

江河源区披碱草和星星草混播草地土壤物理性状对牦牛放牧强度的响应

董全民^{1,2}, 赵新全¹, 马玉寿², 代勇², 施建军², 王启基¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810002; 2. 青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810003)

摘要:在江河源区披碱草 *Elymus natans* + 星星草 *Puccinellia tenuiflora* 混播人工草地上研究了牦牛放牧强度对土壤物理性状的影响, 2 年的试验结果表明: 随着放牧强度的增加, 不同土壤层含水量均呈降低趋势, 土壤容重、土壤坚实度呈增大趋势。相关分析表明, 放牧强度与不同土壤层含水量呈极显著的负相关 ($P < 0.01$), 与土壤容重和坚实度呈极显著的正相关 ($P < 0.01$), 而且土壤容重和坚实度均具有累积效应。

关键词:牦牛放牧强度; 混播禾草草地; 土壤含水量; 土壤容重; 土壤坚实度; 江河源区

中图分类号: S812.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0629(2005)06-0065-06

江河源区地处青藏高原腹地, 是黄河、长江、澜沧江的发源地, 素有“三江源”之称, 有“中华水塔”之美誉, 同时也是我国生态环境的极敏感区和气候变化的启动区, 而且该区也是青海省乃至整个青藏高原主要的畜牧业基地^[1-3], 草场面积 $1.6256 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占该区土地总面积的 85.9%^[4]。但由于自然和人为因素的破坏, 以“黑土型”退化草地为主的草地退化现象日趋严重, 草地生态平衡失调, 生态环境恶化。近 4 年来, 国家和青海省投入大量的人力、物力, 在江河源区共建植人工草地约 16 万 hm^2 , 缓解了该区天然草地压力及草畜矛盾问题, 也在一定程度上遏制了局部生态环境进一步恶化的趋势。但由于该区人工草地合理利用和管理技术的研究较少, 技术储备不足, 尤其是人工草地“草畜”系统的优化集成技术的研究更为缺乏^[5,6], 因此如何合理利用和科学管理江河源区来之不易的人工草地、实现其持续利用与稳定发展迫在眉睫, 这不仅对长江、黄河上游地区的发展有直接的作用, 而且直接关系和影响中下游地区的经济发展和我国 21 世纪的可持续发展, 对解决黄河断流、治理长江水患、改善长江和黄河流域及全球的生态环境也有着极其重大的意义。

试验以国家“十五”科技攻关项目为依托, 运用放牧生态学原理和可持续发展理论, 旨在研究江河源区退耕还林草和生态建设工程建立的多年生人工草地保持永续利用这一亟待解决的问题,

探讨人工草地的合理利用和科学管理, 以达到草地资源永续利用的目的。

江河源区天然草地放牧试验的研究报道尚不多见^[7-11], 多年生混播人工地的放牧试验还未见报道。本文针对放牧强度对江河源区披碱草 *Elymus natans* + 星星草 *Puccinellia tenuiflora* 多年生混播人工草地土壤物理性状效应的研究, 旨在为多年生混播人工草地合理放牧强度的确定提供基础数据, 并为当地严酷自然环境和特殊生产方式下多年生混播人工草地的合理利用提供参照, 进而达到多年生混播人工草地合理永续利用的目的。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况 试验地设在青海省果洛州大武乡的格多牧委会, 位于北纬 $34^{\circ}17' \sim 34^{\circ}25'$ 、东经 $100^{\circ}26' \sim 100^{\circ}43'$, 为一山间小盆地, 平均海拔 4 500 m 左右, 年均温 -4° 左右, 无绝对无霜期, 年均降水量 513 mm; 总面积约 16 万 hm^2 , 其中滩地约 1.2 万 hm^2 , 山地约 1 700 hm^2 , 黄河的支流格曲发源并流经这里。草场的原生植被为嵩草类高寒草甸, 放牧试验地在 2002 年建植的披碱草 + 星星草混播人工草地上。

收稿日期: 2004-04-21 修回日期: 2005-01-26

基金项目: 国家“十五”攻关项目 (2001BA606A-02)

作者简介: 董全民 (1972-), 男, 甘肃天水人, 助理研究员, 在读博士生。E-mail: dqm850@sina.com

1.2 试验设计 在当地牧户牛群内,选取健康、生长发育良好的2.5岁阉公牦牛16头、体重95~105 kg,随机分为4组(每组4头),分别是极轻放牧(牧草利用率为20%)、轻度放牧(牧草利用率为40%)、中度放牧(牧草利用率为60%)、重度放牧(牧草利用率为80%)和对照(牧草利用率为0)。根据草场地上生物量、牦牛的理论采食量和草场面积确定放牧强度。试验从2003年开始,试验期为每年6月20日—9月20日。

表1 人工草地牦牛放牧试验设计

处理	放牧牦牛(头)	草地面积(hm ²)	放牧强度(头/hm ²)
极轻放牧(D)	4	1.52	2.63
轻度放牧(C)	4	0.76	5.26
中度放牧(B)	4	0.50	8.00
重度放牧(A)	4	0.38	10.52
对照(CK)	0	1.00	0

1.3 测定内容 从试验开始每15 d取样1次,每次沿各处理小区对角线100 m样条各取5个重复样方(0.25 m×0.25 m),测定各放牧小区的土壤含水量和土壤坚实度,土壤容重只在试验始末与土壤含水量和土壤坚实度同期测定。土壤含水量用土钻按0~10,10~20,20~30 cm 3层取样;土壤坚实度在每个样点上测10次,每个处理共计50次,然后求其平均值。

2 结果与分析

2.1 土壤含水量的响应 随着放牧强度的增大,2003和2004年各土壤层含水量均呈降低趋

势(图1)。由于该地区大气降水主要集中在7,9月份,导致8月份水分蒸发量过大,地下水严重减少,各土壤层含水量总体低于9月份。试验开始前(6月20日)各处理土壤0~10 cm的含水量无显著差异($P>0.05$);试验开始后随放牧强度的增大,土壤含水量逐渐下降且变化较为明显,表明放牧强度使草地表层含水量前期高,后期降低。这是因为随放牧强度的增大,牦牛践踏作用的增强,草地土壤表面硬度增大,土壤总孔隙度减小,土壤的渗透阻力加大,从而导致土壤保水和持水能力下降。另外,随放牧强度的增加,土壤通气透水性变差,导致降水多集中在土壤表层而不能向下渗透,土壤水分向下运动量少,所以水分蒸发快,造成降水后不同放牧强度草地0~10 cm土层土壤含水量上升,其后又很快蒸发使各处理土壤含水量又低于对照,并且放牧强度越大降低的越多。在10~20和20~30 cm土壤层中,土壤水分含量的变化趋势与0~10 cm相似,但各放牧处理间差异不显著($P>0.05$),且土壤层越深,含水量的变化越不明显,这说明放牧强度对下层土壤含水量的影响不大。

2.2 土壤容重的响应 土壤容重是土壤紧实度的指标之一,与土壤的孔隙度和渗透率密切相关^[12]。容重的大小主要受到土壤有机质含量、土壤结构及放牧家畜践踏程度的影响。贾树海等^[13]认为土壤容重对草地放牧退化具有敏感性,可作为评价草地的数量指标^[14,15]。土壤愈疏松或土壤中有大量的根孔、小动物洞穴或裂隙,则孔

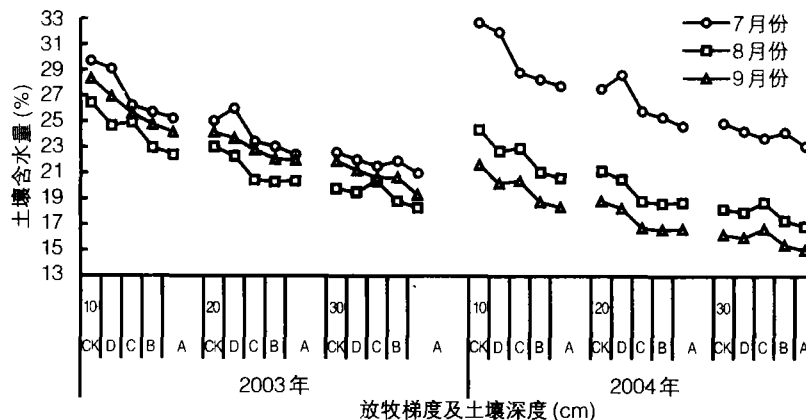


图1 放牧强度对土壤水分含量的影响

表2 不同放牧强度下土壤坚实度的动态变化

kg/cm²

处理	2003年(月-日)						2004年(月-日)					
	07-05	07-20	08-05	08-20	09-05	09-20	07-05	07-20	08-05	08-20	09-05	09-20
A	0.53	0.69	0.68	1.11	1.35	1.36	0.65	0.79	1.39	1.73	1.63	2.30
B	0.46	0.53	0.63	0.96	0.91	0.97	0.41	1.33	1.40	1.05	1.24	1.74
C	0.52	0.52	0.55	0.80	0.73	0.83	0.44	0.80	0.80	0.82	0.87	0.89
D	0.55	0.44	0.47	0.43	0.49	0.46	0.45	0.55	0.78	0.91	0.96	0.96
CK	0.46	0.37	0.46	0.36	0.41	0.39	0.41	0.40	0.34	0.44	0.50	0.55

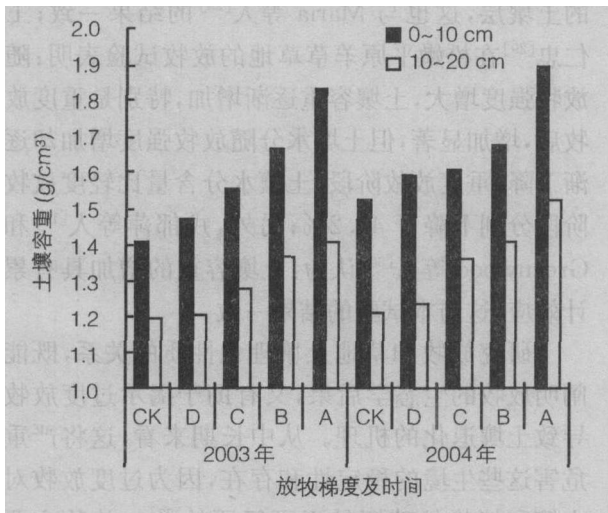


图2 放牧强度对土壤容重的影响

隙度大而容重小;反之,土壤愈紧实则容重愈大。

随放牧强度的增大,2003和2004年土壤容重均呈上升趋势,且0~10 cm的土壤容重比10~20 cm大(图2)。这一结果与戎郁萍等^[16]在华北地区人工草地,蒲小鹏等^[17]在东祁连山金强河段金露梅灌丛草地,红梅等^[18]在内蒙古草原所做的放牧试验结果一致。2004年各放牧处理组的土壤容重均大于2003年,这说明土壤容重的增加具有累积效应。

表3 放牧强度与土壤含水量、容重和坚实度之间的回归方程

土壤物理性状	土层 (cm)	回归方程 $y = a - bx$		相关系数 (R)	显著性检验
		a	b		
含水量 (%)	0~10 cm	27.969	0.412 8	-0.990 7	$P < 0.01$
	10~20 cm	24.152	0.271 2	-0.939 3	$P < 0.01$
	20~30 cm	21.489	0.160 2	-0.949 5	$P < 0.01$
容重 (g/cm ³)	0~10 cm	1.278 1	-0.103 5	0.982 9	$P < 0.01$
	10~20 cm	1.113 3	-0.059 3	0.976 4	$P < 0.01$
坚实度 (kg/m ²)		3.859 5	-0.031 4	0.983 1	$P < 0.01$

注:回归方程中 y 分别表示土壤含水量、土壤容重和土壤坚实度, x 表示放牧强度, a 、 b 为回归方程系数。

2.3 土壤坚实度的响应 土壤坚实度的大小,受土壤质地、结构性和松紧度等的影响而变化^[15]。由表2可以看出,随着放牧强度的增大和放牧时间延续,土壤坚实度随之明显增加,各放牧处理组的坚实度均高于同期对照组,且2004年各处理组同期的土壤坚实度均高于2003年,这说明在较高放牧强度下,随放牧时间的延长,牦牛的践踏导致土壤孔隙分布的空间格局发生变化,土壤变的僵硬、结构变得紧实^[13,15,18,19],且土壤坚实度也具有累积效应。

2.4 放牧强度与土壤含水量、容重和坚实度之间的关系 相关分析表明,放牧强度与不同土层含水量呈极显著的负相关,与土壤容重和坚实度呈极显著的正相关,它们与放牧强度之间的回归方程见表3。这与贾树海等^[20]人在内蒙古草原上的结论有所不同。这可能是因为该试验地是2龄人工草地,建植时破坏了原生植被,土壤结构松散、空隙度较高,对试验结果有了一定影响;另外由于该试验只进行了2年,对于放牧试验来说可能时间太短,因此尚需进一步研究和探讨,以便科学合理地确定放牧强度与人工草地物理性状之间的真实关系。

3 讨论

在草地畜牧业领域中人工草地的管理及持续利用的研究是一个倍受人们重视的发展方向。在许多国家,通过建植人工草地来快速恢复退化草地和发展草地畜牧业,仍是当前生态畜牧业和集约化畜牧业经营管理的主要途径。针对江河源区生态环境恶化,气候寒冷,风沙、干旱灾害频繁的特点,从理论上探讨江河源区人工草地生态系统在家畜放牧以及生态环境变化对人工草地生态系统稳定性和可持续能力的作用,从而为该区人工草地合理持续利用和生态畜牧业的持续发展奠定基础。人工草地的可持续利用与放牧管理密切相关,不同的放牧强度对草地土壤性状的影响也不尽相同^[20]。在重度放牧下,由于家畜活动范围小,对土壤践踏程度高,地上植被盖度明显下降,土壤表层蒸发量增加,土壤含水量下降^[21,22],土壤表面变的紧实,因此大气降水后,地表水不易下渗,土壤水分向上传导的速度减慢,导致下层土壤的含水量变化不大。另外,土壤容重和坚实度也随放牧强度的增加而增大,压实效应显著^[19,20,23],这不仅打破了人工草地土壤水分、容量和坚实度空间分布的时间稳定性^[24-26],而且对草地植物的生长和群落结构产生不利影响^[12,19,27]。从中长期来看,这将严重危害这些生境的稳定性和存在,因为过度放牧对土壤和植物的破坏是不可复原的^[27]。

人工草地的生产力主要决定于草地的管理和降水分配的制约,而这种制约作用在很大程度上是通过土壤实现的,土壤的水分,几乎决定着植物的生长、产量及种群的组成。David 等人^[23]的研究表明:土壤水分含量是河滩草甸植物多样性、植被演替、草地恢复的决定因素,而且土壤通气状况和土壤表面硬度是植物根系生长、光合作用的主要因素;曹广明等人^[21]在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站的研究表明:土壤含水量随放牧强度的增加而减小,且因土壤容重和土壤表面硬度的增加,土壤呼吸率下降。试验土壤水分的变化与戎郁萍^[16]等在华北地区人工草地上、红梅等人^[22]在内蒙古典型草原上的结论一致,土壤容重和坚实度的变化与贾树海等人^[20]对

内蒙古羊草草原和大针茅草原放牧生态系统研究得出的土壤容重和表面硬度随牧压增加而增加的结论一致,他们认为这些特征对草场的放牧退化是敏感的,可作为草场退化的数量指标;但贾树海等人^[13]在内蒙古隐子草 *Cleistogenes squarrosa* + 冷蒿 *Artemisia frigida* 退化草原得出的土壤容重与放牧强度成二次回归关系^[13]的结论不一致,他认为牧压对土壤容重的影响仅限于 0~10 cm 的土壤层,这也与 Maria 等人^[28]的结果一致;王仁忠^[29]在松嫩平原羊草草地的放牧试验表明:随放牧强度增大,土壤容重逐渐增加,特别是重度放牧后,增加显著,但土壤水分随放牧强度增加却逐渐下降,重度放牧阶段,土壤水分含量比轻度放牧阶段分别下降了 43.2%;另外,戎郁萍等人^[16]和 Greenwood 等人^[30]认为:土壤容重的增加具有累积效应,这与本试验的结果一致。

研究放牧和草地土壤理化性质的关系,既能阐明放牧的生态学后果,又有助于揭示过度放牧导致土壤退化的机理。从中长期来看,这将严重危害这些生境的稳定性和存在,因为过度放牧对土壤和植物的破坏是不可复原的^[27]。放牧主要影响表层的理化性质^[13,16,22,28,31],如家畜践踏的直接影响和刈割的间接影响^[12],但在试验中,不同放牧强度对 10~20 cm 土壤容重也有明显的影响,这一结果与姚爱兴和王培^[32]在奶牛放牧试验的结果一致。另外,该试验只进行了 2 年,对于放牧试验来说可能时间太短,因为土壤的理化性质对放牧强度的反应表现出“滞后效应”^[33],因此放牧强度试验要有足够的试验时间、应包含尽可能多的草地和气候类型,以便科学合理地确定放牧强度与人工草地物理性状之间的真实关系。

4 结论

4.1 放牧第 1 年和第 2 年,不同土壤层含水量均随放牧强度的增大而逐渐降低;它们与放牧强度呈极显著的负相关 ($P < 0.01$)。

4.2 放牧第 1 年和第 2 年,不同土壤层土壤容重均随放牧强度的增大而增加;它们与放牧强度呈极显著的正相关 ($P < 0.01$);土壤容重的增加具有累积效应。

4.3 土壤坚实度随放牧强度的增加而增加,它们与放牧强度呈极显著的正相关($P < 0.01$);土壤坚实度也具有累积效应。

参考文献:

- [1] 刘迎春. 江河源生态环境对其流域的影响[A]. 中国青藏高原研究会, 青海省科学技术委员会. 青海资源环境与发展研讨会论文集[C]. 北京: 气象出版社, 1996. 91-94.
- [2] 周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1986.
- [3] 周兴民. 青海省草地资源的合理利用与草地畜牧业的持续发展[A]. 中国青藏高原研究会, 青海省科学技术委员会. 青海资源环境与发展研讨会论文集[C]. 北京: 气象出版社, 1996. 110-116.
- [4] 周华坤, 周立, 赵新全, 等. 江河源区“黑土滩”型退化草地的形成过程与综合治理[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 51-55.
- [5] 王启基, 史惠兰, 景增春, 等. 江河源区退化天然草地的恢复及其生态效益分析[J]. 草业科学, 2004, 21(12): 37-41.
- [6] 马玉寿, 郎百宁, 李青云, 等. 江河源区退化草地的恢复与重建技术研究[J]. 草业科学, 2002, 19(9): 1-5.
- [7] 董全民, 李青云, 马玉寿. 放牧强度对牦牛生长的影响[J]. 草地学报, 2003, (3): 256-260.
- [8] 董全民, 马玉寿, 李青云, 等. 牦牛放牧强度对小嵩草高寒草甸地上、地下生物量的影响[J]. 四川草原, 2004, (2): 20-27.
- [9] 董全民, 马玉寿, 李青云, 等. 放牧强度对高寒草甸暖季草场植被结构的影响[J]. 草业科学, 2004, 21(2): 48-53.
- [10] 董全民, 马玉寿, 李青云, 等. 牦牛放牧强度对小嵩草高寒草甸植物群落的影响[J]. 中国草地, 2004, 26(3): 24-32.
- [11] 董全民, 马玉寿, 李青云, 等. 放牧强度对高寒草甸暖季草场植物群落组成和植物多样性的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(1): 94-102.
- [12] 高英志, 韩兴国, 汪诗平. 放牧对草原土壤的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 790-797.
- [13] 贾树海, 崔学明, 李邵良, 等. 牧压梯度上土壤物理性质的变化[A]. 草原生态系统研究(第5集)[C]. 北京: 科学出版社, 1997, 12-16.
- [14] 李志洪, 王淑华. 土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响[J]. 土壤通报, 2004, (2): 55-57.
- [15] 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.
- [16] 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, (4): 41-47.
- [17] 蒲小鹏, 徐长林, 刘晓静. 放牧利用对金露梅灌丛土壤理化性质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(1): 39-41.
- [18] 红梅, 韩国栋, 赵萌莉, 等. 放牧强度对洪善达克沙地土壤物理性质的影响[J]. 草业科学, 2004, 21(12): 108-111.
- [19] 张蕴薇, 韩建国, 李志强. 放牧强度对土壤理化性质的影响[J]. 草地学报, 2002, 10(1): 74-78.
- [20] 贾树海, 崔学明, 李邵良, 等. 牧压梯度上土壤物理性质的变化[A]. 草原生态系统研究(第5集)[C]. 北京: 科学出版社, 1997. 12-16.
- [21] Guanmin 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.
- [22] 红梅, 陈有君, 李艳龙, 等. 不同放牧强度对土壤含水量及地上生物量的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2001, (2): 25-26.
- [23] David Martin, Jeanne Chambers. Restoration of riparian meadows degraded by livestock grazing: above and belowground responses[J]. Plant Ecology, 2002, 163: 77-91.
- [24] Ge Y, Chang Jie, Fu C X, et al. Effect of soil water status on the physioecological traits and the ecological replacement of two endangered species, *Changium smyrnioides* and *Chuanminshen violaceum*[J]. Bot. Bull. Acad. Sin. 2003, 44: 291-296.
- [25] 周启友, 岛田纯. 土壤水空间分布结构的时间稳定性[J]. 土壤学报, 2003, 40(5): 683-689.
- [26] 孙国荣, 阎秀峰, 李晶. 星星草对碱化土壤物理性质的影响[J]. 草地学报, 2002, 10(2): 118-113.
- [27] Milton S J, Dean W R J, Duplessis M A, et al. A conceptual model of arid rangeland degradation[J]. Bioscience, 1994, 44: 70-76.
- [28] Maria B V, Nilda M A, Norman P. Soil degradation related to overgrazing in the semi-arid southern Caldenal area of Argentina[J]. Soil Science, 2001,

- 166(7):441-452.
- [29] 王仁忠. 放牧干扰对松嫩平原羊草草地的影响[J]. 东北师大学报(自然科学版), 1996, (4):77-82.
- [30] Greenwood K L, MacLeod D A, Hutchinson K J. Long-term stocking rate effects on soil physical properties[J]. Aus J. Exp. Agric., 1997, 37:413-419.
- [31] Greene R S B, Kinnel P I A, Wood J T. Role of plant cover and stock trampling on runoff and soil erosion from semiarid wooded rangelands[J]. Aus J. Soil Res., 1994, 32:953-973.
- [32] 姚爱兴, 王培. 不同放牧制度下奶牛对多年生黑麦草/白三叶草地土壤特性的影响[J]. 草地学报, 1996, 4(2):95-102.
- [33] 周立, 王启基, 赵京, 等. 高寒草甸牧场最优放牧强度的研究 藏羊最大生产力放牧强度[A]. 高寒草甸生态系统(第4集)[C]. 北京:科学出版社, 1995. 365-376.

Study on responses of soil physical character to stocking rate of yaks on mixed sown pastures of perennial grasses in Yangtze and Yellow Rivers source region

DONG Quan-min^{1,2}, ZHAO Xin-quan¹, MA Yu-shou², DAI Yong², WANG Qi-ji¹, SHI Jianjun²

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810002, China;

2. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810003, China)

Abstract: Effect of stocking rate on soil physical character has been studied on mixed sown pasture of perennial grasses (*Elymus natans* + *Puccinellia tenuiflora*) in Yangtze and Yellow Rivers source region. The results showed: with the increase of stocking rates, water contents of different soil stratum decreased, and soil bulk density and hardness increased. Furthermore, correlative analysis showed that stocking rate was significantly and negatively correlated with water contents of different soil stratum ($P < 0.01$), and significantly and positively correlated with soil bulk density and hardness ($P < 0.01$). Soil bulk density and hardness have accumulation effect.

Key words: stocking rate of yaks; mixed sown perennial grasses pasture; soil physical character; Yangtze and Yellow Rivers headwater region

青海省引昆仑山雪水治理生态环境初见成效

位于我国沙尘暴发源地中心地带的青海省海西藏族自治州茫崖地区,从2003年开始引昆仑山雪水植树造林、治沙育草,目前这一沙尘暴治理工程进展顺利,已有1000万 hm^2 戈壁沙漠披上了绿色。

中共茫崖工作委员会书记刘巴矜说,从2003年开始,茫崖政府部门计划在10年内投入7000万元,引昆仑山雪水在荒漠化地区建造3333 hm^2 防护林,全面实施生态工程治理沙尘暴,目前这项工程进展顺利。

这项沙尘暴治理计划还包括:建设绿洲生态区2133 hm^2 、改良草地6000 hm^2 、建设天然林防护围栏5333 hm^2 。目前茫崖已投入2000万元用于筑渠引水、封滩育草和种植防护林。

中国气象局有关资料显示,目前全球共有4个沙尘暴高发区。中国西北地区是中亚沙尘暴高发区的重要组成部分,其中青海、新疆南部和甘肃一带沙化面积达70多万 km^2 。茫崖是青海省主要的荒漠分布区,处于西北地区沙尘暴中心地带。

茫崖气象局局长卢国祥说,通过2年的生态治理,茫崖的周边环境得到有效改善,2005年以来茫崖沙尘天气比往年明显减少。

(王圣志)