

# 放牧对高寒草甸地表特征和土壤物理性状的影响

杜岩功<sup>1,2</sup>, 曹广民<sup>1</sup>, 王启兰<sup>1</sup>, 王长庭<sup>1</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区, 选择五种处于不同放牧强度的高寒草甸为研究对象, 进行放牧对高寒草甸植被演替规律和土壤对放牧压力的响应过程研究, 为合理利用和提高草地生产力提供科学依据。结果表明: 随着放牧强度的增加, 高寒草甸地上生物量呈急剧下降趋势, 由禾草草甸的  $646.24 \text{ g/m}^2$  下降到小嵩草草甸的  $328.16 \text{ g/m}^2$ , 容重逐渐减小; 在小嵩草草甸阶段地表逐渐出现塌陷和裂缝,  $0 \sim 10 \text{ cm}$  土层中根土体积比逐渐变大; 土壤的质地类型发生变化, 由禾草草甸粘壤土转变为壤质粘土; 放牧强度对牧草返青开始时间和生长期都没有影响, 但在重牧处理时, 非生长季地温降低程度很明显。

**关键词:** 高寒草甸; 放牧强度; 植被演替; 土壤容重

**中图分类号:** X37

**文献标识码:** A

草甸是青藏高原的主体类型之一, 约占青藏高原面积的  $33\%$ <sup>[1]</sup>。自 1970 年代以来, 随着人们对畜牧产品需求的增加, 造成高寒草甸草场超载过牧, 导致草地严重退化、沙化, “黑土滩”型退化草地面积逐渐扩大, 草地生态环境日趋恶化。为保护青藏高原的生态环境, 恢复治理退化草地, 需要充分了解草地退化演替过程中的一些生物学过程和特征<sup>[2]</sup>。

目前关于放牧压力对高寒草甸影响的研究主要集中在群落结构、植物多样性和演替趋势方面, 认为随着放牧强度增大, 优良牧草比例明显下降, 物种急剧减少, 牧草无性繁殖能力增强, 草地退化呈逆向演替<sup>[3-7]</sup>。同时认为随着放牧强度增加, 有机质、速效氮、速效磷、速效钾和交换性锰含量都显著减少, 土壤容重增大<sup>[8,9]</sup>。而放牧对高寒草甸土壤地表特征、物理性状的影响和土壤退化对牧草生长的反馈作用与机理研究相对较少。

本试验以典型的处于不同放牧强度下的退化草地为研究对象, 以空间代替时间, 探讨不同放牧强度下, 地表特征和土壤物理性状的变化过程。通过研究草甸土壤物理特性在放牧干扰下的变化, 为减缓

草甸的退化速度提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验区自然概况

试验设置在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站), 地处祁连山北支冷龙岭东段南麓的大通河谷,  $37^{\circ}29' \sim 37^{\circ}45' \text{N}$ ,  $101^{\circ}12' \sim 101^{\circ}23' \text{E}$ , 海拔  $3280 \text{ m}$ 。属典型的高原大陆性气候, 年均气温  $-1.7^{\circ}\text{C}$ , 最冷月(1月)平均气温为  $-14.8^{\circ}\text{C}$ , 最热月(7月)平均温度为  $9.8^{\circ}\text{C}$ , 绝对最低气温可降至  $-37^{\circ}\text{C}$ 。年降水量  $618 \text{ mm}$ , 主要集中于  $5 \sim 9$  月, 占年降水量的  $80\%$  左右。植物生长季, 雨热同期。

### 1.2 试验设计与方法

在海北站地区, 通过实地调查选择 5 户牧民的草场作为样地, 其均为冬春草场。他们自 1982 年以来, 承包草场保持了相对稳定的放牧强度, 从地表特征、牧草组成等方面形成了一个明显的放牧梯度。放牧时间从当年 09-10 至次年 06-10, 植物生长季不受放牧作用的干扰。试验时间是 2005-07 到

收稿日期 (Received date): 2006-11-03; 改回日期 (Accepted): 2007-03-27.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院资源环境领域野外台站研究基金项目资助 [The Field Station Foundation of Chinese Academy of Science]

作者简介 (Biography): 杜岩功 (1981-), 男, 山东威海人, 硕士研究生, 主要从事植物生态学研究。 [Duyangong born in Weihai Shandong province in 1981, male, Graduate student, mainly engage in the research of plant ecology.]

2006– 09, 其放牧强度通过现场调查牲畜数量、土地面积调查而获得, 分别标记为  $G_3$ 、 $G_7$ 、 $G_8$ 、 $G_{11}$ 和  $G_Z$  (表 1)。样地位于山间滩地, 其原生植被为寒冷中生、湿中生和旱中生多年生密丛短根茎地下芽蒿草属植物为建群种的植被类型, 土壤为草毡寒冻锥形土。

土壤容重测定采用环刀法, 重复 5 次。根土体积比采用容量瓶法, 重复 5 次。机械组成采用吸管

法, 重复 2 次。地上生物量测定采用标准收获法, 样方面积  $25 \times 25\text{ cm}^{[10\ 11]}$ 。地下生物量采用土柱法, 分层采集 0~ 1Q 10~ 2Q 20~ 3Q 30~ 40cm, 重复 5 次。选择  $G_7$ 和  $G_8$ 两种代表现实高寒草地利用强度的处理进行土壤 15 cm 处的地温季节动态观测, 测定使用 Stow Away Tiltbit temp Logger自动记录温度数据。

表 1 不同样地优势种变化  
Table 1 Variation of dominant species from different plots

放牧强度	放牧强度 (只羊 /hm <sup>2</sup> )	优势种
$G_3$	3.65	矮蒿草 ( <i>Kobresia humilis</i> )、羊茅 ( <i>Festuca ovina</i> )
$G_7$	7.5	小蒿草 ( <i>Kobresia pygmaea</i> )、垂穗披碱草 ( <i>Elymus nutans</i> )
$G_8$	8.25	小蒿草 ( <i>Kobresia pygmaea</i> )、羊茅 ( <i>Festuca ovina</i> )
$G_{11}$	11.25	小蒿草 ( <i>Kobresia pygmaea</i> )、美丽凤毛菊 ( <i>Saussurea superba</i> )
$G_Z$	围封的放牧通道	雪白萎陵菜 ( <i>Potentilla nivea</i> )

1.3 数据分析

用 SPSS(11.5) 软件在计算机上进行数据的统计、分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 放牧对高寒草甸植被演替和不同功能群生物量的影响

随着放牧强度的增加, 高寒草甸的地上生物量和禾本科的比例呈急剧下降趋势, 莎草科和豆科的比例都是逐渐增加。在植物生长季,  $G_3$  的总生物量最大为  $646.24\text{ g/m}^2$ , 其中禾本科生物量占到总生物量的 30.75%,  $G_{11}$  地上总生物量最小, 仅为  $328.16\text{ g/m}^2$ , 其中禾本科生物量占到总生物量的 15.41%。而  $G_Z$  的总生物量为  $509.44\text{ g/m}^2$  大于  $G_{11}$ , 其中禾本科生物量占到总生物量的 19.79% (表 2)。这可能是由于  $G_Z$  有大量杂类草的入侵, 虽然总生物量没有明显的减少, 但是优良的牧草逐渐被牲畜取食性低的杂类草所替代。

重要值是综合反应物种在群落中重要性的一个指标。重要值 = (相对密度 + 相对频度 + 相对盖度) / 3。群落中重要值大的物种就是群落的优势种, 它在群落中占有重要位置。通常情况下, 群落主要层中的优势种对群落具有决定性的影响。放牧对

高寒草甸演替有很大影响, 特别是处于小蒿草草甸阶段。在  $G_7$  中垂穗披碱草的重要值最大是 6.95, 异针茅是 6.89, 小蒿草是 6.47, 美丽凤毛菊是 5.95,  $G_8$  中小蒿草的重要值最大是 7.70, 紫羊茅是 6.86, 垂穗披碱草 6.67, 异针茅是 5.57。中小蒿草的重要值最大是 11.88, 美丽凤毛菊是 7.46, 异叶米口袋是 5.26, 麻花究是 4.40。随着放牧干扰压力的加大, 垂穗披碱草和针茅的重要值逐渐减少, 到  $G_{11}$  时最小; 小蒿草还有美丽凤毛菊和麻花究这些杂类草以及豆科中的异叶米口袋的重要值都逐渐变大, 它们逐渐成为群落中的主要物种。

表 2 放牧对强度高寒草甸不同功能群生物量的影响  
Table 2 Effects of biomass from different grazing intensity in alpine meadow (Unit g/m<sup>2</sup>)

放牧强度	禾本科	莎草科	豆科	杂类草	枯草	总和
$G_3$	198.72	80.96	94.24	177.60	94.72	646.24
$G_7$	126.56	71.36	79.52	264.96	32.00	574.40
$G_8$	157.44	79.20	76.96	192.64	31.36	537.60
$G_{11}$	50.56	64.48	50.40	149.76	12.96	328.16
$G_Z$	100.8	41.60	99.36	221.44	46.24	509.44

注:  $G_3$  放牧强度是 3.65 只羊 /hm<sup>2</sup>,  $G_7$  放牧强度是 7.5 只羊 /hm<sup>2</sup>,  $G_8$  放牧强度是 8.25 只羊 /hm<sup>2</sup>,  $G_{11}$  放牧强度是 11.25 只羊 /hm<sup>2</sup>,  $G_Z$  放牧强度最大是放牧通道。

2.2 放牧对高寒草甸地表特征的影响

放牧对高寒草甸的地表特征影响主要发生小嵩草草甸阶段, 黑斑是由于小嵩草地下根极度发育, 造成土壤养分的生物固定引起营养供求失调, 同时由于草毡表层的加厚使得水分渗透能力降低而发生的局部死亡形成的。秃斑是干扰加剧引起草皮层的进一步死亡形成。家畜、害鼠以及风蚀、水蚀的继续作用, 草皮层滑塌剥离, 形成塌陷。秃斑的面积逐渐扩大, 表层季节性融化与冻结交替进行又形成裂缝。生境更加恶化, 以小嵩草或矮嵩草为建群种的原生植被几乎消失形成“黑土滩”。在都是调查 10 个样方的条件下, 随着放牧强度增加, 黑斑和秃斑的面积逐渐增大, 塌陷和裂缝逐渐增多;  $G_7$  中只 1 处有塌陷, 长度为 68 cm;  $G_8$  中 4 处有塌陷, 最大长度为 62 cm;  $G_{11}$  中 3 处有塌陷、6 处出现裂缝, 塌陷最大长度

是 60 cm, 裂缝最大长度为 64 cm (表 3)。

2.3 不同放牧压力对土壤容重的影响

土壤容重是土壤紧实度的指标之一, 它与土壤孔隙度和渗透率密切相关。放牧干扰对土壤容重的影响主要是在 0~ 10 cm 土层中, 随着放牧强度增加, 在 0~ 10 cm 土层中土壤容重逐渐变小, 但  $G_Z$  的容重是最大的; 由禾草草甸到小嵩草草甸再到杂类草草甸, 它们之间容重差异显著 (表 4)。贾树海等<sup>[12]</sup>的研究也指出, 牧压对土壤容重的影响仅限于 0~ 10 cm, 其中以 0~ 5 cm 最为明显。另外随着土壤深度的增加土壤容重逐渐增大 (见表 4)。戎郁萍对河北省承德鱼儿山牧场草地进行了研究结果显示从不同深度土壤容重的变化来看, 随土壤深度的增加, 土壤容重逐渐增大<sup>[13]</sup>, 实验结果与此结论一致。

表 3 放牧对高寒草甸地表特征影响										
Table 3 Effects of alpine meadow soil surface characteristic from different grazing intensity										
放牧强度	黑斑面积	秃斑面积	塌陷面积	长度	深度	宽度	裂缝面积	长度	深度	宽度
	( % )			( cm )			( % )	( cm )		
$G_7$	3	0	2	68	4	18				
$G_8$	30	14	13	25	1 5	7				
				50	6	8				
				62	4	18				
				53	3	22				
$G_{11}$	35	22	20				5	20	3 5	5
							5	12	6	3
				60	8	11				
							15	55	7	3
				50	3	13	15	64	3	3
				50	7	50	15	50	3	2
							15	46	4	3

表 4 不同放牧强度土壤容重的变化  
Table 4 Variation of the soil bulk under different grazing intensities

采样深度 ( cm )	放牧强度	土壤容重 ( g/ cm <sup>3</sup> )
0~ 10	$G_3$	0. 753+ 0. 051 <sup>b</sup>
	$G_7$	0. 585+ 0. 103 <sup>c</sup>
	$G_8$	0. 578+ 0. 058 <sup>c</sup>
	$G_{11}$	0. 537+ 0. 041 <sup>c</sup>
	$G_Z$	0. 998+ 0. 024 <sup>a</sup>
10~ 20	$G_3$	1. 110+ 0. 086 <sup>a</sup>
	$G_7$	0. 983+ 0. 088 <sup>b</sup>
	$G_8$	1. 067+ 0. 067 <sup>a</sup>
	$G_{11}$	0. 975+ 0. 183 <sup>b</sup>
	$G_Z$	1. 139+ 0. 048 <sup>a</sup>

注: 表中数据为平均值 ±标准差。同行有相同字母者, 则差异不显著, ( $P > 0. 05$ )。

2.4 放牧对土壤根土体积比影响

根土比是土壤中根和土的体积比, 代表土壤-牧草营养供求关系。随着放牧强度增加, 在 0~ 10 cm 土层中土壤根土体积比逐渐增大; 随着土层深度的增加, 土壤根土体积比逐渐减小 (图 1)。G11 体积比达到 1. 5: 1, 其草毡表层极度发育, 在这个阶段出现大量的塌陷和裂缝, 其植物根系死亡, 草毡表层发生龟裂, 最终导致“黑土滩”退化草地的产生, 草毡表层的老化与龟裂是高寒草地走向退化 (即逆向演替) 的开始。

2.5 放牧对土壤机械组成的影响

土壤颗粒组成决定着土壤的物理、化学和生物

特性, 土壤中的养分状况及其对各养分吸附能力的强弱都与土壤的粒级组成有关, 土壤机械组成与土壤有效养分含量之间有较明显的相关关系<sup>[14]</sup>。放牧干扰主要影响 0~ 10 cm 土层的质地变化, 随着放牧强度的增加, 高寒草甸 0~ 10 cm 土壤的质地类型发生变化, 由粘壤土转化为壤质粘土; 随着土层深度的增加, 土壤质地变化不明显(表 5)。

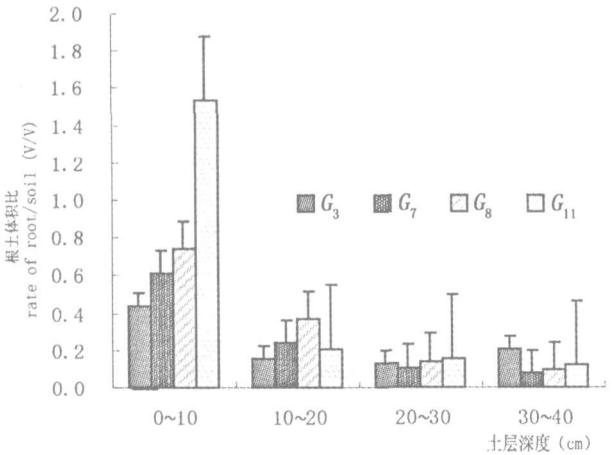


图 1 放牧强度对土壤根土体积比的影响

Fig 1 Effects of grazing intensity on root/ soil( V/ V )

表 5 放牧对强度土壤机械组成的影响( % )

Table 5 Effects of soil machinery component from different grazing intensity ( Unit: % )

放牧强度	砂粒 ( 2~ 0.02 mm )	粉砂粒 ( 0.02~ 0.002 mm )	粘粒 ( < 0.002 mm )	质地类型
0~ 10 cm				
G <sub>3</sub>	39.47	39.66	20.87	粘壤土
G <sub>7</sub>	32.97	37.44	29.60	壤质粘土
G <sub>8</sub>	36.28	44.08	19.65	粘壤土
G <sub>11</sub>	41.50	27.65	30.85	壤质粘土
G <sub>Z</sub>	35.95	31.10	32.95	壤质粘土
10~ 20 cm				
G <sub>3</sub>	34.61	37.90	27.49	壤质粘土
G <sub>7</sub>	39.31	34.24	26.44	粘壤土
G <sub>8</sub>	38.78	32.41	28.81	壤质粘土
G <sub>11</sub>	40.85	30.08	29.15	壤质粘土
G <sub>Z</sub>	31.75	42.07	26.18	壤质粘土
20~ 30 cm				
G <sub>3</sub>	37.61	41.81	20.58	粘壤土
G <sub>7</sub>	44.10	32.49	23.41	粘壤土
G <sub>8</sub>	47.02	26.93	26.05	粘壤土
G <sub>11</sub>	44.10	27.03	28.87	壤质粘土
G <sub>Z</sub>	34.38	40.78	24.84	粘壤土
30~ 40 cm				
G <sub>3</sub>	36.16	39.14	24.70	粘壤土
G <sub>7</sub>	36.19	40.49	23.32	粘壤土
G <sub>8</sub>	47.07	22.83	30.09	壤质粘土
G <sub>11</sub>	42.86	26.98	30.16	壤质粘土
G <sub>Z</sub>	30.71	41.88	20.74	粘壤土

2.6 放牧强度对土壤温度的影响

土壤温度影响植物根系的生长和分布, 影响土壤化学过程的速度和成土母质中原生矿物的风化, 直接影响土壤微生物活动、土肥力释放<sup>[15]</sup>。G<sub>11</sub> 的生长季均温比 G<sub>7</sub> 高 0.36℃, 在生长季温度变化幅度很小, 这可能是因为地表覆盖度降低, 但是非生长季均温比 G<sub>7</sub> 低 0.69℃, 重牧处理, 非生长季的地温降低明显(表 6)。在海北站地区牧草返青是从日均气温稳定 ≥3℃开始, 生长期是指返青期到植物生长停止即日均气温稳定 ≥5℃时间阶段结束<sup>[16]</sup>。通过对海北站气象资料中 15 cm 地温和气温的比较分析得出地温比气温平均高出 1.1~ 1.3℃。在两个处理中牧草植物都是从 04- 29 以后开始返青; 生长期都为 168 d 从 04- 29 开始到 10- 13 结束(图 2 图 3)。

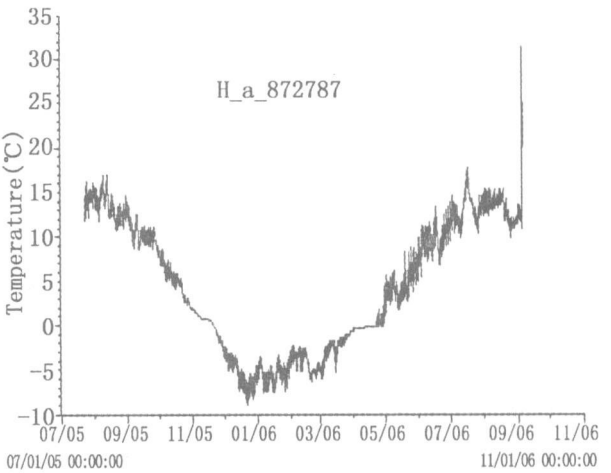


图 2 G<sub>7</sub> 的 15 cm 深度土壤温度年变化

Fig. 2 Variation of soil temperature on light grazing intensity at 15 cm

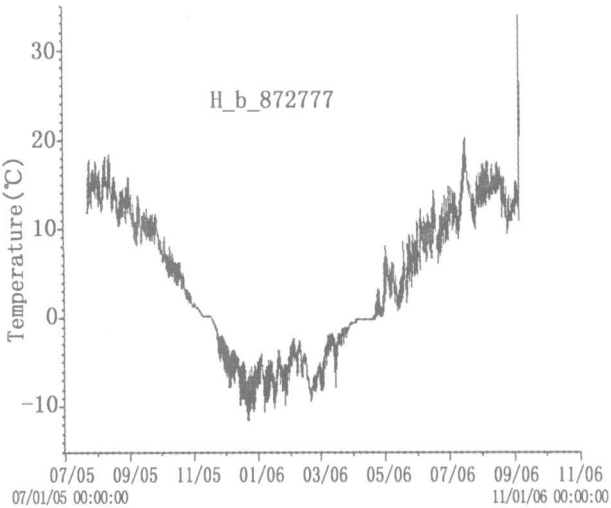


图 3 G<sub>11</sub> 的 15 cm 深度土壤温度年变化

Fig. 3 Variation of soil temperature on high grazing intensity at 15 cm

表 6 不同放牧强度土壤地温变化 (℃)

Table 6 Variation of soil temperature from different grazing intensity (Unit: ℃)

放牧强度	生长季均温	最高温度	最低温度	非生长季均温	最高温度	最低温度
G <sub>7</sub>	10.36	31.48	- 0.13	- 0.96	11.52	- 9.04
G <sub>11</sub>	10.72	20.04	- 0.13	- 1.65	12.38	- 11.48

注: 生长季是指 4月中旬到 9月中旬, 非生长季是 9月中旬到次年 4月中旬

3 讨 论

以禾草 + 苔草 + 嵩草为优势种群的高寒草甸地带性植被, 随着放牧利用强度增加, 禾草的繁殖受阻逐渐退化, 致使耐牧、耐践踏的高寒小嵩草逐渐成为优势植物种群, 由禾草草甸演替成为小嵩草草甸; 由于小嵩草的地下根系极为发达, 其地上/地下之比 1: 9左右, 长期超载放牧下, 甚至可以达到 1: 12, 形成坚韧、深厚的草毡表层, 一方面使得土壤水分渗透能力降低, 另一方面使得以高贮量低有效养分特点的高寒草甸养分发生生物固定 (以地下根系有机态), 最终导致其草皮层的死亡、剥蚀, 小嵩草草甸被以雪白委陵菜、甘肃马先蒿等杂类草为优势植物种群的植被所代替, 形成杂类草草甸, 在鼠类活动的破坏下, 而形成黑土型次生裸地, 称为“黑土滩”。这在青藏高原“三江源”地区极为普遍, 因此在生产上, 考虑到放牧对土壤和植被演替进程的干扰, 应以中等放牧强度为宜, 既使草地生态系统的能量流动保持稳定, 又可以提高经济效益。在高寒草甸生态系统中, 放牧干扰对各土壤营养影响与土壤动物和微生物之间的效应关系, 尚需深入地进一步研究<sup>[17-18]</sup>。

参考文献 (References)

[1] Zhang Jinxia, Cao Guangn, Zhou Dangwei, et al. Carbon dioxide emission of Matorch soil in the Haibei alpine meadow ecosystem [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(4): 544~549 [张金霞, 曹广民, 周党卫, 等. 草毡冻融锥形土 CO<sub>2</sub> 释放特征 [J]. 生态学报, 2001, 21(4): 544~549]

[2] Zhou Huakun, Zhou Li, Zhao Xinquan, et al. Degradation process and integrated treatment of “black soil beach” grassland in the source regions of Yangtze and Yellow Rivers [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(5): 51~55 [周华坤, 周立, 赵新全, 等. 江河源区“黑土滩”型退化草场的形成过程与综合治理 [J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 51~55]

[3] Zhou Huakun, Zhao Xinquan, Zhou Li, et al. Effects of different grazing intensities on growth of *Potentilla anserina* clones [J]. *Acta*

*Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2006, 26(5): 1021~1029 [周华坤, 赵新全, 周立, 等. 不同放牧强度对鹅绒委陵菜克隆生长特征的影响 [J]. 西北植物学报, 2006, 26(5): 1021~1029]

[4] Liu Jianxiu, Zhu Zhong, Zheng Wei, et al. Responses of two plant species to grazing practice in alpine and cold meadow under grazing and grazing-suspension [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2005, 25(10): 2043~2047 [刘建秀, 朱志红, 郑伟. 高寒草甸放牧扰动与两种植物的反应研究 [J]. 西北植物学报, 2005, 25(10): 2043~2047]

[5] Ma Jixiong, Kong Shengfu, Cha Fang. Research of a pine meadow contrary evolution [J]. *Journal of Qinghai Normal University (Natural Science)*, 2001, 4: 48~52 [马继雄, 孔生福, 查芳. 高寒草甸演替趋势的研究 [J]. 青海师范大学学报 (自然科学版) 2001, 4: 48~52]

[6] Jiang Xiaolei, Zhang Weiguo, Yang Zhenyu, et al. The Influence of disturbance on community structure and plant diversity of a pine meadow [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2003, 23(9): 1479~1485 [江小蕾, 张卫国, 杨振宇, 等. 不同干扰类型对高寒草甸群落结构和植物多样性的影响 [J]. 西北植物学报, 2003, 23(9): 1479~1485]

[7] Sun Haiqun. Studies on the degradation succession of *Korbesia pyramidalis* and *K. humilis* in a pine meadow [J]. *Heilongjiang Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2002, 1: 1~3 [孙海群. 小嵩草和矮嵩草高寒草甸退化演替研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2002, 1: 1~3]

[8] Zhou Huakun, Zhao Xinquan, Zhou Li, et al. A study on correlations between vegetation degradation and soil degradation in the Altai pine meadow of Qinghai Tibetan Plateau [J]. *Acta Pratacal Turanica Sinica*, 2005, 6: 31~40 [周华坤, 赵新全, 周立, 等. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究 [J]. 草业科学, 2005, 6: 31~40]

[9] Pei Haikun. Effect of different grazing intensity on soil nutrient and texture [J]. *Journal of Qinghai University*, 2004, 22(4): 29~31 [裴海昆. 不同放牧强度对土壤养分及质地的影响 [J]. 青海大学学报, 2004, 22(4): 29~31]

[10] Sun Honglie, Liu Guangsong. Chinese ecosystem research network observation and analysis standard method [S]. Beijing: Chinese Standard Press, 1999 [孙鸿烈, 刘光崧. 中国生态系统研究网络观测与分析标准方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.]

[11] Group of soil system classification. Institute of Soil of Nanjing Chinese Academic of Science. Soil laboratory analysis project and method standard of Chinese soil system classification [S]. Beijing: Science Press, 1991 [中国科学院南京土壤研究所土壤系统分

- 类课题组. 中国土壤系统分类土壤实验室分析项目及方法规范 [S]. 北京: 科学出版社, 1991. ]
- [ 12 ] Jia Shu Hai, Wang Chun Zhi, Sun Zhen Tao *et al*. Study on grassland dark sandy chestnut compaction by grazing intensity and grazing season [ J ]. *Acta Agrestia Sinica*, 1999, 7 ( 3 ): 217 ~ 222 [ 贾树海, 王春枝, 孙振涛, 等. 放牧强度和时期对内蒙古草原土壤压实效应的研究 [ J ]. 草地学报, 1999, 7 ( 3 ): 217 ~ 222 ]
- [ 13 ] Rong Yuping, Han Jianguo, Wang Pei *et al*. The Effects of Grazing Intensity on Soil Physics and Chemical Properties [ J ]. *Grassland of China*, 2001, 23 ( 4 ): 41 ~ 47 [ 戎郁萍, 韩建国, 王培, 等. 放牧强度对草地土壤理化性质的影响 [ J ]. 中国草地, 2001, 23 ( 4 ): 41 ~ 47 ]
- [ 14 ] Zhu Jinghua, Zhou Yin in, Jing Haichun *et al*. A study of soil machine composition and soil nutrient correlation in Tianjing [ J ]. *Tianjing Agriculture Science*, 1994, 1: 1 ~ 3 [ 朱静华, 周艺敏, 静海春, 等. 天津地区土壤机械组成与土壤养分状况相关关系的探讨 [ J ]. 天津农业科学, 1994, 1: 1 ~ 3 ]
- [ 15 ] Feng Xue in, Cai Deli. Soil Temperature in relation to air temperature, altitude and latitude [ J ]. *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41 ( 3 ): 489 ~ 491 [ 冯学民, 蔡德利. 土壤温度与气温及纬度和海拔关系的研究 [ J ]. 土壤学报, 2004, 41 ( 3 ): 489 ~ 491 ]
- [ 16 ] Li Yingnian, Cao Guangnin, Bao Xinkui. Analysis on water consumption and water consumption rule of Habei alpine meadow [ J ]. *Chinese Agriculture Meteorology*, 1996, 17 ( 1 ): 41 ~ 43 [ 李英年, 曹广民, 鲍新奎. 海北高寒草甸植被生育期耗水量和耗水规律的分析. 中国农业气象 [ J ]. 1996, 17 ( 1 ): 41 ~ 43 ]
- [ 17 ] Guangnin Cao, Yang Hong Tang, Wenhong Mo *et al*. Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau [ J ]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2004, 36: 237 ~ 243
- [ 18 ] David Martin, Jeanne Chambers. Restoration of riparian meadows degraded by livestock grazing: above and belowground responses [ J ]. *Plant Ecology*, 2002, 163: 77 ~ 91

## Effect of Grazing on Surface Character and Soil Physical Property in Alpine Meadow

DU Yangong<sup>1,2</sup>, CAO Guangnin<sup>1</sup>, WANG Qilan<sup>1</sup>, WANG Changting<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

<sup>2</sup> Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract** Five kinds of alpine meadow under different grazing intensity were selected as research plot for studying disturbance of grazing to alpine meadow vegetation succession rule and soil response process to grazing intensity at Habei ecosystem research station, Chinese Academy of Sciences. The pasture maintained relatively stably grazing intensity and formed obvious grazing grads on surface character and species component. The time of the experiment was from July 2005 to September 2006. The grazing intensity was obtained by investigating livestock quantity and field acreage. It provided the scientific basis for reasonable use and enhancing the grassland productive forces. The results showed that the biomass declined rapidly which from 646.24 g/m<sup>2</sup> to 328.16 g/m<sup>2</sup>, soil bulk density changed slightly and more dent and cranny were appeared at Kobresia pygmaea meadow; the rate of root/soil volume at 0~10 cm enhanced gradually; the type of soil texture changed from clay loam to loam clay with grazing intensity increasing. There are no differences on the time of seedling establishment and growth period between light grazing intensity treatment and high grazing intensity treatment. The change of soil temperature was more significant on high grazing intensity than that on high grazing intensity in non-growth season.

**Key words** Alpine meadow; grazing intensity; vegetation succession; soil bulk density