.02aB	28.14 ± 2.32bA	1.89 ± 0.47aA	0.48 ± 0.29aB	4.00 ± 0.54aA
	30 ~ 40	7.2 ± 0.05aB	27.31 ± 3.31bA	1.45 ± 0.20aA	0.29 ± 0.09cC	3.75 ± 0.33aA
草地	0 ~ 10	6.6 ± 0.07bB	43.65 ± 5.85aA	1.73 ± 0.10aA	0.24 ± 0.16bC	3.85 ± 0.89aB
	10 ~ 20	6.8 ± 0.18abC	31.30 ± 9.68bB	1.10 ± 0.16bC	0.51 ± 0.25aA	3.80 ± 0.24aA
	20 ~ 30	6.9 ± 0.16abC	21.64 ± 9.80cB	1.31 ± 0.29bC	0.38 ± 0.10aC	3.60 ± 0.78aB
	30 ~ 40	7.1 ± 0.04aB	15.15 ± 5.87dC	1.20 ± 0.07bB	0.48 ± 0.36aA	3.86 ± 1.21aA

表 4 研究区北坡不同植被类型土壤养分含量与
土层深度的关系

项目	植被类型	方程	R ²
pH	灌丛	$y = 0.05x^2 - 0.03x + 7.85$	0.933
	灌草	$y = 0.025x^2 - 0.115x + 7.275$	0.400
	草地	$y = 0.16x + 6.45$	0.984
有机质	灌丛	$y = 1.047x^2 - 13.64x + 57.66$	0.911
	灌草	$y = 0.432x^2 - 7.607x + 49.88$	0.894
	草地	$y = 1.465x^2 - 16.84x + 59.05$	1.000
全氮	灌丛	$y = -0.042x^2 + 0.071x + 1.762$	0.667
	灌草	$y = -0.082x^2 + 0.503x + 0.847$	0.290
	草地	$y = 0.13x^2 - 0.788x + 2.33$	0.707
全磷	灌丛	$y = -0.025x^2 + 0.135x + 0.315$	0.400
	灌草	$y = -0.05x^2 + 0.236x + 0.165$	0.603
	草地	$y = -0.042x^2 + 0.271x + 0.042$	0.553
全钾	灌丛	$y = 0.357x^2 - 2.118x + 6.162$	0.863
	灌草	$y = 0.04x^2 - 0.23x + 4.105$	0.088
	草地	$y = 0.077x^2 - 0.404x + 4.207$	0.577

由表 3 可以看出,研究区北坡灌草土壤 pH 值在 7.1~7.2、有机质含量在 27.31~41.77 g/kg、全氮含量在 1.25~1.89 g/kg、全磷含量在 0.29~0.48 g/kg、全钾含量在 3.58~4.00 g/kg。相关性分析表明,土壤 pH 值与土层深度无显著相关性;土壤有机质含量与土层深度呈显著负相关,0~10 cm 土层与 20~30、30~40 cm 土层存在显著差异;土壤全氮含量与土层深度无显著相关性;土壤全磷含量与土层深度呈显著正相关,且 30~40 cm 土层土壤全磷含量与其余各土层间均存在显著差异;土壤全钾含量与土层深度无显著相关性。土壤有机质和全磷含量与土层深度的关系都符合二次函数(表 4)。

由表 3 可以看出,研究区北坡草地土壤 pH 值在 6.6~7.1、有机质含量在 15.15~43.65 g/kg、全氮含量在 1.10~1.73 g/kg、全磷含量在 0.24~0.51 g/kg、全钾含量在 3.60~3.86 g/kg。相关性分析表明,土壤 pH 值与土层深度呈显著正相关,0~10 cm 土层与 30~40 cm 土层存在显著差异;土壤有机质含量与土层深度呈显著负相关,其随土层深度增加而减小,各土层间均存在显著差异;土壤全氮含量与土层深度无显著相关性,表层土壤全氮含量与其下 3 层存在显著差异;土壤全磷含量与土层深度无显著相关性,但表层土壤全磷含量与其下 3 层存在显著差异;土壤全钾含量与土层深度无显著相关性,其随土层深度增加呈先减小后增加趋势。土壤有机质、全氮含量与土层深度的关系均可用二次函数拟合(表 4)。

2.2.2 同一土层不同植被类型 由表 3 可见,除灌草和灌丛 0~10 cm 土层土壤 pH 值差异不显著外,同一土层灌丛土壤 pH 值显著高于灌草和草地。

10~20、30~40 cm 土层土壤有机质含量表现为灌丛和灌草显著高于草地;20~30 cm 土层土壤有机质含量表现为灌草显著高于灌丛和草地,0~10 cm 土层与 20~30 cm 土层正好相反。0~10 cm 土层土壤全氮含量表现为灌丛和草地显著高于灌草,其余土层土壤全氮含量表现为灌丛和灌草显著高于草地。同一土层灌丛、灌草和草地土壤全磷和全钾含量总体均有显著差异,但都没有表现出较为一致的变化趋势。

经分析发现,北坡不同植被类型 0~40 cm 土层土壤 pH 值及养分平均含量也存在差异。土壤 pH 值表现为灌丛>灌草>草地,分别为 8.2、7.2、6.9;有机质含量表现为灌草>灌丛>草地,分别为 34.11、31.40、27.94 g/kg;全氮含量表现为灌丛>灌草>草地,分别为 1.62、1.49、1.34 g/kg;全磷含量表现为灌丛>草地>灌草,且灌丛和草地分别是灌草的 1.22 倍和 1.06 倍;全钾含量表现为灌草>草地>灌丛,分别为 3.83、3.78、3.55 g/kg。

3 结论与讨论

本研究结果表明,拉萨河下游半干旱区亚高山带灌草交错区土壤 pH 值在 6.6~8.5,按 pH 值划分的土壤类型为依据,该区土壤属于中性偏弱碱性土类,因此本地区适宜中性和弱碱性植物生长。南坡灌草土壤 pH 值与土层深度呈显著正相关,灌丛和草地无显著正相关性;北坡灌丛和草地土壤 pH 值与土层深度呈显著正相关,而灌草无显著相关性,且南、北坡灌丛及南坡草地的土壤 pH 值与土层深度均可用二次函数拟合。有研究表明,山脉不同坡向土壤 pH 值存在显著差异^[14-15],这与本研究结果类似,灌丛各土层 pH 值表现为北坡高于南坡,灌草和草地各土层 pH 值表现为南坡高于北坡。

研究区土壤有机质含量在 15.15~43.74 g/kg,南、北坡灌丛和草地的土壤有机质含量与土层深度均呈显著负相关,亦都符合二次函数关系;而南坡灌草土壤有机质含量与土层深度无显著相关性,北坡则呈显著负相关,这与王建林等^[16]的研究结果相似。南坡 0~40 cm 土层土壤有机质平均含量表现为草地>灌草>灌丛,北坡表现为灌草>灌丛>草地;灌丛和灌草土壤有机质含量均表现为北坡较南坡高,草地土壤有机质含量表现为南坡较北坡高。

有研究^[17]指出,不同植被类型的土壤全氮含量随土层深度变化存在显著差异。本研究表明,灌丛南、北坡土壤全氮含量与土层深度呈显著负相关,且符合二次函数关系;灌草南坡土壤全氮与土层深度

呈显著负相关,北坡土壤无显著相关性;南、北坡草地土壤全氮含量与土层深度无显著相关性。南坡土壤全氮含量表现为草地 > 灌草 > 灌丛,北坡表现为灌丛 > 灌草 > 草地;北坡灌丛和灌草土壤全氮含量均较南坡高,南坡草地土壤全氮含量较北坡高。

研究区南、北坡灌丛和草地的土壤全磷含量与土层深度均无显著相关性;南坡灌草土壤全磷含量与土层深度无显著相关性,而北坡则呈显著正相关,且南、北坡灌草全磷含量与土层深度均可用二次函数拟合。南坡土壤全磷含量表现为草地 = 灌草 > 灌丛,北坡表现为灌丛 > 草地 > 灌草;北坡灌丛、灌草、草地的土壤全磷含量均较南坡高。

南、北坡灌丛、灌草、草地土壤全钾含量与土层深度均无显著相关性,其中南、北坡灌丛土壤全钾含量与土层深度的关系都可用二次函数拟合。南坡全钾含量表现为草地 > 灌草 > 灌丛,北坡表现为灌草 > 草地 > 灌丛;北坡灌丛和灌草土壤全钾含量均较南坡高,南坡草地土壤全钾含量较北坡高。

参考文献:

[1] 田大伦. 高级生态学[M]. 北京:科学出版社,2008: 188-189.

[2] 肖飞,杜耘,凌峰,等. 长江中游四湖流域湖泊变迁与湖区土壤空间格局的关联分析[J]. 湿地科学,2012, 10(1):8-14.

[3] Parker S S, Schimel J P. Soil nitrogen availability and transformations differ between the summer and the growing season in a California grassland [J]. Applied Soil Ecology,2011,48(2):185-192.

[4] Craft C B, Chiang C. Forms and amounts of soil nitrogen and phosphorus across a longleaf pine-depressional wetland landscape [J]. Soil Science Society of America Journal,2002,66(5):1713-1721.

[5] Monokrousos N, Papatheodorou E M, Diamantopoulos J D, et al. Temporal and spatial variability of soil chemical and

biological variables in a Mediterranean shrubland [J]. Forest Ecology and Management,2004,202(1-3):83-91.

[6] 黄立梅,黄绍文,刘双全,等. 规模经营稻田土壤养分空间变异特征与高效平衡施肥效应[J]. 华北农学报, 2010,25(增刊):205-211.

[7] 崔振岭,曹宁,陈新平,等. 县级区域粮田土壤养分空间变异特征评价研究[J]. 华北农学报,2008,23(增刊):319-324.

[8] 于婧文,周怀平,张建杰,等. 褐土区乡镇级农田土壤养分时空变异研究[J]. 山西农业科学,2010,38(2): 34-39.

[9] 陈刚,张兴奇,李满春. MIKE BASIN 支持下的流域水文建模与水资源管理分析——以西藏达孜县为例[J]. 地球信息科学,2008,10(2):230-236.

[10] 赵海珍,李文华,黄瑞玲,等. 拉萨达孜县北京杨人工林生态系统服务功能评价[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(5):104-106.

[11] 赵海珍,李文华,马爱进,等. 拉萨河谷山地灌丛草地生态系统服务价值评价——以拉萨达孜县为例[J]. 草业科学,2010,27(12):27-31.

[12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.

[13] 王振群,乔有名,段中华. 青海湖南岸不同覆被类型土壤碳氮含量比较[J]. 青海大学学报:自然科学版, 2008,26(5):54-58.

[14] 党坤良,张长录,陈海滨,等. 秦岭南坡不同海拔土壤肥力的空间分异规律[J]. 林业科学,2006,42(1): 16-21.

[15] 陈志超,蔡太义,郝成元,等. 伏牛山森林土壤理化性质空间分异特征[J]. 南方农业学报,2013,44(7): 1140-1144.

[16] 王建林,欧阳华,王忠红,等. 贡嘎南山——拉轨岗日山南坡高寒草原生态系统表层土壤有机碳分布特征及其影响因素[J]. 土壤通报,2010,41(2):346-350.

[17] 张家春,贺红早,张玉武,等. 黔东南不同林地土壤物理性质及养分含量差异[J]. 河南农业科学,2014,43 (8):49-53.