

藏西沙化草地根系分布与土壤理化性质的关系

周启龙

(省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室/西藏自治区农牧科学院草业科学研究所, 西藏 拉萨 850000)

摘要: [目的] 调查和分析沙化过程中草地根系与土壤理化性质的关系, 为藏西草地沙化的治理提供理论依据。[方法] 以西藏西部典型的沙化草地为研究对象, 通过 S 采样法进行采样, 对 0—15 cm 土层土壤理化性质进行研究。[结果] 随着沙化程度的加剧, 土壤根系含量下降, pH 值与速效钾含量先升高后降低, 容重升高, 含水量、有机质、全氮、碱解氮、速效磷降低。土壤根系含量与 pH 值和容重间存在极显著负相关关系 ($p < 0.01$), 相关系数分别为 -0.806 和 -0.735 ; 与含水量、有机质、全氮、碱解氮和速效磷存在极显著正相关关系, 相关系数分别为 $0.771, 0.658, 0.590, 0.686, 0.382$ 。[结论] 草地沙化过程中植物根系含量与多个土壤理化性质指标存在相关关系, 并受土壤理化性质的制约。

关键词: 西藏西部; 沙化草地; 根系分布; 土壤理化性质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)01-0001-05

中图分类号: Q948, S157.2

文献参数: 周启龙. 藏西沙化草地根系分布与土壤理化性质的关系[J]. 水土保持通报, 2021, 41(1): 1-5. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.01.001; Zhou Qilong. Relation between root distribution characteristics and soil physical and chemical properties in desertification grassland in Western Tibet [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(1): 1-5.

Relation Between Root Distribution Characteristics and Soil Physical and Chemical Properties in Desertification Grassland in Western Tibet

Zhou Qilong

(State Key Laboratory of Hulless Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement/Institute of Pratacultural Science, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Science, Lhasa, Tibet 850000, China)

Abstract: [Objective] The relation between root system distribution and soil physical and chemical properties of grasslands was analyzed to provide a theoretical basis for the management of grassland desertification in Western Tibet. [Methods] Grasslands with different degrees of desertification were taken as the research object. The sampling was undertaken according to the S-shaped method, and the physical and chemical properties of the 0—15 cm soil layer were analyzed. [Results] The root content decreased with the aggravation of the desertification degree. As desertification progressed, both the pH value and available potassium first increased and then decreased, the volume weight showed an upward trend, and the soil water content, organic matter, total nitrogen, alkali-hydrolyzed nitrogen, and available phosphorus showed a downward trend. The root content of the grassland was significantly negatively correlated with pH value and volume weight ($p < 0.01$), and the correlation coefficients were -0.806 and -0.735 . The root content of the grassland was significantly positively correlated with soil water content, organic matter, total nitrogen, alkaline hydrolysis nitrogen, and available phosphorus. The correlation coefficients were $0.771, 0.658, 0.590, 0.686,$ and 0.382 . [Conclusion] Root distribution is correlated with many soil and chemical properties and restricted by soil physical-chemical proprieties.

Keywords: Western Tibet; desertification of grassland; root distribution; physical and chemical properties of soil

草地沙化是指受人为干扰或者自然条件的变化影响, 使草地生产力降低, 土壤受到侵蚀, 最终导致土

质沙化, 土壤含水量降低, 营养物质流失, 致使原非沙漠地区的草地, 出现以风沙活动为主的类似沙漠景观

的草地退化过程^[1]。阿里地区位于西藏自治区西北部,毗邻新疆维吾尔自治区,是世界上海拔最高的高原,素有世界屋脊之称。阿里地区降雨少、温度低,这导致草原沙化风险要高于其他地区,阿里地区目前草地沙化面积为 $5.01 \times 10^5 \text{ hm}^2$,占阿里草原总面积的 1.98%,占西藏自治区草原沙化面积的 25.28%^[2],是西藏自治区沙化最严重的地区。植物根系是草地植被碳积蓄的重要组成部分^[3],是联系地上、地下生态系统的重要纽带^[4],准确测定植物根系是确定草地植被碳源汇功能的基础^[5]。同时根系作为植物重要的营养器官之一,是能量传递最活跃的部位^[6]。因此,开展根系的分布规律与土壤环境的相互关系的研究具有重要的科学意义^[7]。目前关于根系与土壤环境的关系的研究已有很多报道,王长庭等^[8]对不同放牧梯度下高寒小嵩草草甸植被根系和土壤理化特征的变化进行研究,结果表明不同放牧梯度下植被根系与土壤理化性质存在一定的相关性;韦兰英等^[9]对黄土高原不同演替阶段草地植被细根与土壤环境的关系进行研究,结果表明根系与土壤环境因子之间存在不同程度的相关关系。但目前仍没有关于藏西沙化草地根系与土壤环境关系的报道。为此,本文针对阿里地区不同沙化程度草地,通过地面样地调查分析地

下生物量的分布格局,探讨地下生物量与土壤理化性质的关系,以为藏西草地沙化的治理和理解草原物质循环提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于西藏自治区阿里地区噶尔县($79^{\circ}07'—81^{\circ}10'E, 30^{\circ}17'—30^{\circ}58'N$)。噶尔县全年平均气温在 0.5°C 左右。其中,7 月份最高,为 13.8°C ;最冷月均出现在 1 月,气温为 -12.7°C 。每年除 7、8 两个月份外,其他月份都有不同程度的霜冻出现。年降水量 73 mm。昼夜温差相当大,气温随海拔高度呈垂直变化。受降雨量和海拔影响,噶尔县主要草地类型为高寒草原和高寒荒漠草原类,分别占噶尔县全县草原面积的 50.1% 和 28.75%。

1.2 样地设计

采样地点位于噶尔县向西 20 km 处,采样时间为 8 月植被生长盛期。样地以河边的高寒沼泽草甸为基准点,该处草地向北方沙化,根据盖度和物种变化确定沙化程度,以未退化的高寒沼泽草甸为对照样地,用 GPS 定位经纬度和海拔信息,并记录样地环境、植被物种情况等信息,不同样地特征见表 1。

表 1 藏西不同沙化程度草地基本状况

沙化程度	建群种	盖度/%	海拔/m	经纬度
高寒沼泽草甸	藏北嵩草 (<i>Kobresia littledalei</i>)、矮生嵩草 (<i>Kobresia humilis</i>)、二裂委陵菜 (<i>Potentilla bifurca</i>)、早熟禾	98	4 246	$32^{\circ}29'45.8''N, 79^{\circ}52'8.3''E$
未沙化草地	青藏薹草 (<i>Carex moorcroftii</i>)、矮生嵩草、赖草 (<i>Leymus secalinus</i>)、猪毛菜 (<i>Salsola collina</i>)、二裂委陵菜	90	4 245	$32^{\circ}29'48.4''N, 79^{\circ}52'5.9''E$
轻度沙化草地	青藏薹草、矮生嵩草、赖草	60	4 251	$32^{\circ}29'52.4''N, 79^{\circ}52'2.8''E$
中度沙化草地	青藏薹草、赖草	30	4 250	$32^{\circ}29'79.5''N, 79^{\circ}52'0.7''E$
重度沙化草地	赖草	10	4 249	$32^{\circ}30'21.8''N, 79^{\circ}51'59.4''E$

1.3 取样方法

2019 年 8 月,在每个沙化程度草地处理下设置 $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ 大样方,在每个大样方里按照 S 型取 5 个点。为了更好的取根,本研究采用挖掘法,在每个点取 $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ 土块,分 3 层采集装袋带回室内。将土过 0.25 mm 筛,取根洗净后晾干,放入烘箱内 105°C 杀青 20 min,在 65°C 下烘干至恒重,称取地下生物量。

在每个点用土钻取土 3 次后分土层混合,取出石头、根系等杂质,风干后测定土壤理化性质。每个点取部分土样称取鲜重,取回室内后放入烘箱内 105°C 烘干至恒重后称取干重,计算土壤含水量。土壤容重

采用环刀法;pH 值采用电位法;土壤有机碳采用重铬酸钾容量法;土壤全氮采用凯氏定氮法;土壤有效氮测定采用碱解扩散法;全磷的测定采用钼锑抗分光光度法;土壤速效磷用钼锑抗比色法进行测量^[10]。

1.4 数据处理

应用 Excel 2010 对数据进行处理和作图,应用统计分析软件 spss19.0 进行显著性检验和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同沙化程度的根系的分布状况

不同沙化程度的根系分布状况不同(见表 2),随着沙化程度的加剧,根系含量呈下降趋势,高寒沼泽草甸

10—15 cm 土层的根系含量最高,为 1.25 kg/m^2 ,重度沙化 5—10 cm 土层根系含量最低,为 0.15 kg/m^2 。未沙化草地与沼泽草地在 0—5 cm 土层根系含量差异不显著。不同土层间存在显著差异($p < 0.05$)。未

沙化与轻度沙化草地 0—5 cm 土层根系含量显著高于 5—10 cm 和 10—15 cm,后两者差异不显著。根系分布在中度沙化草地与重度沙化草地土层间差异不显著。

表 2 藏西不同沙化程度草地根系分布状况

土层/cm	根系含量/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)				
	高寒沼泽草甸	未沙化	轻度沙化	中度沙化	重度沙化
0—5	$0.99 \pm 0.11^{\text{bA}}$	$0.88 \pm 0.07^{\text{aA}}$	$0.49 \pm 0.07^{\text{aB}}$	$0.21 \pm 0.07^{\text{aC}}$	$0.21 \pm 0.05^{\text{aC}}$
5—10	$0.67 \pm 0.08^{\text{aA}}$	$0.31 \pm 0.09^{\text{bB}}$	$0.18 \pm 0.05^{\text{bBC}}$	$0.19 \pm 0.07^{\text{aBC}}$	$0.15 \pm 0.07^{\text{aBC}}$
10—15	$1.25 \pm 0.14^{\text{aA}}$	$0.32 \pm 0.13^{\text{bB}}$	$0.25 \pm 0.07^{\text{bBC}}$	$0.21 \pm 0.09^{\text{aBC}}$	$0.16 \pm 0.05^{\text{aC}}$

注:不同小写字母表示土层间差异显著($p < 0.05$),不同大写字母表示不同退化程度草地间差异显著($p < 0.05$),下同。

2.2 土壤的物理性质

不同沙化程度草地土壤的物理性质不同(见表 3),随着沙化程度的加剧,pH 值呈先升高后降低的趋势,其中轻度沙化草地的 pH 值最高,高寒沼泽草甸的 pH 值最低,不同沙化程度草地间差异显著($p < 0.05$)。高寒沼泽草甸和未沙化草地随着土层的加深 pH 值呈下降趋势,轻度沙化、中度沙化和重度沙化不同土层间

pH 值差异不显著。高寒沼泽草甸土壤含水量 0—5 cm 土层与 5—10 cm 土层显著高于 10—15 cm 土层,其他不同沙化草地不同土层间含水量差异不显著,随着沙化程度的加深,土壤含水量逐渐降低,且差异显著。轻度沙化 10—15 cm 土层容重显著高于 0—5 cm 土层,其他不同沙化草地不同土层间容重差异不显著,随着沙化程度的加剧,土壤容重不断增大,且差异显著。

表 3 藏西不同沙化程度草地土壤物理性质

土壤因子	土层/cm	高寒沼泽草甸	未沙化	轻度沙化	中度沙化	重度沙化
pH 值	0—5	$8.07 \pm 0.02^{\text{dD}}$	$8.89 \pm 0.05^{\text{aC}}$	$9.26 \pm 0.02^{\text{aA}}$	$8.89 \pm 0.02^{\text{aC}}$	$9 \pm 0.05^{\text{aB}}$
	5—10	$8.12 \pm 0.02^{\text{aE}}$	$8.71 \pm 0.07^{\text{bD}}$	$9.29 \pm 0.03^{\text{aA}}$	$8.82 \pm 0.02^{\text{aC}}$	$9.08 \pm 0.04^{\text{aB}}$
	10—15	$7.74 \pm 0.1^{\text{bE}}$	$8.67 \pm 0.05^{\text{bD}}$	$9.28 \pm 0.04^{\text{aA}}$	$8.82 \pm 0.09^{\text{aC}}$	$8.99 \pm 0.04^{\text{aB}}$
含水量/%	0—5	$41.80 \pm 0.38^{\text{aA}}$	$27.00 \pm 1.15^{\text{aB}}$	$17.40 \pm 0.58^{\text{aC}}$	$6.10 \pm 0.43^{\text{aD}}$	$2.91 \pm 0.4^{\text{aE}}$
	5—10	$41.10 \pm 0.53^{\text{aA}}$	$26.50 \pm 1.93^{\text{aB}}$	$18.40 \pm 1.1^{\text{aC}}$	$6.90 \pm 0.35^{\text{aD}}$	$3.21 \pm 0.59^{\text{aE}}$
	10—15	$37.90 \pm 1.36^{\text{bA}}$	$28.70 \pm 1.23^{\text{aB}}$	$17.40 \pm 1.15^{\text{aC}}$	$6.30 \pm 0.63^{\text{aD}}$	$2.40 \pm 0.13^{\text{aE}}$
容重/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	0—5	$0.92 \pm 0.01^{\text{aE}}$	$1.06 \pm 0.04^{\text{aD}}$	$1.24 \pm 0.03^{\text{bC}}$	$1.51 \pm 0.02^{\text{aB}}$	$1.64 \pm 0.03^{\text{aA}}$
	5—10	$0.93 \pm 0.02^{\text{aE}}$	$1.08 \pm 0.05^{\text{aD}}$	$1.24 \pm 0.03^{\text{aBC}}$	$1.55 \pm 0.03^{\text{aB}}$	$1.63 \pm 0.03^{\text{aA}}$
	10—15	$0.92 \pm 0.01^{\text{aE}}$	$1.12 \pm 0.04^{\text{aD}}$	$1.29 \pm 0.02^{\text{aC}}$	$1.54 \pm 0.05^{\text{aB}}$	$1.64 \pm 0.04^{\text{aA}}$

2.3 土壤的化学性质

不同沙化程度的土壤化学性质不同(见表 4)。有机质、全氮、碱解氮整体随着沙化程度的加剧不断降低,不同沙化程度间差异显著($p < 0.05$);速效钾含量随着沙化的严重呈先升高后降低的趋势,轻度沙化含量最高,显著高于其他沙化程度速效钾含量;速效磷含量在未沙化土壤中含量最高,并随着沙化程度的加剧而降低。高寒沼泽草甸草地有机质、全氮和碱解氮在 5—10 cm 土层含量最高,并显著高于其他土层,速效钾和速效磷含量随着土层的加深而降低;未沙化土壤中有有机质、全氮、速效钾和速效磷含量随着土层的加深不断降低,碱解氮 5—10 cm 土层含量最高;轻度沙化 10—15 cm 土层有机质含量显著

低于其他两层,全氮含量不同土层间差异不显著,碱解氮在 10—15 cm 土层显著高于其他两层,速效钾和速效磷含量在 10—15 cm 土层最高并显著高于其他两层;中度沙化草地随着土层的加深有机质、全氮、碱解氮、速效钾含量升高;重度沙化草地碱解氮、速效钾和速效磷随着土层的加深而降低,有机质含量在 5—10 cm 含量最高,全氮含量在 10—15 cm 土层最高。

2.4 草地根系含量和土壤理化性质的相关性分析

藏西沙化草地的根系含量与土壤理化性质存在一定的关系,根系含量与 pH 值、容重为极显著负相关,与含水量、有机质、全氮、碱解氮和速效磷呈极显著正相关,与速效钾无相关性(表 5)。

表 4 藏西不同沙化程度草地土壤化学性质

土壤因子	土层/cm	高寒沼泽草甸	未沙化	轻度沙化	中度沙化	重度沙化
有机质/(g·kg ⁻¹)	0—5	39.46±0.97 ^{bA}	24.86±0.42 ^{aB}	10.36±0.92 ^{aC}	4.29±0.17 ^{cD}	1.38±0.06 ^{bE}
	5—10	49.76±1.55 ^{aA}	23.88±0.74 ^{aB}	11.64±0.17 ^{aC}	8.48±0.54 ^{bD}	1.72±0.08 ^{aE}
	10—15	22.61±0.98 ^{cA}	19.5±0.25 ^{bB}	8.88±0.79 ^{bD}	12.53±0.29 ^{aC}	1.04±0.1 ^{cE}
全氮/(g·kg ⁻¹)	0—5	1.57±0.05 ^{bA}	1.47±0.05 ^{aB}	0.7±0.06 ^{aC}	0.28±0.06 ^{cD}	0.14±0.05 ^{bE}
	5—10	2.39±0.05 ^{aA}	1.3±0.05 ^{bB}	0.7±0.07 ^{aC}	0.56±0.06 ^{bD}	0.08±0.01 ^{cE}
	10—15	1.12±0.05 ^{cB}	1.31±0.05 ^{bA}	0.66±0.06 ^{aD}	0.77±0.07 ^{aC}	0.41±0.02 ^{aE}
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	0—5	130.31±3.07 ^{bA}	98.09±2.52 ^{cB}	56.47±2.86 ^{bC}	31.52±1.8 ^{dD}	28.53±0.68 ^{aD}
	5—10	148.24±5.01 ^{aA}	114.73±2.46 ^{aB}	69.16±1.35 ^{aC}	47.44±1.63 ^{bD}	28.47±0.85 ^{aE}
	10—15	115.03±2.59 ^{cA}	103.21±1.61 ^{bB}	57.61±2.82 ^{bC}	59.58±3.12 ^{aC}	25.62±0.36 ^{bD}
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	0—5	88.93±3.46 ^{aD}	337.73±15.13 ^{aB}	443.88±8.62 ^{bA}	180.88±4.88 ^{cC}	93.23±1.67 ^{aD}
	5—10	56.82±2.64 ^{bE}	150.35±2.91 ^{bC}	403.74±9.97 ^{cA}	314.19±7.43 ^{bB}	84.71±2.06 ^{bD}
	10—15	49.17±2.08 ^{cE}	113.19±1.96 ^{cC}	465.04±11.52 ^{aA}	385.15±10.25 ^{aB}	74.41±3.39 ^{cD}
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	0—5	5.8±0.13 ^{aB}	8.56±0.2 ^{aA}	4.29±0.18 ^{bC}	3.48±0.22 ^{aD}	1.49±0.06 ^{aE}
	5—10	3.6±0.2 ^{bC}	5.16±0.12 ^{bA}	4.65±0.29 ^{bB}	1.95±0.09 ^{cD}	0.67±0.05 ^{bE}
	10—15	2.15±0.12 ^{cC}	3.44±0.37 ^{cB}	5.73±0.27 ^{aA}	2.39±0.25 ^{bC}	0.37±0.05 ^{cD}

表 5 藏西草地根系含量和土壤理化性质的相关性

项目	pH 值	含水量	容重	有机质	全氮	碱解氮	速效钾	速效磷
相关系数	-0.806**	0.771**	-0.735**	0.658**	0.590**	0.686**	-0.337	0.382**
显著性(双侧)	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.063	0.010

注:①**在 0.01 水平上显著相关,*在 0.05 水平上显著相关;②样本数 N=75。

3 讨论

根系反映植物对土壤和环境因子的适应性^[8],本研究中随着沙化程度的加剧,根系含量呈下降趋势,说明沙化后的草地不利于根的积累。未沙化草地和轻度沙化草地根系呈“T”字型分布,这与魏巍等^[7,11]的研究是一致的,这两种沙化程度草地根系主要储存在 0—5 cm 土层,超过 5—10 cm 与 10—15 cm 土层根系之和。高寒沼泽草甸 10—15 cm 土层根系含量最大,达到 1.25 kg/m²,显著高于其他两个土层,这与沼泽环境有关,根系随着沼泽中水的淋溶作用而不断沉积。中度和重度沙化草地的根系含量在不同土层间差异不显著。这是因为沙化到一定程度时,优势种转为根系发达的旱生植物,扎根较深,另一个原因是沙化后沙子的流动能力强,导致前几年留下的根系不只在表层土中。不同沙化草地之间,未沙化草地的根系含量是重度沙化草地的 4 倍,但随着沙化的开始,植物逐渐转为旱生类植物,植物属性决定根系增大,使沙化过程中根系降低的趋势有所减缓,这是轻度沙化、中度沙化和重度沙化草地存在差异不显著的原因。

不同沙化程度草地 pH 值均大于 8,为碱性。随着沙化的加剧,pH 值先升高后降低,说明沙化会增加土壤的碱性,但随着沙化的加剧,土壤 pH 值会降低,但仍高于对照的高寒沼泽草甸。西藏地区盐碱地主

要见于高寒漠境盐渍区,多为草甸沼泽特征^[12],本研究中的高寒沼泽草甸符合上述特征,此类盐碱的主要原因是含盐的地表水造成的,本研究区域毗邻高寒沼泽草甸,土壤含水量下降后,导致盐碱化加剧,轻度沙化草地 pH 值最大,各土层均超过 9.2,这可能是由于沙化开始,植被盖度和多样性降低,减少了对碱性离子的吸附,而中度沙化与重度沙化草地 pH 值低于轻度沙化草地是因为受到雨水淋溶作用的影响,使表层的盐碱程度降低。不同沙化草地的含水量和容重的趋势相反,高寒沼泽草甸含水量最高,在 40%左右,容重在 1 g/cm³ 以下,随着沙化的加剧,含水量不断降低,容重不断升高,这与万婷等^[1]的研究结果是一致的。

有机质、全氮、碱解氮随着沙化的加剧而降低,这与许多学者的研究一致^[13-15]。土壤有机质的来源主要是植物残体的凋落分解^[16],而土壤全氮的含量主要是由土壤有机碳的积累和分解决定的^[17],碱解氮则受全氮的含量影响^[18],在土壤沙化过程中,土壤的植被盖度降低,植物残体减少,而在凋落后会伴着风沙被吹走,使沙中的有机质含量降低,而高寒沼泽草甸中的有机质高是由于高寒沼泽草甸的主要植被为藏北嵩草,经年累月,积累了大量植物残体,是有机碳的主要来源,且沼泽地内植物残体分解速度慢,最终使有机碳的含量变得很高,0—5 cm 土层有机质含量高达 39.46 g/kg。不同土层间的变化也主要与不同土层

的植物残体有关,例如高寒沼泽草甸表层的有机质受水分影响降低,进而使 5—10 cm 土层有机质升高,未沙化、轻度沙化则是由于表层土植物残体高而导致有机质高,中度沙化和重度沙化则受到风沙的影响导致有机质分层效果不明显,没有明显规律。速效养分是指可以直接被植物利用的养分,速效磷和速效钾受外界干扰的影响大,比如家畜频繁的采食会使速效养分增加^[19]。本研究中高寒沼泽草甸的速效养分与未沙化的草地相比含量较低,这可能是因为速效养分溶于水的原因。而随着沙化的加剧,速效钾含量先增加后降低,说明外界适当的干扰,草地适当的沙化都会增加钾的输出,但重度沙化土壤中速效钾的含量最低,这可能是由于沙化导致土壤养分的流失。速效磷含量随着沙化的加剧而降低,这与速效钾的变化趋势不同,可能与植物对不同养分利用效率不同有关。而不同土层间速效养分的变化没有明显规律。

根系对土壤的理化性质会有一定程度的响应^[8],魏巍等^[7]认为根系与有机质、全氮和全磷有极显著正相关关系,鄢燕等^[11]认为地下生物量与有机质、全氮和碱解氮有着显著正相关关系,马星星等^[20]认为地下生物量与土壤水分存在显著正相关关系,这些研究结果与本研究结果是一致的,本研究中根系与土壤含水量、有机质、全氮、碱解氮和速效磷都存在极显著正相关关系,相关系数分别为 0.771,0.658,0.590,0.686,0.382,说明更高的含水量、有机质、全氮和碱解氮有利于根的生长和积累。本研究中根系含量与 pH 值和容重间存在极显著负相关关系,相关系数分别为 -0.806 和 -0.735,说明盐碱和容重不利于根系的积累。

4 结论

(1) 随着沙化程度的加剧,根系含量呈下降趋势,高寒沼泽草甸、未沙化草地和轻度沙化草地根系分布呈“T”字型分布,中度和重度沙化草地的根系含量在不同土层间差异不显著。

(2) 随着沙化的加剧,土壤 pH 值与速效钾含量先升高后降低,容重升高,含水量、有机质、全氮、碱解氮、速效磷降低。

(3) 土壤根系含量与 pH 值和容重间存在极显著负相关关系,相关系数分别为 -0.806 和 -0.735;与含水量、有机质、全氮和碱解氮、速效磷存在极显著正相关,相关系数分别为 0.771,0.658,0.590,0.686,0.382。

[参 考 文 献]

[1] 万婷,涂卫国,席欢,等. 川西北不同程度沙化草地植被和土壤特征研究[J]. 草地学报,2013,21(4):650-657.

- [2] 西藏自治区农牧厅. 西藏自治区草原资源与生态统计资料[M]. 北京:中国农业出版社,2017:243-246.
- [3] 黄德青,于兰,张耀生,等. 祁连山北坡天然草地地下生物量及其与环境因子的关系[J]. 草业学报,2011,20(5):1-10.
- [4] 贺金生,王政权,方精云. 全球变化下的地下生态学:问题与展望[J]. 科学通报,2004,49(13):1226-1233.
- [5] 胡中民,樊江文,钟华平,等. 中国草地地下生物量研究进展[J]. 生态学杂志,2005(9):1095-1101.
- [6] 杨永胜,张莉,未亚西,等. 退化程度对三江源泽库高寒草甸土壤理化性质及持水能力的影响[J]. 中国草地学报,2017,39(5):54-61.
- [7] 魏巍,周娟娟,白玛嘎翁,等. 西藏不同草地类型群落根系分布特征与土壤因子的关系[J]. 中国草地学报,2018,40(6):33-38,46.
- [8] 王长庭,王根绪,刘伟,等. 植被根系及其土壤理化特征在高寒小嵩草草甸退化演替过程中的变化[J]. 环境生态学,2012,21(3):409-416.
- [9] 韦兰英,上官周平. 黄土高原不同演替阶段草地植被细根垂直分布特征与土壤环境的关系[J]. 生态学报,2006,26(11):3740-3748.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:30-76.
- [11] 鄢燕,马星星,鲁旭阳. 人为干扰对藏北高寒草原群落生物量及其碳氮磷含量特征的影响[J]. 山地学报,2014,32(4):460-466.
- [12] 魏博娟. 中国盐碱土的分布与成因分析[J]. 水土保持应用技术,2012(6):27-28.
- [13] 李侠,李潮,蒋进平,等. 盐池县不同沙化草地土壤特性[J]. 草业科学,2013,30(11):1704-1709.
- [14] 张芳,王涛,薛娟,等. 不同沙漠化程度高寒草甸的土壤理化性质特征[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(8):155-159.
- [15] 干友民,李志丹,泽柏,等. 川西北亚高山草地不同退化梯度草地土壤养分变化[J]. 草业学报,2005,14(2):38-42.
- [16] Jackson R B, Schenk H J, Jobbágy E G, et al. Below-ground consequences of vegetation change and their treatment in models [J]. Ecological Applications, 2000,10(2):470-483.
- [17] 鲁如坤. 土壤—植物营养学[M]. 北京:化学工业出版社,1998:45-67.
- [18] 傅华,裴世芳,张洪荣. 贺兰山西坡不同海拔梯度草地土壤氮特征[J]. 草业学报,2005,14(6):50-56.
- [19] 何贵永,孙浩智,史小明,等. 青藏高原高寒湿地不同季节土壤理化性质对放牧模式的响应[J]. 草业学报,2015,24(4):12-20.
- [20] 马星星,鄢燕,鲁旭阳,等. 藏北高寒草地地下生物量特征及其与土壤水分的关系[J]. 环境生态学,2016,25(2):189-195.