

文章编号:1003-7578(2013)09-160-06

# 高寒草甸不同类型草地土壤机械组成及肥力比较\*

王长庭<sup>1</sup>, 王根绪<sup>2</sup>, 刘伟<sup>3</sup>, 马力<sup>1</sup>, 胡雷<sup>1</sup>

(1. 西南民族大学生命科学与技术学院, 成都 610041; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041;

3. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810008)

**提 要:** 研究了青藏高原高寒草甸不同类型草地土壤机械组成和土壤养分变化特征, 并用相关分析探讨了土壤理化特征、土壤机械组成对不同草地类型群落物种组成、生物量变化的响应。结果表明: 不同草地类型土壤机械组成分布大致是矮嵩草草甸: 粉粒 > 细砂粒 > 粘粒 > 粗砂粒; 高山嵩草草甸: 细砂粒 > 粉粒 > 粘粒 > 粗砂粒; 藏嵩草沼泽化草甸: 细砂粒 > 粉粒 > 粘粒 > 粗砂粒; 金露梅灌丛: 粉粒 > 粘粒 > 细砂粒 > 粗砂粒。矮嵩草草甸、高山嵩草草甸为粉砂质粘壤土, 藏嵩草沼泽化草甸为壤土, 金露梅灌丛为壤质粘土。矮嵩草草甸、高山嵩草草甸和金露梅灌丛土壤颗粒分布相对比较均匀(除藏嵩草沼泽化草甸外), 主要集中在 < 0.5mm 的范围内, 土壤粘粒含量普遍大于 20%。土壤全量养分和速效养分以及土壤物理特征均影响着高寒草甸不同草地类型土壤质量和土壤结构。土壤结构和养分状况是判断高寒草甸生态系统生态功能维持的关键指标之一。

**关键词:** 高寒草甸; 机械组成; 土壤物理特征; 土壤养分

**中图分类号:** S151.9

**文献标识码:** A

高寒草甸是青藏高原隆升后特化形成的一系列高寒植被类型之一, 受自然环境与社会条件的严重制约, 青藏高原的社会经济发展对高原上的资源与生态环境形成了很强的依赖性, 草地畜牧业生产成为青藏高原社会经济主体产业之一<sup>[1]</sup>。因此, 人类活动对高寒草甸的影响是巨大的, 目前高寒草甸大多在人类的影响与控制下发生变化和演替。加强高寒草甸生态系统生物多样性保护、生态功能的维持和提高土壤资源的持续供给水平是当前面临的主要任务, 能否实现这两个目标, 必然涉及到植物群落物种组成、结构与生态系统功能的关系这一重要科学问题。

土壤机械组成又称土壤质地, 是指土壤中矿物颗粒的大小及其组成比例。它不仅影响土壤的理化性质和生物学特性, 与植物生长所需的环境条件及养分供给关系十分密切, 土壤中各级颗粒组成比例适当, 使土壤具有良好的结构性, 土壤所含孔隙的数量和大小比例适中, 通透性好, 保水保肥性强, 有利于根系活动及吸取水分和养分, 为植物的生长发育提供良好的条件。由于土壤颗粒组成在剖面中的垂直分异及其在土体中的含量不同, 从一定意义上说, 土壤的形成就是粘粒的形成与机械组成的变化<sup>[2,3]</sup>。在土壤的各种矿质元素中以氮、磷、钾元素对植物的生长发育影响最为显著, 土壤中氮、磷、钾素的供应水平直接影响着植物的生长、发育与繁殖策略及其群落的组成、结构和功能<sup>[4-9]</sup>。而土壤中氮、磷、钾的供给能力取决于含氮、磷、钾的矿物在土壤中的形态以及土壤颗粒的大小<sup>[10,11]</sup>。

土壤作为植物生存的重要环境条件之一, 不仅对植物群落结构和功能产生重要影响, 而且土壤环境的差异会导致群落演替过程中物种组成、物种多样性的变化<sup>[12,13]</sup>。土壤也是生态系统中营养物质循环、水分平衡、凋落物分解等生态过程的参与者和载体, 土壤结构和养分状况是度量草地生态系统功能维持和发展的关键指标之一<sup>[14,15]</sup>。文中对不同草地类型群落物种组成及其与土壤机械组成、土壤养分的关系进行了初步分析, 以探讨生态功能持续利用过程中土壤结构和养分状况的变化规律, 为高寒草甸生态功能的维

\* 收稿日期: 2011-4-3; 修回日期: 2012-9-26。

**基金项目:** 中国科学院战略性先导科技专项-应对气候变化的碳收支认证及相关问题(XDA05050207); 西南民族大学中央高校基本科研业务费专项资金(11NZYTH07); 国家自然科学基金项目(No. 40925002); 西南民族大学研究生学位点建设项目(2011XWD-S071012)资助。

**作者简介:** 王长庭, 男, 青海湟源人, 博士, 教授, 主要从事草地生态、恢复生态学和根系生态学方面的研究。

E-mail: wangct@swun.edu.cn

持、土壤资源的合理利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

文中研究于2004-2006年8月在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行。地处37°29'~37°45'N, 101°12'~101°33'E, 海拔3200m~3250m。年平均气温-1.7℃, 1月平均气温-14.8℃, 7月平均气温9.8℃。年平均降水量600mm, 主要降水量集中在夏半年, 约占年降水量的80%, 蒸发量1160.3mm。主要植被类型有高寒草甸(Alpine meadow)、高寒灌丛(Alpine shrub)和沼泽化草甸(Swamp meadow)。土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 植物群落调查与取样方法

试验样地选择在植被较为均匀(冬春草场)的高山嵩草草甸(*Kobresia pygmaea* meadow), 该类型的植物种类比较贫乏, 种的饱和度一般为20-30种/m<sup>2</sup>, 草层低矮, 分布均匀, 结构简单, 层次分化不明显, 仅为单层结构, 群落总覆盖度一般在70-90%, 土壤为草原化草甸土; 矮嵩草草甸(*K. humilis* meadow), 群落结构简单, 种的饱和度一般为25-30种/m<sup>2</sup>, 仅草本层一层, 群落总覆盖度一般在60-95%, 优势种主要是矮嵩草(*K. humilis*), 伴生种有线叶嵩草(*K. duthiei*)、异针茅(*Stipa aliena*)、高山唐松草(*Thalictrum alpinum*)等, 土壤为高山草甸土; 藏嵩草沼泽化草甸(*K. tibetica* swamp meadow), 群落结构简单, 仅有草本一层, 群落平均高度10-25cm, 群落总覆盖度80-95%, 优势种主要是藏嵩草(*K. tibetica*), 伴生种有小金莲花(*Trollius pumilus*)、甘青报春(*Primula tangutica*)、星状风毛菊(*Saussurea stella*)等, 土壤为沼泽化草甸土; 金露梅灌丛(*Potentilla fruticososa* shrub), 群落层次分为上下两层, 灌丛高度达40-90cm, 群落总覆盖度为60-80%, 土壤为高山灌丛草甸土, 面积分别为50m×50m, 样地的地理位置等基本情况(表1)。用对角线法设置10个50cm×50cm的观测样方, 草本植物齐地面刈割, 烘干称取生物量, 灌木只采新萌发生长的枝叶。在植物生物量高峰期(8月底)测定植物群落的种类组成及其特征值(盖度、高度、频度)<sup>[16]</sup>。

表1 海北站不同类型草地地理位置和土壤特征

Tab. 1 Geographical position and edaphic characteristics of Haibei station

项目	矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	高山嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	藏嵩草沼泽化草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow	金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticososa</i> shrub
方位	37°36.611'N 101°18.794'E	37°41.975'N 101°16.560'E	37°36.567'N 101°19.200'N	37°39.791'N 101°19.577'E
坡向	10°, SW	35°, NW	5°, E	5°, NE
海拔(m)	3196	3398	3386	3352
土壤类型	AMS	AMS	SMS	ASMS

SW: southwest; NW: northwest; E: east; NE: northeast; SMS: swamp meadow soil; AMS: alpine meadow soil; ASMS: alpine shrub meadow soil.

#### 1.2.2 土壤样品采集及分析

在测定过地上生物量的同时, 采用25cm×25cm的样方, 分层(0~10cm、10~20cm、20~40cm)测定地下生物量, 5次重复。用细筛(1mm, 0.25mm)筛去土, 再用细纱布包好不同层的根系清水洗净, 并捡去石块和其它杂物, 在80℃的烘箱内烘干至恒重并称重。同时采集0~40cm土壤样品, 5次重复, 风干后测定土壤基本成分。测试项目为土壤样品的全磷(钼锑抗比色法)、速效磷(碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法)、全N和速效N(凯氏法和康维皿法)、及有机质含量(丘林法)<sup>[17]</sup>。用吸管法测定土壤机械组成<sup>[18]</sup>。

近地表层0~10cm、10~20cm和20~40cm的含水量用土钻法取土并称鲜重, 然后在105℃的烘箱内烘干至恒重并称重, 计算出土壤含水量, 文中土壤含水量是指土壤水重量与干土重量的百分数。土壤容重用环刀法测定, 土壤体积含水量用烘干法测定。

以上数据均采用SPSS软件和DPS软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同草地类型土壤理化特征

土壤物理学特性影响土壤的通气、透水、持水、导热、抗蚀等各种功能, 是土壤肥力的一个重要方

面<sup>[19]</sup>。土壤容重、孔隙度反映了土壤紧实状况,孔隙分布可反映出土壤结构的好坏,影响土体中水、肥、气、热诸肥力因素的变化与协调<sup>[20]</sup>。不同植被类型0-40cm土层土壤含水量存在明显差异(表2),藏嵩草沼泽化草甸土壤含水量(74.62%)显著高于小嵩草草甸(35.78%)、矮嵩草草甸(38.86%)、金露梅灌丛(34.64%)。不同植被类型0-40cm土层土壤容重也有显著差异(表2),藏嵩草沼泽化草甸土壤容重(0.593g/cm<sup>3</sup>)显著低于小嵩草草甸(0.968g/cm<sup>3</sup>)、矮嵩草草甸(1.03g/cm<sup>3</sup>)、金露梅灌丛(0.953g/cm<sup>3</sup>)。藏嵩草沼泽化草甸土壤有机质、土壤全氮和土壤速效氮含量明显高于其它三个植被类型(表2)。土壤理化性状的变化(土壤养分、土壤容重、土壤湿度等),引起植被组成、物种多样性变化<sup>[21]</sup>。作为对土壤营养异质性分布的反应,植物通过发达的根系富集土壤养分,通过枯枝落叶和腐根将养分集中到土层,提高了土壤有机质和养分含量。

表2 不同植被类型土壤理化性质的变化(平均值)

Tab. 2 Change of soil physics and chemistry in four alpine meadow plant communities (Mean ± SD)

群落类型	土壤有机质	土壤全氮	土壤全磷	土壤速效氮	土壤速效磷	土壤容重	土壤含水量
	(%)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)
	0-40cm	0-40cm	0-40cm	0-40cm	0-40cm	0-40cm	0-40cm
矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	10.35 ± 0.16 <sup>b</sup>	0.54 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	30.88 ± 0.56 <sup>b</sup>	10.61 ± 1.08 <sup>a</sup>	1.028 ± 0.014 <sup>a</sup>	39.44 ± 0.15 <sup>b</sup>
高山嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	12.15 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.59 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.02 <sup>a</sup>	35.86 ± 2.35 <sup>b</sup>	10.37 ± 1.71 <sup>a</sup>	0.976 ± 0.044 <sup>a</sup>	35.14 ± 0.11 <sup>b</sup>
藏嵩草草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow	24.98 ± 0.51 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	80.46 ± 2.08 <sup>a</sup>	12.99 ± 1.82 <sup>a</sup>	0.586 ± 0.031 <sup>b</sup>	75.12 ± 0.08 <sup>a</sup>
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	10.25 ± 0.20 <sup>b</sup>	0.47 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	32.46 ± 2.55 <sup>b</sup>	11.43 ± 2.11 <sup>a</sup>	0.955 ± 0.016 <sup>a</sup>	42.92 ± 0.55 <sup>b</sup>

不同植物群落数据,相同字母表示数据间差异不显著(DMRT法 P=0.05)。

## 2.2 不同草地类型土壤机械组成各颗粒级含量比较

根据国际制土壤颗粒成分分级标准<sup>[18]</sup>将研究区土壤颗粒级分级得出(表3、4、5)。从表中可以看出,不同草地类型土壤机械组成分布大致是矮嵩草草甸:粉粒>细砂粒>粘粒>粗砂粒;高山嵩草草甸:细砂粒>粉粒>粘粒>粗砂粒;藏嵩草沼泽化草甸:细砂粒>粉粒>粘粒>粗砂粒;金露梅灌丛:粉粒>粘粒>细砂粒>粗砂粒。根据国际标准<sup>[18]</sup>(中国科学院南京土壤研究所,1978),可以将研究区的土壤质地进行分类得出,矮嵩草草甸、高山嵩草草甸为粉砂质粘壤土,藏嵩草沼泽化草甸为壤土,金露梅灌丛为壤质粘土。研究区不同草地类型(除藏嵩草沼泽化草甸外)一矮嵩草草甸、高山嵩草草甸和金露梅灌丛不同土壤层次(0-10cm、10-20cm、20-40cm)土壤机械组成分布基本一致,且随着土壤深度的增加,各土壤层次机械组成差异不是很大。矮嵩草草甸、高山嵩草草甸和金露梅灌丛不同草地类型土壤颗粒分布相对比较均匀(除藏嵩草沼泽化草甸外),主要集中在<0.5mm的范围内,土壤粘粒含量普遍大于20%。所以属于砂质粘壤土、壤土及壤质粘土的草甸土壤。由于土壤颗粒较细,颗粒间空隙小,所以通气性、透水性差,不利于好气性微生物的活动,有机质分解比较慢,有利于土壤有机质的累积,所以高寒草甸土其有机质的含量一般比较高且肥效长而且稳。可见,在人类对高寒草甸资源合理开发利用下(尤指放牧),植被特征、土壤理化性质向好的方向发展。

表3 不同草地类型0-10cm各级粒径土壤含量(%)

Tab. 3 The percentages of different particle diameters at 0-10 cm soil layers in different grassland types (Mean ± SD) (%)

项目	粗砂粒	细砂粒	粉粒	粘粒
	(2~0.5mm)	(0.5~0.02mm)	(0.02~0.002mm)	(<0.002mm)
矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	1.72 ± 0.68 <sup>c</sup>	37.75 ± 2.58 <sup>c</sup>	39.66 ± 2.53 <sup>a</sup>	20.87 ± 2.31 <sup>b</sup>
高山嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	2.78 ± 0.64 <sup>b</sup>	43.62 ± 4.75 <sup>b</sup>	32.75 ± 6.33 <sup>b</sup>	20.85 ± 2.31 <sup>b</sup>
藏嵩草草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow	3.62 ± 0.94 <sup>a</sup>	70.41 ± 0.51 <sup>a</sup>	14.23 ± 6.35 <sup>c</sup>	11.75 ± 5.93 <sup>c</sup>
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	1.61 ± 1.04 <sup>c</sup>	31.02 ± 9.51 <sup>c</sup>	36.88 ± 6.36 <sup>b</sup>	30.48 ± 4.79 <sup>a</sup>

不同植物群落数据,相同字母表示数据间差异不显著(DMRT法 P=0.05)。

## 2.3 不同草地类型土壤机械组成与土壤理化特征的关系

对高寒草甸不同草地类型土壤养分与各级粒径的土壤含量进行相关性分析。在矮嵩草草甸中,土壤有机质、全氮和速效氮与0-40cm的细砂粒、粉粒和粘粒含量均呈显著正相关,土壤含水量、容重与0-40cm的细砂粒、粘粒含量呈显著负相关;在高山嵩草草甸中,土壤速效磷、含水量与0-40cm的细砂粒、粗

砂粒含量呈显著负相关,土壤有机质、速效氮、速效磷与0-40cm的粉粒、粘粒含量呈显著正相关;在藏嵩草沼泽化草甸中,土壤有机质、速效氮、土壤含水量与0-40cm的粉粒含量呈显著正相关,土壤全氮、全磷与0-40cm的粘粒含量呈显著正相关;在金露梅灌丛中,土壤速效氮、磷与0-40cm的粗砂粒含量呈显著负相关,土壤有机质、速效氮和土壤全氮、速效氮与0-40cm的粉粒、粘粒含量呈显著正相关(表6)。可以看出土壤全量养分和速效养分以及土壤物理特征均影响着高寒草甸不同草地类型土壤质量和土壤结构。如土壤为壤土、壤质粘土的藏嵩草沼泽化草甸和金露梅灌丛土壤相对于土壤为粉砂质粘壤土的矮嵩草草甸、高山嵩草草甸,含粘粒较多,颗粒细小,孔隙间毛管作用发达,能保存大量的水分,保水性好。而且含粘粒较多,一方面粘粒本身所含养分丰富,另一方面粘粒的胶体特性突出,对阳离子有较强的吸附作用,使养分不易随雨水的淋溶而流失,保肥性好,养分丰富<sup>[18]</sup>。

表4 不同草地类型10-20 cm 各级粒径土壤含量(%)

Tab. 4 The percentages of different particle diameters at 10-20 cm soil layers in different grassland types (Mean ± SD) (%)

项目	粗砂粒	细砂粒	粉粒	粘粒
	(2~0.5mm)	(0.5~0.02mm)	(0.02~0.002mm)	(<0.002mm)
矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	1.46 ± 0.77 <sup>c</sup>	33.14 ± 0.69 <sup>c</sup>	37.90 ± 7.03 <sup>b</sup>	27.49 ± 7.12 <sup>a</sup>
高山嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	2.51 ± 0.97 <sup>b</sup>	42.45 ± 1.88 <sup>b</sup>	30.04 ± 4.26 <sup>c</sup>	24.98 ± 2.31 <sup>b</sup>
藏嵩草草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow	4.03 ± 1.69 <sup>a</sup>	54.60 ± 10.83 <sup>a</sup>	29.50 ± 9.17 <sup>d</sup>	11.87 ± 0.03 <sup>c</sup>
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	1.81 ± 0.24 <sup>c</sup>	25.64 ± 5.06 <sup>d</sup>	44.93 ± 6.24 <sup>a</sup>	27.62 ± 0.06 <sup>a</sup>

不同植物群落数据,相同字母表示数据间差异不显著(DMRT法 P=0.05)。

表5 不同草地类型20-40cm 各级粒径土壤含量(%)

Tab. 5 The percentages of different particle diameters at 20-40 cm soil layers in different grassland types (Mean ± SD) (%)

项目	粗砂粒	细砂粒	粉粒	粘粒
	(2~0.5mm)	(0.5~0.02mm)	(0.02~0.002mm)	(<0.002mm)
矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	1.83 ± 0.85 <sup>b</sup>	35.05 ± 4.00 <sup>b</sup>	40.47 ± 6.07 <sup>a</sup>	22.64 ± 4.08 <sup>b</sup>
高山嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	2.13 ± 0.49 <sup>b</sup>	39.12 ± 4.31 <sup>b</sup>	39.86 ± 8.50 <sup>a</sup>	18.89 ± 6.10 <sup>c</sup>
藏嵩草草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow	7.18 ± 3.51 <sup>a</sup>	42.55 ± 5.46 <sup>a</sup>	28.39 ± 2.33 <sup>b</sup>	21.89 ± 4.14 <sup>b</sup>
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	2.36 ± 1.49 <sup>b</sup>	27.60 ± 12.06 <sup>c</sup>	39.88 ± 8.81 <sup>a</sup>	30.16 ± 4.94 <sup>a</sup>

不同植物群落数据,相同字母表示数据间差异不显著(DMRT法 P=0.05)。

表6 矮嵩草草甸土壤理化特征(0-40cm)与各级粒径土壤颗粒(0-40cm)相关分析

Tab. 6 The correlation between soil characteristics and different particles in *K. humilis* meadow

项目	土壤有机质	土壤全氮	土壤全磷	土壤速效氮	土壤速效磷	土壤容重	土壤含水量	
	(%)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	
矮嵩草草甸 <i>K. humilis</i> meadow	粗砂粒(2~0.5mm)	0.49	0.42	0.42	-0.44	-0.41	0.49	0.47
	细砂粒(0.5~0.02mm)	0.40	0.26	-0.64	0.83*	0.21	0.30	-0.95**
	粉粒(0.02~0.002mm)	0.81*	0.86*	0.40	0.85*	0.28	0.35	0.54
	粘粒(<0.002mm)	0.91**	0.69	0.70	0.83*	0.37	-0.84*	0.29
高山嵩草草甸 <i>K. pygmaea</i> meadow	粗砂粒(2~0.5mm)	0.53	0.45	0.48	-0.35	-0.59	0.51	-0.81*
	细砂粒(0.5~0.02mm)	0.13	0.50	-0.16	-0.43	-0.82*	0.35	-0.31
	粉粒(0.02~0.002mm)	0.33	-0.71	0.57	0.90**	0.82*	0.29	-0.41
	粘粒(<0.002mm)	0.85**	0.55	-0.43	0.79*	0.75	-0.54	0.28
藏嵩草沼泽化草甸 <i>K. tibetica</i> swamp meadow	粗砂粒(2~0.5mm)	0.14	-0.23	-0.29	0.44	0.15	0.67	-0.68
	细砂粒(0.5~0.02mm)	0.32	-0.31	0.66	-0.49	-0.25	-0.10	0.38
	粉粒(0.02~0.002mm)	0.82*	0.22	-0.49	0.81*	-0.31	-0.28	0.91**
	粘粒(<0.002mm)	0.34	0.88*	0.84*	-0.22	-0.37	-0.16	0.11
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	粗砂粒(2~0.5mm)	0.50	-0.36	-0.25	-0.94**	-0.90**	0.28	-0.63
	细砂粒(0.5~0.02mm)	0.10	0.31	-0.39	-0.71	-0.40	0.14	-0.59
	粉粒(0.02~0.002mm)	0.82*	0.28	0.39	0.87*	0.47	-0.50	0.59
	粘粒(<0.002mm)	0.29	0.82*	0.30	0.86*	-0.74	-0.30	0.71

Notes: SAN = Soil available N (mg/kg); SAP = Soil available P (mg/kg). \* p<0.05; \*\* p<0.01.

### 3 讨论与结论

土地利用方式可引起自然和生态过程变化及土壤养分变化<sup>[22]</sup>。土壤容重等物理环境不仅承担着植物水分、空气的供应,本身也对植物生长有重要作用,同时也直接影响养分在土壤中的扩散,而土壤粘粒、

土壤有机质等是影响土壤化学环境的重要因素。土壤性状上的某些改变(土壤容重、土壤湿度等),也会引起植被组成、物种多样性变化。反之,植物群落结构和功能的改变(植物群落生长的高度、盖度及组成),对土壤的影响则是有机质来源减少而分解速度加快、土壤结构破坏、土壤养分减少、土壤水分蒸发加快,使得土壤向干旱化、贫瘠化方向发展,推动了土壤的退化过程。适当的环境干扰或逆境(包括放牧),使群落丰富度和复杂度增加,维持了草地植物群落的稳定,有利于提高群落的生产力<sup>[21]</sup>。土地利用方式和投入经营水平的不同,以及不同作用对土壤养分的消耗差异,土壤养分的补给(枯枝落叶、肥料、水分等)和调节作用也会存在一定差异<sup>[23-24]</sup>。土壤作为生态系统中生物与环境相互作用的产物,贮存着大量的碳、氮、磷等营养物质,这些土壤养分决定着植物的生长,直接影响着植物群落的组成与生理活性,决定着生态系统的结构、功能和生产力水平<sup>[25-26]</sup>。由于高寒草甸不同草地类型均属季节性放牧草场(冬春草场),放牧强度较为适宜,地表植被覆盖度较高,养分来源稳定,有利于土壤有机质的积累、理化特性的改善,增加了土壤肥力和结构合理性。可见,合理的土地利用方式和管理措施影响土壤质量变化的程度和方向。

在自然状态下,土壤中矿物颗粒的大小及其组成比例不仅影响土壤的理化性质,而且与植物生长所需的环境条件及养分供给关系十分密切。不同植物和群落斑块之间可以通过根系的穿透、根际效应、对土壤水分的调节和凋落物的输入等过程影响土壤结构<sup>[27]</sup>。在亚热带地区由于降雨量多且强度大,土壤一般因水的动力学作用而呈现出粘粒含量较高的现象<sup>[28]</sup>。该研究中,矮嵩草草甸、高山嵩草草甸和金露梅灌丛不同草地类型土壤颗粒分布相对比较均匀(除藏嵩草沼泽化草甸外),主要集中在 $< 0.5\text{mm}$ 的范围内,土壤粘粒含量普遍大于20%。说明属于砂质粘壤土、壤土及壤质粘土的草甸土壤由于土壤颗粒较细,颗粒间空隙小,所以通气性、透水性差,不利于好气性微生物的活动,有机质分解比较慢,有利于土壤有机质的累积,土壤颗粒组成更加趋近于合理。另外,在合理利用和管理下,高寒草甸植物群落中枯枝落叶部分归还草地,丰富了营养物质的循环过程,致使土壤有机物质的积累、结构的变化和生物学性状得到提高和改善。土壤养分含量尤其是土壤有机质是土壤微生物的碳源和氮源,土壤中其营养成分在空间和时间上是异质性分布的<sup>[29]</sup>。作为对土壤营养异质性分布的反应,植物在养分丰富的局部环境中能选择性的改变其根系的生长,从而增加养分的吸收<sup>[30-31]</sup>。Samuel和Hart<sup>[32]</sup>认为,在一个植物群落中,个别物种相对于其它物种可能对丰富的土壤资源有较强的反应和竞争能力,从而导致群落内物种丰富度和生态系统功能的改变。如矮嵩草草甸、小嵩草草甸和金露梅灌丛中,土壤养分含量相对较低,这在一定程度上抑制了某些植物的充分生长,表现在生态系统功能(生产力)上则相对较低。藏嵩草沼泽化草甸群落地上、地下生物量显著高于其他植被类型,说明了土壤中养分含量的高低直接影响着群落的生产力,土壤养分越丰富,群落生产力越高,但物种丰富度降低。因此,土壤结构和养分状况是度量高寒草甸生态系统生态功能维持的关键指标之一。

### 参考文献

- [1] 赵新全. 高寒草甸生态系统与全球变化[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 1-20.
- [2] 邹诚, 徐福利, 闫亚丹. 黄土高原丘陵沟壑区不同土地利用模式对土壤机械组成和速效养分影响分析[J]. 生态农业科学, 2008, 24(12): 424-427.
- [3] 高亚军. 陕北农牧交错带土地荒漠化演化机制及土壤质量评价研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2003: 24.
- [4] Critchley C N R, Chambers B J, Fowbert J A, et al. Association between lowland grassland plant communities and soil properties[J]. Biological Conservation, 2002, 105: 199-215.
- [5] Chapin F S, Vitousek P M, et al. The nature of nutrient limitation in plant communities[J]. American Naturalist, 1986, 127: 48-88.
- [6] Wedin D A, Tilman D. Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon balance of grasslands[J]. Science, 1996, 274: 1720-1723.
- [7] Brooks M L. Effects of increased soil nitrogen on the dominance of alien annual plants in the Mojave Desert[J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 40: 344-353.
- [8] Janssens F, Peeters A, et al. Relationship between soil chemical factor and grassland diversity[J]. Plant and Soil, 1998, 202: 69-781.
- [9] Kirkham F W, Mountford J O, et al. The effects of nitrogen, potassium and phosphorus addition on the vegetation of a Somerset peat moor under cutting management[J]. Journal of Applied Ecology, 1996, 33: 1013-1029.
- [10] 王彦辉, 于彬涛. 林冠截留降雨模型转化和参数规律的初步研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(6): 25-30.
- [11] 谢春华, 关文彬, 等. 贡嘎山暗针叶林生态系统林冠截留特征研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 68-71.
- [12] Tilmant D, EL Haddi. Drought and biodiversity in grasslands[J]. Oecologia, 1992, 89: 257-264.
- [13] 安树青, 王峥峰, 等. 土壤因子对次生森林群落物种多样性的影响[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(2): 143-150.

- [14] 苏永中,常学向,等. 祁连山典型流域谷地植被斑块演变与土壤性状[J]. 生态学报, 2008, 28(1):212-219.
- [15] 谭明亮,段争虎,等. 流沙地恢复过程中土壤特性演变研究[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4):685-689.
- [16] 王长庭,龙瑞军,等. 三江源地区主要草地类型土壤碳氮沿海拔变化特征及其影响因素[J]. 植物生态学报, 2006, 30(3):441-449.
- [17] 鲍士旦. 土壤理化分析[M] (第三版). 北京:中国农业出版社, 2000:30-107.
- [18] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社, 1978.
- [19] 孙波,张桃林,等. 我国中亚热带缓丘区红粘土红壤肥力的演化-I. 物理学肥力的演化[J]. 土壤学报, 1997, 36(1):35-47.
- [20] 陈恩风,周礼恺,等. 土壤的自动调节性能与抗逆性能[J]. 土壤学报, 1991, 28(2):168-176.
- [21] 王长庭,王启兰,等. 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[J]. 草业学报, 2008, 17(5):9-15.
- [22] 王保芳,贾宝全,等. 干旱区土地利用方式对沙漠化土地恢复能力的评价[J]. 生态学报, 2002, 22(12):2030-2035.
- [23] Solomon D, Lehmann J, et al. Land use effects on soil organic matter properties of chromic luvisols in semi-arid northern Tanzania: carbon, nitrogen, lignin and carbohydrates[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000, 78:203-213.
- [24] Islam K R, Weil R R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000, 79:9-16.
- [25] Crick J C, Grime J P. Morphological plasticity and mineral nutrient capture in two herbaceous species of contrasted ecology[J]. New Phytologist, 1987, 107:403-414.
- [26] Berendse F. Competition between plant populations with different rooting depths. I. Theoretical considerations[J]. Oecologia, 1979, 43:19-26.
- [27] Angers D A, Caron J. Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks[J]. Biogeochemistry, 1998, 42:55-72.
- [28] 李阳兵,谢德体,等. 岩溶生态系统土壤及表生植被某些特征变异与石漠化的相关性[J]. 土壤学报, 2004, 41(2):196-202.
- [29] Wardle R B, Willig M R, et al. The relationship between productivity and species richness[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1999, 30:257-300.
- [30] Grime J P. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens[J]. Science, 1997, 277:1260-1261.
- [31] 王长庭,龙瑞军,等. 2004. 高寒草甸不同草地类型功能群多样性及组成对植物群落生产力的影响[J]. 生物多样性, 2004, 12(4):403-409.
- [32] Samuel M J, Hart R H. Nitrogen fertilization, botanical composition and biomass production on mixed-grass rangeland[J]. Journal of Range Management, 1998, 51:408-416.

## Comparison of soil mechanical composition and soil fertility at different grassland types in alpine meadow

WANG Changting<sup>1</sup>, WANG Genxu<sup>2</sup>, LIU Wei<sup>3</sup>, MA Li<sup>1</sup>, HU Lei<sup>1</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, P. R. China;

2. Institute of Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, P. R. China;

3. Northwest Institute of Plateau Biology, CAS, Xining 810001, P. R. China)

**Abstract:** Soil is a fundamental component in every terrestrial ecosystem, and the structure and function of plant community were affected by soil environment conditions, and changing of the plant species composition and species diversity resulted from difference of soil environment in plant community succession. This study was conducted to examine characteristics of soil mechanical composition, soil fertility and their relationship with plant community biomass, species composition at different alpine meadow. The results showed that soil mechanical composition distribution is thick sand > fine sand > clay > silt in *Kobresia humilis* meadow; fine sand > thick sand > clay > silt in *K. pygmaea* meadow; fine sand > thick sand > clay > silt in *K. tibetica* swamp meadow; thick sand > clay ≥ fine sand > silt in *Potentilla fruticosa* shrub. The soil of *K. humilis* meadow belongs to silty clay loam soil, *K. tibetica* swamp meadow belongs to loam soil, *Potentilla fruticosa* shrub belongs to loamy clay soil. The distribution of soil particles were relatively uniformity in *K. humilis* meadow, *K. pygmaea* meadow and *Potentilla fruticosa* shrub except for *K. tibetica* swamp meadow, and mainly concentration in < 0.5 mm ranges, the content of soil clay particles > 20%. Soil quality and soil structure in different grassland types in alpine meadow were influenced by soil total nutrient, available nutrient and soil physical characteristics (soil bulk density, soil moisture etc). Soil structure and soil nutrient condition are the important factor for maintaining alpine meadow ecosystem function. Those results confirmed that the reasonable grazing intensity and the proper management measures are effective methods to protect soil quality in degradation region of alpine meadow.

**Key words:** alpine meadow; soil mechanical composition; soil physical characteristics; soil nutrient