

青藏铁路沿线温性草原区芨芨草 (*Achnatherum splendens*) 群落特征

淮虎银¹, 魏万红¹, 张镜铨^{2,*}

(1. 扬州大学生物科学与技术学院, 江苏扬州 225009; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要 芨芨草群落是青藏铁路沿线一类重要的温性草原植被类型, 对青藏铁路两侧及其四周的水土保持起着非常重要的作用。对青藏铁路西格段海晏县附近的芨芨草原的空间分布特征、物种丰富度和生物量等特征进行了分析。结果显示, 研究地区芨芨草群落由芨芨草斑块和针茅斑块镶嵌而成, 两类斑块的数量、大小和斑块间大小变化幅度等特征在空间上表现出一定的规律。芨芨草斑块大小在样线上所占的比例比针茅斑块为小, 且有随远离铁路而减小的趋势, 而物种丰富度则出现相反的变化趋势。芨芨草斑块的盖度和单位面积上地上生物量显著高于针茅斑块。斑块的大小和数量在一定程度上反应了芨芨草群落的退化状况。人为活动往往会加剧芨芨草群落的斑块片段化。针对芨芨草群落的特征和现状, 建议加强对这些区域内人为活动的限制力度以减少对芨芨草群落的干扰。

关键词 青藏铁路, 温性草原, 芨芨草群落, 铁路影响, 特征

文章编号: 1000-0933 (2007) 02-0497-07 中图分类号: Q145, Q151, Q948 文献标识码: A

The characteristics of *Achnatherum splendens* community along the Qinghai-Tibet railway

HUAI Hu-Yin¹, WEI Wan-Hong¹, ZHANG Yi-Li^{2,*}

1 College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Acta Ecologica Sinica 2007, 27(2): 497-503.

Abstract: The *Achnatherum splendens* community is an important vegetation type of warm steppes along the Qinghai-Tibet railway. It plays a very important role in environmental protection in this area. The characteristics of *A. splendens* community near Haiyan County, such as spatial distribution pattern, species richness and biomass, were examined in this paper. The results show that *A. splendens* community in the study region is composed of two types of patches, i. e. *A. splendens* patch and *Stipa* patch. The number and size of the two types of patches showed certain an interesting distributional pattern. Along the gradient away from the railway, the total size of *A. splendens* patch showed a decreasing trend and species richness showed an increasing trend. Coverage of *A. splendens* patches was higher obviously than that of *Stipa* patches. The number and size of patches may reflect the degradation of *A. splendens* community. Human activities can speed up the degradation process of *A. splendens* community. Based on the characteristics and present status of *A. splendens*

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (90202012); 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2005CB422006)

收稿日期: 2006-06-15; 修订日期: 2006-12-29

作者简介: 淮虎银 (1966 ~) 男, 甘肃天水人, 博士, 副教授, 主要从事植物生态学和民族植物学研究. E-mail: hyhuai@yzu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangyl@igsrr.ac.cn

Foundation item: This research was financially the National Natural Science Foundation of China (No. 90202012) and National Basic Research Program of China (No. 2005CB422006)

Received date 2006-06-15; **Accepted date** 2006-12-29

Biography: HUAI Hu-Yin, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in plant ecology and ethnobotany. E-mail: hyhuai@yzu.edu.cn

community, we suggest that some measures be taken to control human activities for *A. splendens* community conservation in the study area.

Key Words : the Qinghai-Tibet railway ; warm steppe ; *A. splendens* community ; railway impact ; characteristics

青藏铁路沿线的植被生态系统类型主要有高寒草甸、草原、荒漠、灌丛和高山植被等,其中高寒草甸、草原和荒漠生态系统是青藏铁路和公路切割后破碎化程度最大的植被类型^[1]。在草原植被中,温性草原是青藏铁路进入海拔 3000m 以上地区后所穿越的第一个地带性植被类型,其中以芨芨草 (*Achnatherum splendens*) 为优势种的芨芨草群落是该地区温性草原主要群落类型之一^[2]。芨芨草群落不仅是当地重要的牧场,而且在抗风固沙、保持水土等维护自然环境的稳定性方面也起着十分重要的作用^[3,4]。然而,关于芨芨草群落的归属问题一直以来都存在着较大的争议^[5]。陈桂琛等曾对青海省芨芨草群落的特征及分布规律进行研究后发现,青海省芨芨草群落主要分布于共和盆地、青海湖盆地和柴达木盆地东部等地区,在这些区域分布的芨芨草群落无论从群落组成上还是从生境条件来看,都具有典型的草原植被特征,而且也具有地带性意义^[5]。在青海湖湖盆南岸,芨芨草草原主要分布在海拔 3250m 左右,且与其它温性草原群落类型(如扁穗冰草草原和短花针茅草原)相比,其生态优势度最小^[6,7]表明芨芨草群落在研究地区温性草原中是一类物种丰富度比较高的群落。周国英等研究表明,青海湖地区芨芨草群落组成简单,物种贫乏,北温带成分(属)占优势,生活型以地面芽植物居多,群落内物种多样性在很大程度上受生境条件和人为活动的综合影响^[8]。

青藏铁路进入温性草原区后,有相当一段路程是从芨芨草群落中穿越而过,分布于这一地段的芨芨草群落对青藏铁路两侧的水土保持无疑起到非常重要的作用。青藏铁路经过的温性草原区路域植被经过一定时间的恢复后,群落盖度、生态优势度和物种多样性等都有一定程度的改善^[2]。然而,不同类型的植物群落其恢复过程可能会表现出较大的差异。由于芨芨草群落在青藏铁路沿线分布较广,沿铁路两侧不同距离上芨芨草群落特征(如群落内植物种类组成、物种多样性、群落结构、生物量等)呈现出什么样的变化规律? 这些问题的回答不仅对进一步了解芨芨草群落特征有重要意义,同时对青藏铁路沿线温性草原区的植被保护和恢复重建都将具有非常重要的指导意义。本文就青藏铁路西格段海晏县附近的芨芨草草原的空间分布特征、物种丰富度和生物量等特征进行分析,以为该地区路域植被的恢复和保护提供理论依据。

1 研究地区的自然地理概况

本研究的野外取样工作是在青海省海晏县城东南青藏铁路沿线进行的。研究地区铁路两侧都分布有典型的芨芨草群落。根据海晏县气象站的统计资料,研究地区 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的年均积温为 1528.6°C , $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的年均积温为 1298.8°C , 年均日照时数 2893.9h, 年均蒸发量 1531mm, 年均降水量为 366.4mm, 远远小于蒸发量, 年平均气温为 0.1°C , 平均无霜期为 43d, 属于典型的大陆性中纬度高海拔寒冷半干旱气候。土壤类型主要为栗钙土和棕钙土等。

2 材料与方法

2.1 群落取样

2003 年 7 月下旬~8 月上旬于青海省海晏县城东南青藏铁路南侧, 分别在距离铁路 5m、500m 和 1000m 处设置 3 个样带(分别标记为 1 2 和 3 号), 各样带的基本情况见表 1。在每一样带上, 沿与铁路平行方向(大

表 1 各样带基本情况

Table 1 Baseline information on plots

样带编号 No. of plot	距铁路路基距离 the distance from railway (m)	海拔高度 Altitude (m)	地形特征 Characteristics of landform
1	5 ~ 25	3044	平缓 Flat
2	500 ~ 520	3060	平缓 Flat
3	1000 ~ 1020	3096	坡 Slope $< 30^{\circ}$

致为东西方向)设置长为 100m 的样线 5 条(相邻样线间相隔 5m)。由于芨芨草群落由芨芨草为优势种的斑块及针茅 (*Stipa* sp.) 为优势种的斑块相间排列而成,因此依顺序记录每条样线上芨芨草斑块和针茅斑块所占的宽度。同时在各样地内芨芨草斑块和针茅斑块中随机设置 1m × 1m 样方(每样带不少于 5 个),记录样方中植物种类、盖度、高度等,在相应样方中取 0.5m × 0.5m 范围内所有植物地上部分,做好记录后装入纸袋,在实验室中于 95℃ 恒温条件下在烘箱中烘干至恒重,并在千分之一电子天平上称量各样方内植物地上部分生物量。

2.2 数据处理

芨芨草斑块和针茅斑块在各样带中所占比例分别为每一样带中 5 条样线上两类斑块在样线上的宽度之和与样线总长度(100m)之间比例的平均值。

采用了 Gleason 丰富度指数反映群落内物种多样性,计算公式依据文献^[8]:

$$D = \frac{S}{\ln A}$$

式中 D 为群落物种丰富度, S 为群落中物种数目, A 为取样面积。

另外,也采用了景观多样性计算公式计算斑块多样性指数^[9]:

$$H = \sum_{i=1}^s (P_i \times \ln P_i)$$

式中 H 为斑块多样性指数, P_i 为斑块类型 i 在样线总平均长度占样线长度的比值, s 为斑块类型数量(在本文中 $s=2$)。

有关统计学分析是在 SPSS11.0 上进行的。

3 结果与分析

3.1 芨芨草斑块与针茅斑块的空间分布特点

在研究地区,芨芨草群落是由芨芨草为优势种形成的斑块和针茅为优势种形成的斑块镶嵌排列而成。表 2 为距铁路不同距离的样带中芨芨草斑块和针茅斑块在 100m 样线上的数量、宽度和两类斑块平均大小的统计资料。

表 2 不同样带中芨芨草与针茅斑块的数量及大小

Table 2 Numbers and sizes of *Achnatherum splendens* and *Stipa* sp. patches in different plots

样地 No. of plots	斑块数量 Number of patches		斑块大小范围 Range of patch sizes		斑块平均大小 Mean size of patches	
	芨芨草	针茅	芨芨草	针茅	芨芨草	针茅
	<i>A. splendens</i>	<i>Stipa</i> sp.	<i>A. splendens</i>	<i>Stipa</i> sp.	<i>A. splendens</i>	<i>Stipa</i> sp.
1	24.2 ± 3.42	24.6 ± 3.36	10 ~ 1875	15 ~ 1955	165.67	233.17
2	12.4 ± 4.83	13.2 ± 4.08	5 ~ 795	45 ~ 4500	143.57	619.17
3	14.4 ± 6.88	15.4 ± 6.50	10 ~ 835	50 ~ 3235	111.85	549.95

从表 2 可以看出,距铁路不同距离的样带中,芨芨草斑块和针茅斑块的数量、大小等存在一定的差异。1 号样带内芨芨草斑块和针茅斑块的数量最大,而 2 号和 3 号 2 个样带中,两类斑块数量明显减少 (t 值分别为 4.817 和 4.605, $P < 0.05$),且在这两个样带中两类斑块数量间均无显著差异 ($t = 0.640$, $P > 0.05$),这说明在铁路两侧一定范围内,无论是芨芨草斑块还是针茅斑块,其数量都比较大(平均斑块数量分别为 24.2 个和 24.6 个)而超过一定距离后则明显下降(2 号样带中两类斑块平均数量分别为 12.4 个和 13.2 个)。这一趋势也可以从斑块多样性指数沿与铁路距离梯度上的变化情况得到进一步证明(图 1)。从图 1 中可以看出,1

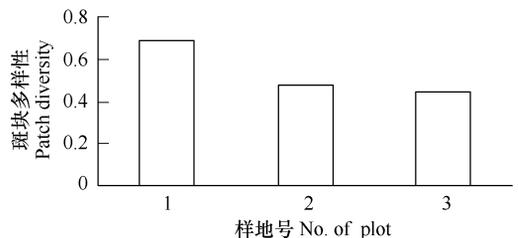


图 1 不同样地中斑块多样性指数

Fig. 1 Patch diversity indexes in different plots

号样带中斑块多样性指数明显高于 2 号和 3 号样带。

从斑块在样线上所占宽度来看, 芨芨草斑块在 1 号样地中变化幅度最大, 但随着与铁路之间距离的增大而呈现出减小的趋势。与芨芨草斑块相比, 针茅斑块大小的变化幅度却表现出与芨芨草斑块大小变化相反的趋势, 即在 1 号样地中, 针茅斑块大小变化幅度最小, 而在 2 号样地中针茅斑块在样线上的平均宽度最大。

由此可见, 在距离铁路愈近的地方, 单位面积内芨芨草斑块数量最大, 且斑块间大小差异很大, 而在距铁路愈远的地方, 芨芨草斑块数量有所下降, 但芨芨草斑块大小差异也呈现下降趋势。针茅斑块数量虽然沿与铁路距离梯度上呈下降趋势, 但斑块间大小差异幅度却随之增加。在研究地区, 虽然芨芨草斑块和针茅斑块呈镶嵌状排列, 但两类斑块间界限非常明显。芨芨草斑块所在之处的土层明显高出周围针茅斑块所在之处的土层, 即芨芨草斑块呈“小岛”状漂浮在针茅斑块所形成的“海洋”中。

3.2 不同样带芨芨草斑块与针茅斑块面积的比例

不同样带中, 两类斑块在样线上所占宽度的总和与样线长度的比值可以反映两类斑块在研究地区两类斑块分布面积的大致情况。表 2 显示了 3 条样带中两类斑块宽度总和在样线上所占比例的平均值。

从图 2 可以看出, 在 3 个样带中, 针茅斑块在样线上的比例要比芨芨草斑块为高, 而且随着与铁路距离增大, 针茅斑块在样线上的比例呈现出增大趋势, 而芨芨草斑块却出现相反的变化趋势。如果仅从两类斑块在样线上所在的比例情况 (或分布面积) 来看, 在研究地区, 针茅斑块更占优势, 尤其在距离青藏铁路路基 500m 以上的区域更是如此。结合两类斑块数量的变化情况, 不难看出, 在距离青藏铁路路基 500m 以上的区域, 针茅斑块成为群落的主要部分, 而芨芨草斑块则是零星地散布在其间。

3.3 不同样带中群落内的物种多样性及地上部分生物量

在芨芨草斑块和针茅斑块中, 群落盖度存在一定的差异, 以芨芨草为优势种的斑块中, 群落总盖度较高, 一般不低于 25%, 而针茅斑块群落盖度则较低, 一般在 15% 以下。在这两类斑块中, 植物物种组成、物种丰富度和生物量也表现出一定程度的差异。在芨芨草斑块中, 主要伴生种类有银灰旋花 (*Convolvulus ammannii*)、异叶青兰 (*Dracocephalum heterophyllum*)、大籽蒿 (*Artemisia sieversiana*)、唐古特韭 (*Allium tanguticum*)、黄芪 (*Astragalus* sp.)、马先蒿 (*Pedicularis* sp.) 和狗哇花 (*Heteropappus* sp.) 等, 而在针茅斑块中, 伴生种类主要为羊茅 (*Festuca* sp.)、银灰旋花、异叶青兰、山莓草 (*Sibbaldia* sp.) 和柴胡 (*Bupleurum* sp.) 等。不同如此, 同一类型的斑块内物种丰富度与地上部分生物量在不同样带中也表现出一定程度的差异, 结果如表 3 所示。

表 3 不同样带中两类斑块内物种丰富度指数和地上生物量

Table 3 Species richness and above-ground biomass of two type patches in different plots

样地 No. of plot	Gleason 丰富度指数 (<i>D</i>) Gleason Richness Index (<i>D</i>)		地上部分生物量 (g) Above-ground biomass (g)	
	芨芨草 <i>A. splendens</i>	针茅 <i>Stipa</i> sp.	芨芨草 <i>A. splendens</i>	针茅 <i>Stipa</i> sp.
	1	1.348 ± 0.189	1.574 ± 0.208	77.91 ± 0.41
2	2.103 ± 0.516	1.520 ± 0.154	52.05 ± 11.40	13.01 ± 1.39
3	2.029 ± 0.427	1.954 ± 0.434	88.40 ± 39.42	19.51 ± 5.88

在 1 号和 3 号样带中, 芨芨草斑块和针茅斑块内物种丰富度指数之间不存在明显差异 (F 值分别为 2.936 和 0.075, $P > 0.05$), 而在 2 号样带中, 两类斑块物种丰富度指数之间存在显著差异 ($F = 5.859$, $P < 0.05$)。芨芨草斑块在 1 号和 2 号样带、1 号和 3 号样带间物种多样性均存在显著差异 (F 值分别为 9.513 和 11.579,

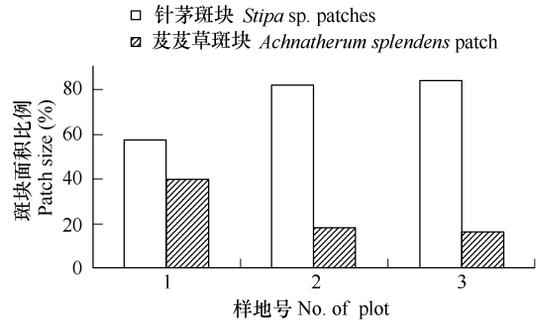


图 2 不同样带中两类斑块在样线上的比例

Fig. 2 Ratios of patches on sample lines in different plots

$P < 0.05$), 而 2 号和 3 号样带间物种丰富度指数无显著差异 ($F = 0.114, P > 0.05$); 对于针茅斑块, 各样带间物种丰富度不存在显著差异 (F 值分别为 0.205、2.441 和 4.500, $P > 0.05$)。也就是说, 两类斑块除 2 号样带外, 在其余样带间物种丰富度并无明显差别, 但是两类斑块中有些植物主要分布在某一类斑块中, 如在针茅斑块中很少有芨芨草、唐古特韭、马先蒿等植物出现, 而在芨芨草斑块中, 柴胡、山莓草等植物则很少见。

芨芨草斑块地上生物量显著高于针茅斑块 (F 值分别为 253.403、8.597 和 56.898, $P < 0.05$)。芨芨草斑块和针茅斑块地上生物量在 1 号样带中 3 号样带中都比较高, 而在 2 号样带中两类斑块地上生物量明显降低。虽然在物种多样性只在个别样带间存在差异, 但芨芨草斑块地上生物量在所有样带中都显著高于针茅斑块。

3.4 两类斑块内植物生活型组成分析

群落内植物的生活型组成也是反映群落特征的一个重要指标, 对于生活型的分类也有许多不同的划分方法。Fensham 等人将澳大利亚昆士兰州的桉树稀树草原群落内的植物划分为 1 年生禾草类、多年生禾草类、1 年生非禾草类、多年生非禾草类和灌木与乔木等 5 种生活型^[10]。本文采用了 Fensham 等人对植物生活型的划分方法对两类不同斑块中植物生活型组成特点进行了分析。因为在本研究所涉及的对象是温性草原, 组成群落的所有植物均为草本植物, 根据草本植物的生物学特征, 按照 1 年生禾草类、多年生禾草类、1 年生非禾草类和多年生非禾草类对芨芨草群落内的两类斑块中植物的生活型组成进行统计。各样带中植物生活型组成情况见表 4。

表 4 不同样带中两类斑块内生活型组成

Table 4 Statistics data on life forms in two patches in different plots

样地 No. of plot	多年生禾草类 Perennial grass		一年生非禾草类 Annual forb		多年生非禾草类 Perennial forb	
	芨芨草 (%) <i>A. splendens</i>	针茅 (%) <i>Stipa</i> sp.	芨芨草 (%) <i>A. splendens</i>	针茅 (%) <i>Stipa</i> sp.	芨芨草 (%) <i>A. splendens</i>	针茅 (%) <i>Stipa</i> sp.
1	23.89%	27.98	10.28	0	65.84	72.03
2	24	25.95	12.56	0	60.11	70.05
3	24.74	26.02	8.20	3.70	69.31	70.28

两类斑块中没有 1 年生禾草类植物。在表 4 中可以看出, 无论是芨芨草斑块还是针茅斑块, 在不同的样带中群落内植物生活型组成是比较一致的。在两类斑块中, 多年生植物占绝对优势, 尤其是多年生非禾草类植物是群落的主要生活型。1 年生非禾草类植物只有在芨芨草斑块中有比较小的比例, 在针茅斑块中几乎不出现 1 年生非禾草类植物。

4 讨论

4.1 研究地区芨芨草群落的特征

典型的芨芨草群落在垂直结构上表现出明显的分层现象, 一般由优势种芨芨草形成第 1 层, 针茅、冰草等占据第 2 层, 杂类草组成第 3 层, 且呈连续片状分布^[3,5]。研究地区芨芨草群落明显是由两类斑块镶嵌排列而成, 即芨芨草为优势种的斑块呈“斑块”状分布在针茅为优势种的斑块之间, 两类斑块在群落垂直结构上表现出明显差异: 在芨芨草斑块中, 群落垂直结构表现出典型的芨芨草群落的特点, 即有明显的分层现象; 而在针茅斑块中, 芨芨草消失, 群落垂直结构简单, 层次不明显。另外, 两类斑块的总面积 (大小)、群落盖度、植物种类组成等方面也存在较大差异: 芨芨草斑块的面积在 3 条样带中都比针茅斑块小, 且有随与铁路间的距离增大而呈现减小的趋势; 芨芨草斑块盖度高, 而针茅斑块盖度显著降低。由此可见, 研究地区芨芨草群落与典型的芨芨草群落之间, 无论从群落的空间分布特点还是群落的结构和物种组成上来看, 已经表现出明显的差异。芨芨草群落呈斑块状分布从某种程度上反映了该类群落的退化状况。

研究地区植被隶属于青海湖地区植被^[11], 目前青海湖地区的温性草原处于退化状态^[12]。淮虎银等对青海湖南岸植被演替特征及规律进行研究后发现, 在一定条件下芨芨草群落会朝着针茅群落演替, 针茅群落在

适当条件下也会演替到芨芨草群落^[3]。在研究地区,干旱、大风等自然环境条件可能是导致芨芨草群落退化的主要因素。当芨芨草斑块受到影响出现退化现象后,其它植物种类往往会占据芨芨草斑块退化后形成的裸地或退化后的芨芨草斑块中,这完全可以从一些出现退化现象(如盖度降低)的芨芨草斑块中出现典型针茅斑块中出现的植物种类现象推知。在这个过程中,针茅的作用显然是不可忽略的。然而,在针茅斑块中,只要有合适的条件(比如有成熟的芨芨草种子或其它繁殖构件,以及种子和其它繁殖构件萌发和生长所需的自然条件等),芨芨草的生物学特性使其更容易占据这些空间。事实上,在一些针茅斑块中可以发现零星分布的芨芨草个体。但是由于青藏高原严酷的自然条件,这一过程往往受到很大的限制。因此,对研究地区的芨芨草群落而言,当植被退化后要恢复到原生状态是非常困难的。

4.2 芨芨草群落的保护措施及建议

青藏铁路沿线有相当区域都分布着芨芨草群落,因此芨芨草群落在青藏铁路沿线水土保持中具有不可忽视的地位。由于芨芨草斑块和针茅斑块在群落盖度、组成群落的植物的生物学特征等方面的不同,两类斑块在水土保持方面的作用是有所区别的。在芨芨草斑块中,植物密度大,群落盖度也很大,加之芨芨草具有非常发达的须根系,因此对水土保持作用大,而针茅斑块则由于植物稀疏,植被盖度小,相当一部分土表裸露,在这些区域很容易发生水土流失现象。从芨芨草斑块的空间分布状况来看,距离铁路两侧较近的区域芨芨草斑块在样线上所占比例较大,这一现状对铁路两侧的水土保持显然是有利的。但是,在铁路两侧较近区域,芨芨草斑块数量大,且斑块间大小差异很大,物种丰富度比其它样带中的为低,这就意味着芨芨草斑块在这些区域更易受到外界因素的影响而发生退化。因此,对这些区域中的芨芨草群落更应给予必要的关注。

青藏铁路和青藏公路在修筑过程中,对两侧的植被势必造成一定的影响,尤其是铁路和公路两侧的取土区域,但是经过数十年的恢复,植物物种多样性、盖度等都有一定程度的恢复^[2,14]。就目前而言,研究地区除了自然因素外,人为活动(诸如放牧、人工取土和采挖药材等)是影响芨芨草群落斑块化的另外一个主要因素,人为活动常常会加剧自然因素对芨芨草群落斑块化进程。因此,减少人为活动对芨芨草斑块的影响对保护芨芨草群落是非常重要的。目前在这一区域已经限制放牧活动,这对芨芨草群落的恢复和保护起到了积极作用。由于在芨芨草群落(尤其在针茅斑块)内,分布着柴胡等药材,因此在这些区域经常有当地群众采挖药材,采挖活动很容易造成局部植被的退化,故应加大限制力度。另外,芨芨草群落内也分布着一些啮齿类动物,它们以一些植物的地上和地下部分为食,对芨芨草群落有一定的危害,故应采取一定的灭鼠措施,以降低啮齿类动物对群落的破坏作用。

References :

- [1] Chen H, Li S C, Zheng D. Features of ecosystems alongside Qinghai-Xizang Highway and Railway and the impacts of road construction on them. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21 (5) : 559 - 567.
- [2] Huai H Y, Wei W H, Zhang Y L. Community characteristics of warm steppe during its natural restoration along Qinghai-Xizang Railway. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23 (6) : 657 - 662.
- [3] Zhou G Y, Chen G C, Zhao Y L, et al. Study on *Achnatherum splendens* community characteristics and species diversity around Qinghai Lake. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23 (11) : 1956 - 1962.
- [4] Liu Q. The species richness and biomass of plant communities along environmental gradient in the north shore of Qinghai Lake. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2000, 20 (2) : 259 - 267.
- [5] Chen G C, Peng M. Community characteristics and distribution laws of *Achnatherum splendens* in Qinghai Province. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 1993, 13 (2) : 154 - 162.
- [6] Huai H Y, Zhou L H. Ecological dominance of plant community and altitudinal gradient on southern of Qinghai Lake Basin. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 1995, 15 (3) : 240 - 243.
- [7] Huai H Y, Zhou L H. Vegetation and altitude gradient in southern part of Qinghai Lake Basin. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 1997, 17 (4) : 522 - 527.
- [8] Sun R Y, Li B, Zhuge Y, et al. *General Ecology*. Beijing : Higher Education Press, 1993. 135 - 140.
- [9] Wang X L, Xiao D N, Bu R C, et al. Analysis on landscape patterns of Liaohe Delta Wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17 (3) : 317 - 323.

- [10] Fensham R J, Skull S D. Before cattle : a comparative floristic study of *Eucalyptus* savanna grazed by macropods and cattle in north Queensland, Australia. *Biotropica*, 31 (1) : 37 - 47.
- [11] Chen G C, Peng M. Types and distribution of vegetation in Qinghai Lake Region. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1993, 17 (1) : 71 - 81.
- [12] Peng M, Chen G C. Study on pattern and successional trend of vegetation in Qinghai Lake Region. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1993, 17 (3) : 217 - 223.
- [13] Huai H Y, Zhou L H. Study on vegetation succession on south bank of Qinghai Lake after water receding. *Arid Zone Research*, 1995, 12 (2) : 11 - 14.
- [14] Ma S Z, Chen G C, Peng M *et al.* The alpine steppe vegetation restoration process of fountain head region of Yangtze River. *China Environmental Science*, 2004, 24 (2) : 188 - 191.

参考文献:

- [1] 陈辉, 李双成, 郑度. 青藏公路铁路沿线生态系统特征及道路修建对其影响. *山地学报*, 2003, 21 (5) : 559 ~ 567.
- [2] 淮虎银, 魏万红, 张镜铨. 青藏铁路温性草原区路域植被自然恢复过程中群落组成和物种多样性变化. *山地学报*, 2005, 23 (6) : 657 ~ 662.
- [3] 周国英, 陈桂琛, 赵以莲, 等. 青海湖地区芨芨草群落特征及其物种多样性研究. *西北植物学报*, 2003, 23 (11) : 1956 ~ 1962.
- [4] 刘庆. 青海湖北岸环境梯度上植物群落的生物量与物种多样性及其相互关系. *西北植物学报*, 2000, 20 (2) : 259 ~ 267.
- [5] 陈桂琛, 彭敏. 青海省芨芨草草原的群落特征及其分布规律. *西北植物学报*, 1993, 13 (2) : 154 ~ 162.
- [6] 淮虎银, 周立华. 青海湖湖盆南岸植物群落的生态优势度与海拔梯度. *西北植物学报*, 1995, 15 (3) : 240 ~ 243.
- [7] 淮虎银, 周立华. 青海湖湖盆南部的植被与海拔梯度. *西北植物学报*, 1997, 17 (4) : 522 ~ 527.
- [8] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学. 北京: 高等教育出版社, 1993. 135 ~ 140.
- [9] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. *生态学报*, 1997, 17 (3) : 317 ~ 323.
- [11] 陈桂琛, 彭敏. 青海湖地区植被及其分布规律. *植物生态学与地植物学学报*, 1993, 17 (1) : 71 ~ 81.
- [12] 彭敏, 陈桂琛. 青海湖地区植被演变趋势的研究. *植物生态学与地植物学学报*, 1993, 17 (3) : 217 ~ 223.
- [13] 淮虎银, 周立华. 湖水退缩后青海湖南岸的植被演替研究. *干旱区研究*, 1995, 12 (2) : 11 ~ 14.
- [14] 马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏公路取土场高寒草原植被的恢复进程. *中国环境科学*, 2004, 24 (2) : 188 ~ 191.