

# 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

淮虎银<sup>1</sup>, 魏万红<sup>1</sup>, 张镜铨<sup>2</sup>

(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:** 以芨芨草和短花针茅为优势种的温性草原是青藏铁路进入海拔 3 000 m 以上地区所穿越的第一个地带性植被类型。在青藏铁路经过的温性草原区对未受筑路直接影响的区域、取土区、铁路路基、周围其它类型的公路路域植被进行取样, 并对群落组成和有关群落特征进行了比较, 以讨论青藏铁路的修建与运营对温性草原及其恢复过程的影响。结果显示, 青藏铁路修筑过程对铁路两侧一定区域的温性草原有较大影响, 但随着受影响区域植被的自然恢复, 群落盖度、生态优势度和物种多样性等反应群落特征的指标都有一定程度的改善, 一些在原生植被中很少出现或伴生种在恢复后的群落中有可能成为群落的优势种或建群种, 如露蕊乌头和鹅绒委陵菜等; 人为辅助措施将有利于受损植被的恢复; 修筑铁路过程中受到影响的温性草原其恢复过程中尚未出现外来入侵植物。

**关键词:** 青藏铁路; 温性草原; 自然恢复; 群落组成; 多样性

**中图分类号:** Q151. 5

**文献标识码:** A

道路是人类社会文明的产物, 它已经成为人们日常生活中不可缺少的重要组成部分, 也已成为制约经济发展的一个重要因素。但是在道路的建设过程中, 也不可避免的伴随着道路对生态系统和生物多样性的影响。伴随着道路在地球表面上的出现, 它们对生态系统和生物多样性的影响也随之而来, 而且随着人类社会的发展, 这种影响愈来愈突出。Trombulak 和 Frissell 将道路 (包括各种类型的道路) 对陆地生态系统和水生生态系统的作用方式归纳为以下七个方面: 道路的建设增加生物死亡率; 交通工具的碰撞增加生物的死亡率; 道路的出现会改变动物的行为; 道路能改变物理环境; 道路能改变化学环境; 道路加速外来物种的扩散; 道路会引起人类对土地和水资源利用方式的改变等<sup>[1]</sup>。Cuperus 等人通过研究, 将道路建设对生境条件的作用方式归纳为 3 类, 即生境的丧失、生境的退化和生境的隔离<sup>[2]</sup>。道路明显抑制土壤中的大型无脊

椎动物的丰富度和多样性, 道路同时也减少落叶层的厚度, 这些作用甚至可以延伸到道路外 100 多米的地区<sup>[3]</sup>。道路的生态学意义 (或作用) 已经引起世界范围内的普遍关注, 国际著名刊物 *Conservation Biology* 曾在 2000 年第 14 卷第 1 期中出版了有关道路的生态作用 (*Ecological Effects of Roads*) 的研究专辑, 其它国际著名的刊物 (如 *Biological Conservation*, *Ecological Engineering* 等) 也在近年陆续发表了许多有关道路生态作用的研究论文。目前有关道路对生态系统和生物多样性的生态作用、以及如何防止和减弱这种作用等方面的研究也愈来愈多, 但这些研究主要集中在欧美等一些发达国家中, 发展中国家在相关领域的研究相对还比较少。

青藏铁路穿越了不同植被区, 其中温性草原区是青藏铁路进入海拔 3 000 m 以上所穿越的第一个地带性植被类型。陈辉等 (2003) 研究结果表明, 高寒草甸和草原生态系统是青藏铁路沿线植被生态

收稿日期 (Received date): 2005- 04- 15; 改回日期 (Accepted): 2005- 07- 20。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金重大项目: 青藏铁路的生态效应 (90202012) 经费资助。[Supported by the Key Project of National Science Foundation of the Assessment of Environmental Effects of Qinghai- Xizang Railway (90202012) .]

作者简介 (Biography): 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植物资源学教学与科研工作。[Huai Huyin, male, born in Aug. 1966 in Tianshui, Gansu, Ph. D., associate professor of Yangzhou University. His main research fields cover plant ecology and plant resources. E- mail: huaihy@yahoo.com.cn]

系统的主要类型,同时也是青藏铁路和公路切割后破碎程度最大的三种植被类型之一<sup>[4]</sup>。青藏铁路沿线的温性草原主要分布在西宁-格尔木段,即青藏线的最东段,主要是以芨芨草(*Achnatherum splendens*)和短花针茅(*Stipa breviflora*)等为优势种组成的群落<sup>[5]</sup>,而短花针茅群落在受到外界干扰后往往会演替为芨芨草群落<sup>[6]</sup>。该路段已经修筑完工、铁路运营已经十余年,在这十余年的时间中,原来筑路过程对周围的自然植被产生的影响如何?尤其是筑路过程中的取土区植被的恢复状况如何?这些问题在一定程度上都反映了青藏铁路的修建和运营对周围环境产生的生态效应。为了回答这些问题,我们在青藏铁路经过的温性草原区对未受筑路影响的植被、取土区、铁路路基、周围其它类型的公路路域植被进行了取样,并对取样数据进行了分析,以期对青藏铁路的修建与运营对温性草原及其恢复的作用特点进行了解。

## 1 研究区的自然地理概况

整个取样于2003-07下旬在海晏县城东南青藏铁路两侧的温性草原区进行。海晏县气象统计资料显示,该区年平均温度为0.1℃,极端最高温为25.5℃,极端最低温为-31.7℃,平均日温差为16.2℃,平均无霜期为43 d,年平均降雨量为366.4 mm。研究区属典型的大陆性中纬度高海拔寒冷半干旱性气候。

以芨芨草和短花针茅为优势种的群落是该地区的地带性植被,主要分布在海拔3 000 m左右的区域;所对应的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

2003-07下旬于海晏县城东南青藏铁路两侧,在铁路两侧修筑铁路时的取土区、未取土区、铁路路基护坡、沙石路两侧未取土区和沙石路路基等典型地段,分别设置1 m×1 m样方(每地段最少3个),记录群落内植物种类、群落盖度和每种植物的分盖度、高度等资料,在部分地段也收集了0.25 m<sup>2</sup>面积上群落地上部分的生物量数据。

### 2.2 数据处理

利用 Gleason 丰富度指数公式计算群落物种多

样性<sup>[7]</sup>

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

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。

根据 Simpson 优势度公式测算群落的生态优势度<sup>[8]</sup>

$$C = \sum_{i=1}^s \left( \frac{IV_i^2}{IV} \right)$$

式中各字母具体含义详见参考<sup>[9,10]</sup>。

方差分析和聚类分析是在 SPSS 11.5 统计软件上进行的。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同样地中群落物种组成状况分析

在5个样地中,植物群落内物种组成表现出一定程度的差异(表1)。如在铁路两侧取土区,经过数十年的自然恢复,群落的组成与铁路两侧未取土区相比也发生了变化,在恢复后的群落中出现了垂穗披碱草(*Elimus nutans*)、披针叶黄华(*Thermopsis lanceolata*)、苔草(*Carex* sp.)等植物,短花针茅、山莓草(*Sibbaldia* sp.)、银灰旋花(*Convolvulus ammannii*)、唐古特韭(*Allium tanguticum*)等在未取土区的常见植物在当年取土区恢复后的植被中很少出现;铁路路基护坡与沙石路路基群落比较相似,但在沙石路基上有较高盖度的鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)、露蕊乌头(*Aconitum gymnantrum*)等植物在铁路路基护坡上几乎不出现,却出现了以芨芨草(*Achnatherum splendens*)为优势种的群落。

为进一步了解不同样地间群落的种类组成在不同样地间的差异情况,我们对以上五个样地的群落取样进行了聚类分析(图1)。铁路两侧未取土区域,主要分布着以芨芨草和短花针茅等为优势种和建群种群落,它们也是该地区地带性植被。群落在水平结构上主要由芨芨草为优势种的斑块和短花针茅为优势种的群落斑块相间而成,两种斑块的地上生物量存在极显著差异(表2)。在芨芨草为优势种的斑块中,群落盖度较大,地上生物量也较大( $53.77 \pm 10.93 \text{ g}/0.25 \text{ m}^2$ );而在短花针茅为优势种的斑块中,群落盖度较小,地上部分生物量也较小( $12.97 \pm 1.25 \text{ g}/0.25 \text{ m}^2$ )。

表 1 各样地群落主要植物种类组成及部分指标  
Table 1 Species components of communities in different plots

植物种类	沙石路路基			铁路两侧取土区			铁路两侧未取土区			铁路路基护坡			沙石路两侧未取土区		
	F	H (cm)	C (%)	F	H (cm)	C (%)	F	H (cm)	C (%)	F	H (cm)	C (%)	F	H (cm)	C (%)
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	1	39.5	8.2	0.4	61.0	1.1				0.67	65.2	11.7			
露蕊乌头 <i>Aconitum gymnae-drum</i>	0.88	15.3	2.9												
狗娃花 <i>Heteropappus</i> sp.	0.63	15.2	1.8							0.67	16.5	2.3	1	8.0	< 0.5
车前 <i>Plantago</i> sp.	0.63	4.2	0.8							0.33	3	< 0.5			
二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	0.5	5.0	26.0	0.8	2.3	0.5				0.33	4	< 0.5	0.67	3.5	< 0.5
鹅绒委陵菜 <i>P. anserina</i>	0.38	4.0	37.7												
短穗兔儿草 <i>Lagotis brachys-tachya</i>	0.38	4.7	1.7							0.33	4	< 0.5			
赖草 <i>Leymus secalinus</i>	0.38	28.4	9.0							0.33	32.1	< 0.5			
异叶青兰 <i>Dracocephalum hetero-phyllum</i>	0.38	9.3	< 0.5				1	7.7	1.1	0.67	8.3	< 0.5	1	8.0	1.5
蒲公英 <i>Taraxacum</i> sp.	0.38	5.7	< 0.5												
马先蒿 <i>Pedicularis</i> sp.	0.25	10.5	< 0.5				0.22	11.0	< 0.5						
香薷 <i>Elsholtzia</i> sp.	0.25	14.0	< 0.5												
蒿 <i>Artemisia</i> sp.	0.25	29.0	5	1	28.6	1.4	1	9.9	3.5				0.67	8.5	4.0
披针叶黄华 <i>Thermopsis lanceola-ta</i>	0.25	13.0	< 0.5	1	20.0	17.5				0.33	17.8	< 0.5			
芨芨草 <i>Achnatherum splendens</i>				0.4	79.5	3.0	0.56	60.8	18.9	0.67	82.3	26.7	0.33	40	10.0
大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>				1	28.8	1.5	0.44	13.8	< 0.5	0.67	23.1	< 0.5			
羊茅 <i>Festuca</i> sp.				0.8	23.5	2.7	1	19.0	2.4						
苔草 <i>Carex</i> sp.				0.6	7.67	2.6									
藜 <i>Chenopodium</i> sp.				0.4	14.0	0.5	0.56	8.4	0.56	0.33	6	< 0.5			
短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>							0.56	21.6	5.2				1	27.0	7.0
黄芪 <i>Astragalus</i> sp.							0.44	3.0	< 0.5				0.67	3.0	< 0.5
山莓草 <i>Sibbaldia</i> sp.							0.33	3.33	< 0.5						
银灰旋花 <i>Convolvulus ammannii</i>							0.44	3.0	1.22	0.33	3	< 0.5			
唐古特韭 <i>Allium tanguticum</i>							0.33	21.0	< 0.5						
猪毛菜 <i>Salsola</i> sp.							0.33	7.0	< 0.5	0.67	6.5	< 0.5			

注: *F* 为频度; *H* 为该样地内该植物在所有样方中高度的平均高度; *C* 为该植物在该样地所有样方分盖度平均值。部分偶见种未在表中列出。

表 2 芨芨草斑块与西北针茅斑块地上部生物量方差分析结果  
Table 2 ANOVA of aboveground biomass between *Achnatherum splendens* community and *Stipa breviflora* community

变异来源	SS	df	MS	F	Sig.
组间	7 402. 027	1	7 402. 027	41. 334	0. 000
组内	2 328. 015	13	179. 078		
总变异	9 730. 042	14			

从图 1 中可以明显看出, 铁路两侧未取土区域群落在植物种类组成上与其它四个样地中群落的植物种类组成上存在的差异最大, 而其它四个样地群落在植物种类组成有一定的相似性, 尤其是沙石路路基和铁路路基两侧的护坡上植物群落在种类组成

上非常相似。铁路两侧在修筑过程中的取土区域和沙石路两侧未取土区域, 群落在植物种类组成也很相似。

虽然在沙石路两侧的未取土区没有受到像铁路两侧的取土区那样的人为干扰, 但是在沙石路两侧也同样受诸如放牧等人为活动的影响, 这些人为活动也影响了群落内的物种组成。近年来由于采取防

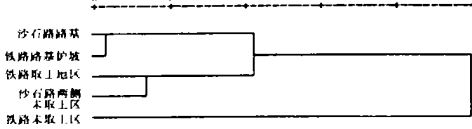


图 1 不同样地群落聚类分析结果  
Fig. 1 Cluster Analysis Result of Different Plots  
© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

护措施，沙石路两侧的植被也得到一定程度的恢复，其恢复过程类似于铁路取土后的植被恢复过程，因而在这两个样地中群落在种类组成上表现出较高的相似性。无论是铁路路基两侧的护坡还是沙石路路基，都是受人为活动影响比较大的区域，在这些区域内恢复后的植被在植物种类组成表现出很高的相似性，尤其是在这些区域增加了许多原生植被中没有的植物种类 [如露蕊乌头、车前 (*Plantago* sp.)、委陵菜 (*Potentilla* sp.)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 和香薷 (*Elsholtzia* sp.) 等]，和一些在原生植被中频度和盖度都较低，而在恢复后的植被中却表现出较高频度和盖度的种类 [如披针叶黄华和短穗兔儿草 (*Lagotis brachystachya*) 等]。

3.2 不同样地中群落物种丰富度和生态优势度

群落的物种丰富度或多样性，以及群落生态优势度都是反应群落内物种组成状况和群落稳定性等群落特征的重要定量指标。表 3 为研究地区不同样地中群落的 Gleason 丰富度指数 (*D*) 和 Simpson 生态优势度 (*C*) 的变化情况。

表 3 不同样地中群落物种丰富度和生态优势度

Table 3 Species richness and ecological dominance of different plots

取样点	物种数	Gleason 丰富度指数 ( <i>D</i> )	Simpson 生态优势度 ( <i>C</i> )
沙石路路基	6.875±1.727	2.989±0.751	0.1245
铁路两侧取土区	8.600±2.191	3.730±0.956*	0.1828
铁路两侧未取土区	8.111±1.537	2.568±0.646*	0.2739
铁路路基护坡	7.667±5.132	3.333±2.232	0.1589
沙石路两侧未取土区	5.333±0.577	2.317±0.254	0.1723

注：表中\* 表示两个样地之间存在显著差异 ( $p < 0.05$ )

沙石路为研究地区的简易公路，修筑时所受外界的干扰相对较小。铁路两侧取土区、铁路路基护坡和沙石路路基等区域的取样在一定程度上都代表了在修筑铁路或公路过程中受人为活动影响后的植被恢复情况。

样方中物种数量除一个铁路路基护坡样方 (坡向朝南) 中仅出现 2 个物种，即赖草 (*Leymus secalinus*) 和猪毛菜 (*Salsola* sp.) 外，其余样方中物种数量基本在 7~8 种左右，物种数量最高的样方也同样出现在铁路路基的护坡上 (坡向朝北) (达到 12 种)。从表 3 中可以看出，只有在修筑铁路时的取土区域和铁路两侧在修筑铁路时未进行取土等作业影响的区域之间，植物群落的 Gleason 物种丰富度指数 (*D*) 存在显著差异 (表 4)，取土区

群落内物种丰富度指数显著高于未取土区；而在其它区域间 Gleason 丰富度指数无显著差异，但铁路路基护坡上群落的 Gleason 丰富度指数变异比较大。这一结果显示，铁路修筑过程对周围植物群落物种的丰富度有一定影响，但随着植被的自然恢复过程，植物群落内的物种丰富度显著大于未受影响区域内群落物种多样性，也就是说，在受到干扰后有些区域植被恢复后群落内物种多样性会有所提高。

表 4 铁路两侧取土区与未取土区样方物种丰富度 (*D*) 方差分析结果

Table 4 ANOVA of species richness between soil moving area and non-influencing area along railway

变异来源	SS	df	MS	F	Sig.
组间	9.425	1	4.425	7.644 4	0.017
组内	6.947	12	0.579		
总变异	11.372	13			

最大的群落生态优势度出现在铁路两侧未取土区，而在其它四个区域中 Simpson 生态优势度都较小；虽然在修筑铁路过程中的一些取土区群落的生态优势度是其余四个区域中最高的一个区域，但与研究地区地带性植被相比却很低 (见表 3)。一般来说，群落生态优势度朝顶极方向演替而逐渐降低，而且种群组成较简单的群落其生态优势度比较高<sup>[9]</sup>。由此可见，研究地区原生植被芨芨草群落和针茅群落在受到干扰后，经过若干年的自然恢复后群落物种多样性和群落稳定性都有所提高，但群落内植物种群组成已经发生了比较大的变化。如在地带性植被中，除了芨芨草、短花针茅等优势种和建群种外，常见的伴生种有银灰旋花、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、大籽蒿 (*A. sieversiana*)、山莓草、黄芪 (*Astragalus* sp.) 等，而在恢复后的植被中这些常见伴生种的频度非常低或不出现。

3.3 不同样地生活型组成状况分析

群落内各类生活型的比例状况也是反映群落特征的一个重要指标。Fensham 等曾将植物划分为一年禾草类、多年生禾草类、一年生非禾草类、多年生禾草类和灌木与乔木类 5 种生活型，来研究放牧强度对澳大利亚桉树稀树草原植物区系组成的影响进行研究，结果能比较客观地反映放牧强度对草原群落组成特征的影响<sup>[11]</sup>。在本研究中，由于不同样地群落内都是草本植物，因此我们将各样地群落

内生活型按照 Fensham 等的方法划分为四类, 即一年禾草类、多年生禾草类、一年生非禾草类和多年生非禾草类, 并对不同样地内各生活型的比例进行了统计。

表 5 不同样地间各类生活型比例

Table 5 The composing of life-forms in different plots

生活型	沙石路 路基	铁路两侧 取土区	铁路两侧 未取土区	铁路路 基护坡	沙石路两侧 未取土区
多年生禾本科植物	16.67%	28.57%	15%	26.32%	22.73%
一年生禾本科植物	0%	0%	0%	0%	0%
多年生非禾草类植物	72.22%	71.43%	75%	73.68%	72.73%
一年生非禾草类植物	11.11%	0%	10%	0%	4.55%

从表 5 中可以看出, 各类生活型所占的比例在不同样地中表现出大致一致的趋势, 即多年生非禾草类植物占优势, 多年生禾草次之, 一年生非禾草类植物最少, 在 5 个样地中都未出现一年生禾草类植物。方差分析结果显示, 不同样地间各类生活型组成无显著差异 ( $p>0.05$ )。由此可以看出, 虽然不同样地间群落在植物种类组成、物种丰富度和生态优势度等指标上存在一定程度的差异, 而在生活型组成无显著差异。也就是说, 青藏铁路的修筑对植被的物种组成和物种多样性有一定程度的影响, 而经过多年的自然恢复过程后的植被在群落的生活型组成与原生植被之间不存在显著差异, 各类生活型所占比例依然呈现出多年生草本植物占绝对优势, 其中多年生非禾草类植物最多。

4 小结

1. 在青藏铁路修筑过程中, 取土等人为活动使一定范围的原生植被受到影响, 部分区域可能会出现一定面积的次生裸地。由于青藏高原自然条件恶劣, 在这种情况下, 次生裸地能否被一些适应能力强的先锋植物很快占据将是决定次生裸地植被恢复的关键因素, 而适当保护措施则有利于退化植被的恢复。在研究地区, 由于修筑铁路过程中取土等活动的影响而形成的次生裸地经过数十年的自然恢复后植被盖度和群落结构都得到了一定程度的恢复, 而且物种多样性等与原生植被相比尚有一定程度的提高。在这一过程中, 人为防护措施 (如限制过度放牧或其它人为活动等) 显然对植被的恢复有积极影响。在目前所进行的青藏铁路二期工程中, 为了产生更少的次生裸地而采取了许多防护措施, 如集中取土、在取土产生的裸地上移植草皮等, 这

些措施不仅降低筑路对植被的影响, 而且也加速了受损植被的自然恢复过程。

2. 虽然在道路的修筑过程中, 取土等人为活动往往会为外来物种的入侵创造条件, 使外来物种的入侵机会增加, 但青藏高原独特的地理和气候条件使许多其它生境中的植物种类很难在短期内适应而成功地定居下来, 并以很快的速度蔓延。至少从目前的状况来看, 在温性草原区受修筑铁路影响的区域在植被恢复过程中尚未出现外来物种入侵的现象。虽然在恢复后的植被中出现了一些在原生植被中不存在的植物种类, 但这些植物也都是相邻地区其它植被中的植物。

3. 在受影响的植被自然恢复过程中, 一些植物在群落中的角色发生了明显改变, 如有些植物在原生植被中为伴生种或频度很小, 而在一些恢复后的植被中却成为群落内非常重要的建群种类, 如鹅绒委陵菜、披针叶黄华和露蕊乌头等。但从温性草原在受修筑铁路时干扰后的恢复植被盖度、生物量、物种多样性和生态优势度等方面来看, 这些指标都朝好的方向发展。从群落内植物的生活型组成情况来看, 经过数十年自然恢复后的植被内植物的生活型组成与原生植被之间不存在显著差异。

4. 在局部范围内受影响的温性草原, 可以通过一段时间的自然恢复而形成比较稳定的群落。但是由于青藏高原恶劣的气候条件, 植被受损初期其它植物的定居十分困难, 因此对受损初期的温性草原辅以必要的人工措施, 如可以采取一定防护措施, 让终止干扰后的植被进行自然恢复演替; 亦可以采用人工方法在受损植被上引入繁殖能力和抗逆能力都比较强的植物 [如短穗兔耳草 (*Lagotis brachystachya*) 等具有强烈克隆繁殖能力的植物]<sup>[12]</sup> 作为先锋植物, 以改善受损初期的植被, 从而加速其恢复过程。

参考文献 (References):

[1] Trombulak S C, Frissel C A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities [J]. *Conservation Biology*, 2000, 14: 18~30.

[2] Cupenus R, Canters K J, Piepers A A G. Ecological compensation of the impacts of a road. Preliminary method for the A50 road link (Eindhoven- Oss, The Netherlands) [J]. *Ecological Engineering*, 1996, 7: 327~349.

[3] Haskell D G. Effects of forest roads on macroinvertebrate soil fauna of the southern Appalachian Mountains [J]. *Conservation Biology*, 2000, 14 (1): 57~64.

- [ 4 ] Chen Hui, Li Shuangcheng, Zheng Du. Features of ecosystems alongside Qinghai- Xizang Highway and Railway and the impacts of road construction on them [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, **21** (5): 559~ 567. [ 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 [J]. 山地学报, 2003, **21** (5): 559~ 567. ]
- [ 5 ] Liu Qing. The species richness and biomass of plant communities along environmental gradient in the north shore of Qinghai Lake [J]. *Acta Bot. Boreal. - Occident. Sin.*, 2000, **20** (2): 259 ~ 267. [ 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 [J]. 西北植物学报, 2000, **20** (2): 259~ 267. ]
- [ 6 ] Huai Huyin, Zhou Lihua. Study on vegetation succession of south bank of Qinghai Lake after water receding [J]. *Arid Zone Research*, 1995, **12** (2): 11~ 14. [ 淮虎银, 周立华. 湖水退缩后青海湖南岸的植被演替研究 [J]. 干旱区研究, 1995, **12** (2): 11~ 14. ]
- [ 7 ] Sun Ruyong, Li bo, Zhu Geyang, *et al.* Basic Ecology [M]. Beijing: Higher Education Publishing House, 1993. [ 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1993. ]
- [ 8 ] Simpson E H. Measure of diversity [J]. *Nature*, 1949, **163**: 688.
- [ 9 ] Qian Hong. Ecological dominance of alpine tundra phyto- communities on the Changbai mountains [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1990, **9** (2): 24~ 27. [ 钱宏. 长白山高山冻原植物群落的生态优势度 [J]. 生态学杂志, 1990, **9** (2): 24~ 27. ]
- [ 10 ] Huai Huyin, Zhou Lihua. Ecological dominance of plant community and altitudinal gradient on southern of Qinghai Lake basin [J]. *Acta Bot. Boreal. - Occident. Sin.*, 1995, **15** (3): 240~ 243. [ 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 [J]. 西北植物学报, 1995, **15** (3): 240~ 243. ]
- [ 11 ] Fensham R J, Skull S D. Before cattle: a comparative floristic study of Eucalyptus savanna grazed by macropods and cattle in north Queensland, Australia [J]. *Biotropica*, **31** (1): 37~ 47.
- [ 12 ] Huai Huyin, Wei Wanhong, Zhang Yili, *et al.* The characteristics of clonal growth and reproduction of *Lagotis brachystachya* along altitudinal gradient [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2005, **11** (1): 18~ 22. [ 淮虎银, 魏万红, 张镭铨, 等. 不同海拔高度短穗兔儿草克隆生长及克隆繁殖特征 [J]. 应用与环境生物学报, 2005, **11** (1): 18~ 22. ]

## Community Characteristics of Warm Steppe During Its Natural Restoration along Qinghai-Xizang Railway

HU AI Huyin<sup>1</sup>, WEI Wanhong<sup>1</sup>, ZHANG Yili<sup>2</sup>

(1. College of Bioscience and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China;

(2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The warm steppe dominated by *Achnantherum splendens* and *Stipa breviflora* is the first type of zonal vegetation which the Qinghai-Xizang railway goes through when the altitude is above 3 000 m. The sample data of plant communities in different areas near by the railway in the warm steppe have been collected for discussing the ecological effects of Qinghai-Xizang railway on the warm steppe and its restoration in this paper. The results show that the construction of the railway has an obvious effect on the warm steppe, but the characteristics of community, such as the coverage, ecological dominance and species richness of communities have been improved after its natural restoration, and some species, such as *Elymus nutans*, *Aconitum gymandrum* and *Thermopsis lanceolata*, play an important role in the restoration communities. An assistant measure taken by human beings will benefit to the restoration. There is no any evidence of exotic invading plants in the restoration of the warm steppe in the study area.

**Key words:** Qinghai-Xizang railway; warm steppe; natural restoration; community composition; diversity of species