祁连山东段高寒植被类型对土壤理化特征的影响

王 迪，赵锦梅，雷隆举，张 雪，徐长林
（甘肃农业大学 林学院，甘肃 兰州 730070）

摘 要：[目的] 探讨祁连山东段不同高寒植物的土壤理化特征，为区域水资源合理利用提供理论依据。[方法] 对祁连山东段 6 种灌丛植被和高寒草地的土壤基本性状、土壤持水能力和土壤渗透性进行了相关指标的测定。[结果] ①祁连山东段高寒植被的土壤容重随着土层深度的增加而增大，土壤含水量则随着土层深度的增加而降低。②祁连山东段土壤总孔隙度随着土层深度的增加而减小，毛管孔隙和非毛管孔隙无明显的垂直变化规律；③祁连山东段土壤最大持水量随着土层深度的增加而递增，土壤毛管持水量表现为先减少后增加的变化趋势；土壤非毛管持水量变化规律则不太明显。④祁连山东段土壤初渗透率(0.58～2.81 mm/min)高于平均渗透率(0.05～1.26 mm/min)和稳渗透率(0.04～1.31 mm/min)，6 种高寒植被的土壤初渗透率表现为高寒草地＞山生柳＞硬叶柳＞绣线菊＞千里香杜鹃＞金露梅＞头花杜鹃；平均渗透率表现为绣线菊＞金露梅＞千里香杜鹃＞山生柳＞硬叶柳＞高寒草地＞头花杜鹃；稳渗透率表现为绣线菊＞金露梅＞千里香杜鹃＞山生柳＞硬叶柳＞头花杜鹃灌丛＞高寒草地。[结论] 研究区域高寒植物类型的不同会对该区域土壤理化特征产生不同影响，即土壤理化特征与植物之间存在相互联系与相互作用的关系。

关键词：土壤持水；土壤渗透；高寒植被；祁连山东段
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2021)01-0035-06 **中图分类号**：S714.2

文献参数：王迪，赵锦梅，雷隆举，等. 祁连山东段高寒植被类型对土壤理化特征的影响[J]. 水土保持通报，2021，41(1)：35-40. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2021.01.006；Wang Di，Zhao Jinmei，Lei Longju，et al. Soil physical and chemical properties of different alpine plants in Eastern Qilian Mountains [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2021，41(1)：35-40.

Soil Physical and Chemical Properties of Different Alpine Plants in Eastern Qilian Mountains

Wang Di，Zhao Jinmei，Lei Longju，Zhang Xue，Xu Changlin
(*College of Forestry*，*Gansu Agricultural University*，*Lanzhou*，*Gansu* 730070，*China*)

Abstract：[Objective] The changes in soil physical and chemical properties under different alpine vegetation in the Eastern Qilian Mountains were explored to provide a theoretical basis for the rational utilization of regional water resources. [Methods] The basic soil properties，soil water holding capacity，and soil permeability of different alpine vegetation types were studied. [Results] ① The soil bulk density in the Eastern section of the Qilian Mountains increased with the increase in soil depth，while the soil water content decreased with the increase in soil depth. ② The total soil porosity in the Eastern Qilian Mountains decreased with the increase in soil depth，and the capillary pores and noncapillary pores had no obvious vertical variation. ③ The maximum soil water holding capacity gradually increased as the depth of the soil layer increased. The soil capillary water holding capacity showed a trend of first decreasing and then increasing. The soil noncapillary water holding capacity had a slightly different pattern. ④ The initial soil infiltration rate (0.58 to 2.81 mm/min) in the eastern section of the Qilian Mountains was higher than the average permeability (0.05 to 1.26 mm/min) and steady infiltration rate (0.04 to 1.31 mm/min). The initial soil infiltration performance of six alpine vegetations was alpine meadow ＞ *Salix oritrepha* ＞ *Salix sclerophylla* ＞ *Spiraea salicifolia* ＞ *Rhododendron thymifolium* ＞ *Potentilla fruticosa* ＞ *Rhododendron capitatum*. The average permeability was *S. salicifolia*

收稿日期：2020-08-25 **修回日期**：2020-10-22
资助项目：国家自然科学基金项目“东祁连山区高寒灌丛土壤水文效应研究”(41661060)
第一作者：王迪(1994—)，男(汉族)，陕西省延安市人，硕士研究生，研究方向为水土保持与荒漠化。Email：734340060@qq.com。
通讯作者：赵锦梅(1978—)，女(汉族)，甘肃省天水市人，博士，教授，主要从事水土保持与荒漠化研究。Email：zhaojm@gsau.edu.cn。

> *P. fruticosa* > *R. thymifolium* > *S. oritrepha* > *S. sclerophylla* > *Alpine meadow* > *R. capitatum*. The steady infiltration rate was *S. salicifolia* > *P. fruticosa* > *R. thymifolium* > *S. oritrepha* > *S. sclerophylla* > *R. capitatum* > alpine meadow. [Conclusion] The different types of alpine plant in the study area had different effects on the physical and chemical characteristics of the soil in the area. There was a relationship and interaction between the physical and chemical characteristics of the soil and plants, and the two were interdependent.

Keywords: soil water retention; soil permeability; alpine vegetation; Eastern Qilian Mountains

土壤作为植被生长中必不可少的载体,为其生长提供了必要的物质基础[1]。而在诸多生物和非生物因素的影响下,土壤通过水分入渗和存储将地表水和地下水互通,完成降水至地表及地下水至土壤水的转化[2]。对于高寒灌丛植被而言,灌丛植被下的土壤水、养分通过地表径流与土壤侵蚀汇集形成"肥岛"[3],从而使得土壤理化性质存在水平空间上的异质性[4]。土壤理化性质作为衡量其肥力和质量的重要指标,同时调控植物的生长发育[5]。不同土层的土壤理化性质,不仅决定土壤水、肥、气、热等肥力状况,还影响着降雨入渗和地表径流;还对植物群落的发生、发育和演替速度造成影响[3]。其中土壤有机碳、全效氮磷钾、速效氮磷钾等可直接调控土壤肥力,进而影响植被的生长,最终影响高寒灌丛的生态系统功能[4]。鉴于此,植被和土壤之间的关系是生态学研究的重要领域之一。

祁连山东段位于中国青藏高原最东缘,该地自然环境相对比较敏感脆弱[6]。在该区域生长的植被主要为耐寒或耐旱的灌木和草本[7],其对高寒气候环境具有极强适应能力,对于改善整个流域水资源状况、维持流域生态平衡发挥了重要的水源涵养功能[8]。目前有关祁连山东部高寒植被的研究主要集中草地植被与土壤性状的关系[9]、植被群落与地形气候因子关系[8]、草地植被与土壤养分关系[10]和灌丛草地土壤性状特征变化[6]这几个方面,而针对祁连山东段不同高寒植被土壤理化特征的研究信息十分缺乏。鉴于此,本研究通过对祁连山东段6种灌丛植被和高寒草地的土壤基本性状、土壤持水能力和土壤渗透性方面进行研究,以揭示不同高寒植被下土壤理化特征,为祁连山东部区域水资源合理利用提供理论,也为该区域的植被恢复及生态环境评价提供见解。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省天祝藏族自治县甘肃农业大学天祝草原试验站附近的金强河上流河谷地区(102°34′—102°36′E,37°13′—37°15′N)。该区域属于温带大陆性高原季风气候,具有明显的山地垂直气候特征,年均气温-0.1 ℃,最低温1月份均温低至-18 ℃,最高温7月份均温12.7 ℃,属长年无夏区;年降水量416 mm远低于年潜在蒸发量1 592 mm,降水多为集中于7—9月份的地形雨。无绝对无霜期,仅以冷热两季区分,海拔3 100～3 500 m[11]。该区域高寒植被中灌木主要有山生柳(*Salix oritrepha*.)、硬叶柳(*Salix sclerophylla*)、绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、千里香杜鹃(*Rhododendron thymifolium* 和头花杜鹃(*Rhododendron capitatum*)等[8]。土壤主要有山地森林灰褐土、山地栗钙土、草甸土、亚高山灌丛草甸土和高山寒漠土等类型[6]。

1.2 样地设置

2018年9月,根据研究区河谷地形、地貌特征及高寒植被分布格局,同时依据海拔一致的原则分别选取6种灌木植物(绣线菊,山生柳,硬叶柳,千里香杜鹃,金露梅和头花杜鹃)和高寒草地植被进行研究。在每个研究样地内随机布设3个5 m×5 m植被调查样方。样地概况如表1所示。

表1 祁连山东段样地概况

样地类型	海拔/m	经度/(°)	纬度/(°)	坡度/(°)	株高/cm	地径/cm
绣线菊	3 242	102°34.693′	37°15.012′	3.11	43.44	6.84
山生柳	3 242	102°34.685′	37°15.002′	2.44	89.78	12.50
硬叶柳	3 242	102°34.686′	37°14.998′	2.56	47.78	7.37
千里香杜鹃	3 241	102°34.694′	37°14.990′	3.89	35.44	5.56
金露梅	3 239	102°34.697′	37°14.984′	4.44	22.56	4.29
头花杜鹃	3 240	102°34.702′	37°14.990′	4.67	36.33	6.52
高寒草地	3 242	102°34.715′	37°15.007′	2.78	—	—

1.3　采样方法与测定指标

在每块未被扰动地样地内用土钻采集土壤样品,土样分为 0—10,10—20,20—40,40—60 cm 共计 4 层土壤,每层 3 次重复。对同一样方采集的同一土层土样在去除植物根系和石块后充分混匀带回实验室进行土壤相关指标的测定。采用烘干法测定土壤含水量,采用环刀法测定土壤容重(ρ_b)并按照公式"$P_t=(1-\rho_b/\rho_s)\times100\%$"计算土壤总孔隙度($P_t$),其中,土壤密度($\rho_s$)设置为 2.65 g/cm^3;采用环刀浸水法测定土壤的田间持水量(W_{fc})和毛管孔隙度(P_c);非毛管孔隙度(P_n)为总孔隙度与毛管孔隙度的差值[6,12-15]。即:

$$P_t=(1-\rho_b/\rho_s)\times100\% \quad (1)$$

$$P_c=W\times\rho_b \quad (2)$$

$$P_n=P_t-P_c \quad (3)$$

式中:P_t 为总孔隙度(%);P_c 为毛管孔隙度(%);P_n 为非毛管孔隙度(%);ρ_s 为土壤体积质量,取值 2.65 g/cm^3;W 为田间持水率(%)。

土壤渗透性采用双环刀法测定,取每种植被下 4 层土壤渗透性指标的平均值进行评估。土壤渗透性常用指标有初渗率、稳渗率和平均渗透速率,各项指标的计算方法为:初渗率为最初入渗时段内的渗透量与最初入渗时间的比值,本研究取最初入渗时间为 2 min;稳渗率为单位时间内的渗透量趋于稳定时的渗透率;平均渗透速率为达到稳渗时的渗透总量与达到稳渗时间的比值[16-19]。

1.4　数据处理

采用 Excel 2010 进行数据统计,SPSS 22.0 对数据进行 ANOVA 方差分析和多重比较(Duncans 法),Origin 8.0 进行作图。

2　结果与分析

2.1　土壤容重及含水量特征

由表 2 可见,祁连山东段不同高寒植被的土壤容重呈现出随着土层深度的增加而逐渐增大的变化趋势,而土壤含水量则随着土层深度的增加而逐渐降低。统计分析结果表明:在 0—20 cm 土层,祁连山东段高寒植被中土壤容重在两个或者 3 个植被间(山生柳、金露梅和高寒草地)差异显著($p<0.05$),其他植被间不显著,其数值范围为 0.53～0.76 g/cm^3 但土壤含水量之间没有显著差异;在 20—60 cm 土层,不同植被的土壤容重无显著性差异,而土壤含水量在个别植物类型间(绣线菊和硬叶柳,千里香杜鹃,金露梅和高寒草地)存在显著差异($p<0.05$)。除 40—60 cm 土层外,各土层的土壤含水量均是在千里香杜鹃灌丛中达到最大值,在绣线菊灌丛中达到最小值。

表 2　祁连山东段不同高寒植被土壤容重及含水量特征

土层/cm	植被类型	容重/(g·cm^{-3})	含水量/%
0—10	绣线菊	0.61±0.09^{ab}	70.15±5.59^{a}
	山生柳	0.69±0.034^{a}	71.4±1.78^{a}
	硬叶柳	0.61±0.03^{ab}	79.12±5.10^{a}
	千里香杜鹃	0.58±0.06^{ab}	80.92±1.81^{a}
	金露梅	0.50±0.02^{b}	79.91±2.52^{a}
	头花杜鹃	0.53±0.04^{ab}	73.95±2.54^{a}
	高寒草地	0.70±0.05^{a}	77.26±3.99^{a}
10—20	绣线菊	0.73±0.02^{a}	60.95±5.94^{a}
	山生柳	0.76±0.04^{a}	65.69±2.44^{a}
	硬叶柳	0.74±0.02^{a}	66.61±1.21^{a}
	千里香杜鹃	0.59±0.01^{b}	70.99±3.56^{a}
	金露梅	0.65±0.06^{ab}	69.81±0.80^{a}
	头花杜鹃	0.58±0.04^{b}	69.91±2.07^{a}
	高寒草地	0.72±0.03^{a}	67.92±2.65^{a}
20—40	绣线菊	0.91±0.04^{a}	49.85±4.76^{b}
	山生柳	0.86±0.02^{a}	53.16±3.21^{ab}
	硬叶柳	0.80±0.04^{a}	62.71±1.53^{a}
	千里香杜鹃	0.83±0.082^{a}	62.72±1.66^{a}
	金露梅	0.86±0.07^{a}	61.54±3.02^{a}
	头花杜鹃	0.86±0.12^{a}	59.78±3.96^{ab}
	高寒草地	0.82±0.02^{a}	54.33±2.99^{a}
40—60	绣线菊	1.01±0.03^{a}	43.02±1.61^{a}
	山生柳	0.92±0.03^{a}	42.26±2.40^{a}
	硬叶柳	0.93±0.01^{a}	46.17±1.78^{ab}
	千里香杜鹃	0.93±0.06^{a}	48.87±4.29^{ab}
	金露梅	0.93±0.05^{a}	54.19±3.85^{a}
	头花杜鹃	1.01±0.03^{a}	51.20±3.73^{ab}
	高寒草地	0.90±0.07^{a}	47.24±1.58^{ab}

注:各灌丛类型同列不同小写字母代表差异显著($p<0.05$)。下同。

2.2　土壤孔隙特征

由表 3 可见,祁连山东段不同高寒植被土壤总孔隙度变化趋势明显,即总孔隙度呈现出随着土层深度的增加而逐渐减小的变化趋势,而毛管孔隙和非毛管孔隙随着土层深度的增加无明显的垂直变化规律。统计分析结果表明:在 0—20 cm 土层下,总孔隙度、毛管孔隙和非毛管孔隙基本在不同植被类型下差异显著($p<0.05$);在 20—40 cm 土层下,毛管孔隙和非毛管孔隙基本在不同植被类型下差异显著($p<0.05$);40—60 cm 土层下,植被土壤孔隙度在不同植被类型下无显著差异。在 0—20 cm 土层,毛管孔隙在绣线菊灌丛中达到最大,在头花杜鹃灌丛最小;非毛管孔隙的值则表现为在头花杜鹃灌丛中达到最大,绣线菊灌丛达到最小。

表 3 祁连山东段不同高寒植被土壤孔隙度特征

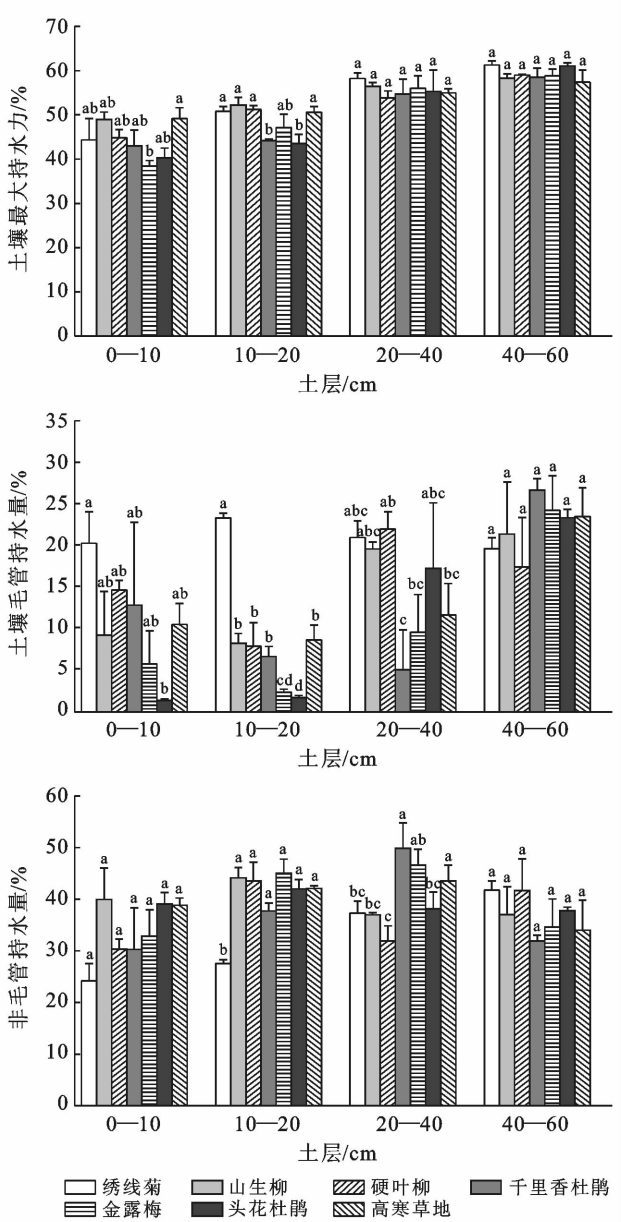
土层/cm	植被类型	总孔隙度/%	毛管孔隙/%	非毛管孔隙/%
0—10	绣线菊	73.93±2.85^{ab}	33.27±4.04^{a}	40.65±4.96^{b}
	山生柳	71.22±1.13^{b}	13.47±7.69^{ab}	57.74±7.26^{ab}
	硬叶柳	73.89±1.09^{ab}	24.02±2.10^{ab}	49.87±1.79^{ab}
	千里香杜鹃	74.89±2.06^{ab}	19.79±15.34^{ab}	55.11±16.79^{ab}
	金露梅	77.58±0.65^{a}	11.95±8.77^{ab}	65.64±8.16^{ab}
	头花杜鹃	76.56±1.26^{ab}	2.23±0.30^{b}	74.33±1.25^{a}
	高寒草地	71.01±1.64^{b}	14.61±3.06^{ab}	56.41±4.39^{ab}
10—20	绣线菊	69.98±0.74^{b}	32.05±0.67^{a}	37.94±0.62^{d}
	山生柳	68.90±1.36^{b}	10.66±1.71^{b}	58.24±1.94^{c}
	硬叶柳	69.67±0.61^{b}	10.69±4.09^{b}	58.98±3.53^{c}
	千里香杜鹃	74.33±0.17^{a}	10.92±2.17^{b}	63.41±2.02^{bc}
	金露梅	72.34±1.88^{ab}	3.30±0.43^{c}	69.05±2.01^{bc}
	头花杜鹃	74.69±1.21^{a}	2.59±0.28^{c}	72.10±1.47^{a}
	高寒草地	70.11±0.89^{b}	11.63±2.05^{b}	58.48±2.93^{c}
20—40	绣线菊	63.78±1.26^{a}	22.92±2.37^{ab}	40.86±2.30^{ab}
	山生柳	65.45±0.77^{a}	22.58±0.50^{ab}	42.88±1.11^{ab}
	硬叶柳	67.65±1.21^{a}	27.69±3.14^{a}	39.97±2.50^{b}
	千里香杜鹃	66.63±2.69^{a}	5.57±5.55^{c}	61.06±6.83^{a}
	金露梅	65.58±2.33^{a}	10.42±4.88^{bc}	55.16±6.72^{ab}
	头花杜鹃	65.73±3.88^{a}	17.91±7.87^{abc}	47.81±11.72^{ab}
	高寒草地	66.73±0.73^{a}	13.78±4.21^{abc}	52.95±4.83^{ab}
40—60	绣线菊	60.46±1.08^{a}	19.31±1.57^{a}	41.15±1.25^{a}
	山生柳	63.70±0.96^{a}	22.84±6.15^{a}	40.86±7.11^{a}
	硬叶柳	63.11±0.25^{a}	18.58±6.51^{a}	44.53±6.37^{a}
	千里香杜鹃	63.34±2.01^{a}	28.74±0.89^{a}	34.60±1.59^{a}
	金露梅	63.12±1.71^{a}	26.35±5.63^{a}	36.78±4.47^{a}
	头花杜鹃	60.78±0.84^{a}	23.14±0.66^{a}	37.63±1.19^{a}
	高寒草地	64.29±2.42^{a}	27.00±6.21^{a}	37.29±4.10^{a}

2.3 土壤持水能力变化

由图 1 可知，祁连山东段不同高寒植被的土壤最大持水量、毛管持水量和非毛管持水量随着土层的垂直变化相应地呈现出一定变化特征。其中土壤最大持水量在 0—60 cm 土层范围内随着土层深度的增加而逐渐递增，7 种高寒植被均在 40—60 cm 土层达到土壤最大持水量的最大值；土壤毛管持水量在 0—60 cm 土层表现为先减少后增加的变化趋势；土壤非毛管持水量在在 0—60 cm 土层范围内主要变现为先增加后减少的变化趋势。

2.4 土壤渗透性特征

由图 2 可知，祁连山东段不同高寒植被的土壤初渗透率、平均渗透率和稳渗透率变化各不相同。其中土壤初渗透率明显高于平均渗透率和稳渗透，其数值为 0.58～2.81 mm/min，依次为高寒草地＞山生柳＞绣线菊＞千里香杜鹃＞硬叶柳金露梅＞头花杜鹃；平均渗透速率数值为 0.05～1.26 mm/min，依次为绣线菊＞金露梅＞千里香杜鹃＞山生柳＞硬叶柳＞高寒草地＞头花杜鹃；稳渗透率数值为 0.04～1.31 mm/min，依次为绣线菊＞金露梅＞千里香杜鹃＞山生柳＞硬叶柳＞头花杜鹃＞高寒草地；绣线菊灌丛生长所处环境下的土壤初渗透率、平均渗透率和稳渗透率变化幅度相对较小，且保持在相对较高水平。



注：不同小写字母代表差异显著（$p<0.05$）。

图 1 祁连山东段不同高寒植被土壤持水能力

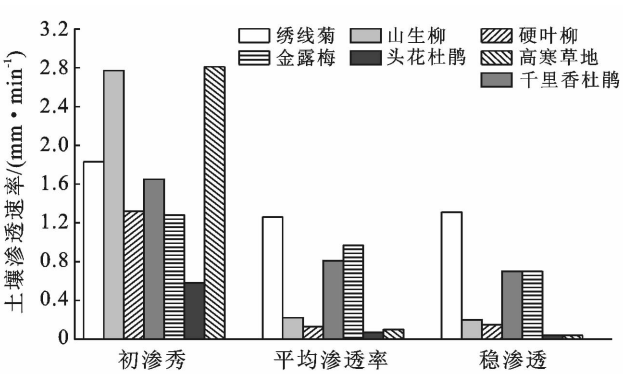


图 2 祁连山东段不同高寒植被土壤渗透特性

3　讨论与结论

3.1　祁连山东段不同高寒植物土壤基本性质与孔隙度特征

植物通过地表凋落物和地下根系的增加可以降低土壤容重,而植物种类的不同,其通过根系的物理作用对土壤的容重、孔隙度等会产生不同的影响[18]。其中土壤表层根系相对较多,根系越密集,土壤通透性则越强,土壤孔隙度更大[16];而且植物枯落物分解、植物根系大部分集中于表层土壤中,土壤孔隙度较大所以土壤容重小;深层土壤质地相对紧实,植物根系、腐殖质含量相对较低而矿质含量相对较高,所以土壤容重较大[17]。本研究中祁连山东段不同高寒植被的水分来源主要依靠自然降雨,其主要集中在土壤浅层,该层土壤水分含量高,利于植被生长,植被根系大部分集中于该土层,而深层土壤区植被根系少,从而影响了土壤容重和孔隙度,形成了土壤容重呈现随着土层深度的增加而逐渐增大,总孔隙度呈现随着土层深度的增加而逐渐减小的变化趋势,这与赵锦梅等[6]的研究结论一致。这是因为土壤表层的不同植物生长状况、枯落物及腐殖质分解等因素均存在差异,会对土壤的物理特性产生影响[20]。本研究中在0—20 cm 土层下,总孔隙度、毛管孔隙和非毛管孔隙在不同植被类型下差异显著($p<0.05$);在 20—40 cm 土层下,毛管孔隙和非毛管孔隙在不同植被类型下差异显著($p<0.05$);40—60 cm 土层下,植被土壤孔隙度在不同植被类型下无显著差异,在 0—20 cm 土层,毛管孔隙在绣线菊灌丛中达到最大,在头花杜鹃灌丛最小;非毛管孔隙的值则表现为在头花杜鹃灌丛中达到最大,绣线菊灌丛达到最小;这可能与采样过程中一定程度的人为扰动和植被自身有关,大量研究表明,植物能通过地表凋落物和地下根系的物理作用,从而影响土壤的孔隙度等,从而影响土壤物理性质[18,20]。

3.2　祁连山东段不同高寒植物土壤持水能力特征

土壤持水能力是植被调节水分和涵养水源的重要指标,其能力决定于土壤物理性质和水分特征[21]。本研究中祁连山东段不同高寒植被的土壤最大持水量在 0—60 cm 土层呈现出随着土层深度的增加而逐渐递增的变化趋势;土壤毛管持水量在 0—60 cm 土层表现为先减少后增加的变化趋势;而土壤非毛管持水量在 0—60 cm 土层范围内变化规律不太明显。这是因为土壤持水能力受多方面自然因素的影响,除了区域外界气候特征因子的影响外,还受到植被类型的影响。本研究所选择植被类型较多,其可以通过影响根系分布及数量、林下微生境、有机质含量和凋落物回归等影响土壤结构[22-23],从而对土壤的持水能力产生不同的影响。这与赵锦梅等[24]关于祁连山东段金强河河谷高寒草地土壤的水文特征中河谷山地阳坡高寒草地田间持水量、毛管持水量和饱和持水量随土层加深呈现先增大后减小的变化趋势的结论不一致。这与李民义[25]对晋西黄土区不同植被类型的土壤水分入渗规律一致。这是因为土壤物理性质中的土壤孔隙对土壤水分入渗的影响较大,尤其是非毛孔隙度,本研究中祁连山东段不同高寒植被下土壤的总孔隙度、毛管孔隙和非毛管孔隙在在 0—20 cm 土层下差异显著($p<0.05$),非毛管孔隙的值则表现为在头花杜鹃灌丛中达到最大,绣线菊灌丛达到最小;不同植被类型下土壤发生入渗的能力差异显著[26],从而导致土壤渗透性的不同。

3.3　祁连山东段不同高寒植物土壤渗透能力特征

土壤渗透是指降水(包括其他形式地表水)进入土壤的过程,土壤渗透性作为衡量土壤通透性的一项重要指标,反映了灌溉、降水过程中地面径流量的调节和转换以及土壤涵养水源和水土保持功能[27-28]。本研究中祁连山东段不同高寒植被的土壤初渗透(0.58～2.81 mm/min)明显高于平均渗透率(0.05～1.26 mm/min)和稳渗透(0.04～1.31 mm/min),7种高寒植被的土壤初渗透、平均渗透率和稳渗透的大小排序各不相同,这主要是因为不同植被类型下土壤发生入渗的能力差异显著[26],从而导致土壤渗透性的不同。即本研究中祁连山东段不同高寒植被下土壤的总孔隙度、毛管孔隙和非毛管孔隙在在 0—20 cm 土层下差异显著($p<0.05$),非毛管孔隙的值则表现为在头花杜鹃灌丛中达到最大,绣线菊灌丛达到最小。

土壤容重和孔隙度等作为土壤物理性状的重要指标,其影响着土壤质量中的持水性能和渗透能力。对祁连山东段不同高寒植物土壤理化特征研究表明土壤水分作为降水和植物生长的直接桥梁,在不同类型的高寒植物下土壤理化特征表现出明显差异。本研究区域高寒植物生长所处的浅层土壤中凋落物覆盖,降雨截留多,该层土壤含水量高,同时根系相对比较密集,土壤总孔隙度大,土壤容重小;而随着土层深度的增加,土壤水分含量较少,植物根系无法延伸至较深的区域,土壤总孔隙度变小,土壤容重增大。即土壤理化特征与植物之间存在相互联系与相互作用的关系,二者之间相互依存。

[参　考　文　献]

[1]　吕宸,宫渊波,龚伟,等.川西高寒山地灌丛草甸土壤水文效应特征[J/OL].应用与环境生物学报,2021,27(2):

1-13.
[2] 刘玉祯,曹文侠,王金兰,等.祁连山东段不同类型灌丛斑块土壤特征对围封的响应[J].草业学报,2019,28(11):32-45.
[3] 梁士楚,苑晓霞,卢晓明,等.漓江水陆交错带土壤理化性质及其分布特征[J].生态学报,2019,39(8):2752-2761.
[4] 谭学进,穆兴民,高鹏,等.黄土区植被恢复对土壤物理性质的影响[J].中国环境科学,2019,39(2):713-722.
[5] Hale R, Reich P, Daniel T, et al. Scales that matter: Guiding effective monitoring of soil properties in restored riparian zones[J]. Geoderma,2014,228/229:173-181.
[6] 赵锦梅,赵晶忠,耿妍,等.祁连山东段不同高寒灌丛草地土壤性状特征变化[J].草地学报,2014,22(5):991-997.
[7] 张德罡,胡自治.东祁连山杜鹃灌丛草地灌木种群分布格局研究[J].草地学报,2003,11(3):234-239.
[8] 唐志红,尉秋实,刘虎俊,等.祁连山东段高寒植被群落特征及其与地形气候因子关系研究[J].生态学报,2020,40(1):223-232.
[9] 马瑞,赵锦梅.东祁连山河谷高寒草地植被群落特征及其与土壤性状的关系[J].干旱区研究,2020,37(2):374-381.
[10] 姚喜喜,宫旭胤,白滨,等.祁连山高寒牧区不同类型草地植被特征与土壤养分及其相关性研究[J].草地学报,2018,26(2):371-379.
[11] 曹文侠,张德罡,洪绂曾.祁连山高寒灌丛草地杜鹃属植物的水分动态及生态适应[J].草地学报,2006,14(1):67-71.
[12] 张桐.六盘山林区四种植被类型对土壤物理性质的影响研究[J].山西水土保持科技,2019(3):11-13,20.
[13] 文晶,王一博,高泽永,等.北麓河流域多年冻土区退化草甸的土壤水文特征分析[J].冰川冻土,2013,35(4):929-937.
[14] 彭舜磊,由文辉,沈会涛.植被群落演替对土壤饱和导水率的影响[J].农业工程学报,2010,26(11):78-84.
[15] 王玮璐,贺康宁,张潭,等.青海高寒区水源涵养林土壤机械组成和理化性质对其饱和导水率和持水能力的影响[J].植物资源与环境学报,2020,29(2):69-77.
[16] 文晶.黑河中游扁都口地区高山草甸草地的土壤水文特征变化研究[D].甘肃 兰州:兰州大学,2014.
[17] 朱德雯.川西高寒山地不同海拔梯度土壤水文特性与抗蚀性特征[D].四川 成都:四川农业大学,2018.
[18] 伍玉容,王洁,郭建英,等.黄土丘陵植被恢复区不同植被类型对土壤物理性质的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(3):96-98.
[19] 张昌顺,范少辉,官凤英,等.闽北毛竹林的土壤渗透性及其影响因子[J].林业科学,2009,45(1):36-42.
[20] 王轶浩,王彦辉,谢双喜,等.六盘山分水岭沟土壤水文物理性质空间变异[J].中国水土保持科学,2008,6(4):33-40.
[21] 朱万泽,盛哲良,舒树淼.川西亚高山次生林恢复过程中土壤物理性质及水源涵养效应[J].水土保持学报,2019,33(6):205-212.
[22] 胡健,吕一河,张琨,等.祁连山排露沟流域典型植被类型的水源涵养功能差异[J].生态学报,2016,36(11):3338-3349.
[23] 徐明,张健,刘国彬,等.植被类型和降雨量对沟谷地土壤水分和温度空间分布的影响[J].草地学报,2017,25(3):499-507.
[24] 赵锦梅,王彦辉,王紫,等.祁连山东段金强河河谷高寒草地土壤的水文特征[J].草业科学,2020,37(2):256-265.
[25] 李民义.晋西黄土区不同植被类型植物多样性及土壤水文物理特征研究[D].北京,北京林业大学,2013.
[26] Blanco-Canqui H, Lal R. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2004,23(6):481-504.
[27] 王意锟,金爱武,方升佐.浙西南毛竹林覆盖对土壤渗透性及生物特征的影响[J].应用生态学报,2017,28(5):1431-1440.
[28] 马海霞,张德罡,陈瑾,等.祁连山东段高寒草甸土壤持水能力在小尺度不同坡面位置的分异特征.草业学报,2020,29(1):28-37.

(上接第 34 页)

[25] 赛牙热木·哈力甫,艾克拜尔·伊拉洪,宋瑞清,等.察布查尔县草原土壤微生物量与土壤理化性质相关性研究[J].草业学报,2017,26(9):36-44.
[26] 周正虎,王传宽.帽儿山地区不同土地利用方式下土壤—微生物—矿化碳氮化学计量特征[J].生态学报,2017,37(7):2428-2436.
[27] Xu X F, Thornton P E, Post W M. A global analysis of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in terrestrial ecosystems [J]. Global Ecology & Biogeography, 2013,22(6):737-749.
[28] Mooshammer M, Wanek W, Zechmeister-Boltenstern S, et al. Stoichiometric imbalances between terrestrial decomposer communities and their resources: Mechanisms and implications of microbial adaptations to their resources [J]. Frontiers in Microbiology, 2014,5:22.
[29] Nicolas F, Nathalie F, Bruno B, et al. An experimental test of the hypothesis of non-homeostatic consumer stoichiometry in a plant litter-microbe system [J]. Ecology Letters, 2013,16(6):764-772.
[30] Zhou Zhenhu, Wang C K. Soil resources and climate jointly drive variations in microbial biomass carbon and nitrogen in China's forest ecosystems [J]. Biogeosciences Discussions, 2015,12(14):11191-11216.