

## 生态毯覆盖对若尔盖沙化草地土壤环境及植被恢复的影响\*

张利<sup>1</sup> 李杨红<sup>1</sup> 范宇<sup>2</sup> 徐舟<sup>1</sup>  
康英<sup>1</sup> 任君芳<sup>1</sup> 何建社<sup>1</sup>

(1. 阿坝州林业科学技术研究所, 四川 汶川 623000; 2. 阿坝州工业经济研究所, 四川 汶川 623000)

**摘要** 为遏制若尔盖草原沙化进一步蔓延, 急需开展草地沙化治理模式研究。试验选取若尔盖草原半固定沙地和流动沙地为研究对象, 分析了生态毯覆盖对两种沙地类型土壤环境、植物群落盖度和生物量的影响。结果表明: 生态毯覆盖1 a后, 有效提高了沙地植物群落盖度和生物量, 流动沙地中生态毯覆盖的群落盖度和生物量较对照处理的增量高于半固定沙地, 半固定沙地生态毯覆盖的群落盖度和生物量分别是对照处理的1.20倍和1.19倍, 而流动沙地则分别为对照的4.74倍和2.83倍; 生态毯覆盖均降低了两种类型沙地的土壤温度, 增加了土壤水分, 提高了土壤最大持水量; 生态毯覆盖对两种类型沙地土壤电导率的改善效果一致, 均比对照高 $0.01 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ ; 半固定沙地中生态毯覆盖和对照处理的土壤容重相同, 流动沙地中生态毯覆盖的土壤容重较对照处理低 $0.02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ; 生态毯覆盖初期对流动沙地的恢复效果优于半固定沙地。生态毯覆盖对土壤环境指标的影响均未达到显著水平, 可能是由于试验年限较短所致。

**关键词** 生态毯; 沙化草地; 土壤环境; 生物量; 若尔盖草原

中图分类号: S718.5 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2017) 01-0024-05

Effects of Eco-blanket Covering on Soil Environment and Vegetation  
Restoration of the Desertification Grassland in ZoigêZHANG Li<sup>1</sup> LI Yanghong<sup>1</sup> FAN Yu<sup>2</sup> XU Zhou<sup>1</sup>  
KANG Ying<sup>1</sup> REN Junfang<sup>1</sup> HE Jianshe<sup>1</sup>

(1. Aba Prefecture Institute of Forestry Science and Technology, Wenchuan, Sichuan 623000, China;

2. Aba Prefecture Institute of Industrial Economics, Wenchuan, Sichuan 623000, China)

**Abstract** In order to cut off the extension of the desertification in Zoigê grasslands, it is urgent to carry out the study of grassland desertification control model. The effects of eco-blanket cover on soil environmental, plant community coverage and biomass were studied in the semi-fixed sandy land and the mobile sandy land of Zoigê grassland. The results showed that, one year later, the eco-blanket covering effectively improved plant community coverage and biomass. Compared to the treatment data, the increment in the mobile sandy land was higher than that in the semi-fixed sandy land, the plant community coverage and biomass treated with eco-blanket covering were 1.20 and 1.19 times respectively, while mobile sandy land was 4.74 and 2.83 times, respectively. The eco-blanket covering also decreased soil temperature, increased soil water content and the maximum water holding capacity in both sandy lands, and the soil electric conductivity was increased by  $0.01 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$  in both sandy lands. The soil bulk density of the cover and control in the semi-fixed sandy land was equal, while that of the

\* 基金项目: 四川省科技计划项目“生态毯技术在若尔盖沙化治理中的运用与推广”(2016FZ0042)。

第一作者: 张利(1983—), 男, 高级工程师, 主要从事川西北沙化治理及林下种植研究, E-mail: 823764732@qq.com。

cover was  $0.02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  lower than control in the mobile sandy land. The effect of the eco-blanket covering in the recovery of mobile sandy land was better than that of semi-fixed sandy land in the early stage of covering. The influence of the eco-blanket covering in soil environment indicators was not significant, which may be due to the shorter test cycle.

**Key words** eco-blanket; desertification grassland; soil environment; biomass; Zoigê grassland

草地是地球上最重要的陆地生态系统之一, 约占陆地面积的 26.91%<sup>[1]</sup>, 对牧区经济发展、生物多样性保护、水土保持、CO<sub>2</sub> 固定<sup>[2]</sup> 和生态平衡维护具有重大的作用和价值<sup>[3]</sup>。然而由于过度放牧、开垦等人为活动和不利的自然条件等因素导致草地生态系统出现退化, 主要表现为土地沙化<sup>[4]</sup>。草地退化表现在草地质量、生产力、经济潜力、服务功能和生物多样性等指标下降, 草地环境恶化及草地恢复能力减弱或丧失<sup>[5]</sup>。草地退化严重影响草地生态系统的服务功能, 已经成为世界许多地区主要的环境和经济问题<sup>[6]</sup>。

若尔盖高原位于青藏高原东侧, 长江和黄河的源头地区, 是全球生物多样性保护的关键地区、全球气候变化响应的敏感区<sup>[7]</sup> 和典型的生态环境脆弱区<sup>[8]</sup>。区域内地质基层主要为砂板岩、页岩和第四纪松散堆积沉积物, 含沙量高; 由于河流流速慢, 大量泥沙不断沉积于河床曲折处, 受第四纪末期冰川剧烈影响, 河流不断改道, 使得该区地表下沙源十分充足, 为土地沙化创造了必要的物质条件<sup>[9]</sup>。由不合理的人类活动作主导驱动, 鼠类活动、热融沉陷、滑塌及气候变化等因素的诱发致使若尔盖地区草地退化严重, 沙地面积不断扩大<sup>[10]</sup>, 成为黄河上游严重的生态问题, 危及人类生存环境, 急需治理。

目前, 关于若尔盖草地沙化的研究多集中于退化规律和成因, 关于其治理措施的研究报道较少。围栏封育加快了植被恢复速度, 但恢复演替需要较长的时间<sup>[11]</sup>; 灌草间作及灌草间作+沙障模式提高了土壤有机碳及其活性组分<sup>[12]</sup>; 围栏种植红柳 (*Tamarix ramossima*) 随着年限增加植被高度和盖度显著增加, 并改变了土壤颗粒组成特性及土壤有机质和矿质养分含量<sup>[13-14]</sup>, 这些成果为草地沙化治理提供了科学的理论依据。但若尔盖草地沙化形势依然严峻, 目前正是开展治理的有利时期<sup>[15]</sup>。

生态毯是通过特殊工艺形成的三维复合草毯

结构, 能提供土壤防侵蚀控制保护层和植物生长基质、养料和水分, 目前已在地震滑坡区的植被恢复<sup>[16]</sup>、退化沙地治理<sup>[17]</sup> 等方面进行了初步应用研究, 并证明其具有良好的治理效果。本文在对若尔盖沙化草地特征调查的基础上, 选取流动沙地和半固定沙地为研究对象, 采用生态毯覆盖的恢复措施, 探讨其对不同类型沙地土壤环境及植被的恢复效果, 以期为若尔盖沙化草地恢复模式选择提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

若尔盖高原 ( $102^{\circ} 00' \sim 103^{\circ} 30' \text{ E}$ ,  $32^{\circ} 20' \sim 34^{\circ} 05' \text{ N}$ ) 位于青藏高原东北缘, 研究区位于阿西乡阿西村 ( $102^{\circ} 55' 45.90'' \sim 102^{\circ} 55' 51.31'' \text{ E}$ ,  $33^{\circ} 41' 33.66'' \sim 33^{\circ} 41' 36.81'' \text{ N}$ ), 距离县城约 14 km。地形为高原丘状区, 属高原寒冷地区, 长冬无夏, 春秋短, 寒冷干燥, 日照强烈, 昼夜温差大, 无绝对无霜期, 年平均气温  $0.7^{\circ} \text{ C}$ , 最高气温  $24.6^{\circ} \text{ C}$ , 最低气温  $-33.7^{\circ} \text{ C}$ , 年平均风速  $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 最大风速  $35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 年平均降水量 657 mm, 蒸发量 1 212.7 mm。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 在研究区选择典型流动沙地和半固定沙地作为研究对象, 流动沙地和半固定沙地土壤均为沙质。设生态毯覆盖和不做覆盖对照处理, 每个处理面积约为  $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ 。进行治理前, 流动沙地和半固定沙地植物盖度分别为 5.5% 和 28.0%, 植物组成有青藏薹草 (*Carex moorcroftii*)、赖草 (*Leymus secalinus*)、二裂委陵菜 (*Potentilla bifurca*)、细叶西伯利亚蓼 (*Polygonum sibiricum* var. *thomsonii*)。

1.2.2 生态毯覆盖 生态毯主要采用无病虫害、色泽正常、无腐烂、晾晒风干的稻草为原材料, 编织成条形毯状, 规格为: 宽度 1.2~1.5 m, 长度 8~10 m, 厚度 0.8 cm, 空隙度 10%~15%<sup>[18]</sup>。

2015年4—5月施撒牛羊粪(15 t·hm<sup>-2</sup>)和混合草种(0.12 t·hm<sup>-2</sup>),进行生态毯覆盖。混合草种为2014年在试验地周围未退化草地收集所得。

1.2.3 样品采集 2016年9月中旬在各处理分别随机设置3块样方进行调查,样方大小均为4 m×4 m。记录样方内的物种和群落盖度。在样方沿对角线方向选3个点分别进行土壤温度、水分和电导率的测定;并采用环刀在对角线上3个点进行0~20 cm土层采样,每个点取2个环刀,分别用于测定土壤容重和土壤最大持水量。在每个样方中间设置一个1 m×1 m的小样方,采用收割法对小样方内植物进行收集,带回实验室烘干,测定植物生物量。

1.2.4 测定方法 选择晴朗的天气,采用TZS-ECW土壤水分、温度、盐分三参数仪(浙江托普仪器有限公司)对土壤温度、水分和电导率进行测定,测定土层为0~20 cm;土壤容重和最大持水量测定参考文献[19]。每个指标重复测定次数:2个沙地类型×2种处理×3个样方×3个样点=36次。

### 1.3 数据分析

采用Microsoft excel 2003和SPSS11.0进行数据制图与统计分析。治理措施和对照采用独立样本t检验进行各指标的差异显著性分析( $n=3$ ,  $\alpha=0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤环境

土壤是植物生长的基质,土壤环境状况直接影响了植物的生长和生态系统的可持续性,土壤环境的改善对退化生态系统恢复具有重要的意义。生态毯覆盖对若尔盖半固定沙地和流动沙地土壤环境具有一致的影响,影响未达到显著水平(表

1)。生态毯覆盖均降低了半固定沙地和流动沙地的土壤温度,半固定沙地中生态毯覆盖较对照土壤温度降低了0.95℃,而流动沙地则降低了0.77℃;同时,增加了土壤水分,半固定沙地中生态毯覆盖较对照土壤水分增加了1.10个百分点,而流动沙地则增加了2.72个百分点。生态毯覆盖对两种类型沙地土壤电导率的改善效果一致,较对照均高0.01 ms·cm<sup>-1</sup>。而半固定沙地中生态毯覆盖和对照处理土壤容重均为1.32 g·cm<sup>-3</sup>,流动沙地中生态毯覆盖土壤容重为1.32 g·cm<sup>-3</sup>,较对照处理1.34 g·cm<sup>-3</sup>低1.49%。生态毯覆盖增加了两种类型沙地土壤最大持水量,且半固定沙地的增加比重(11.92%)高于流动沙地(9.18%)。

### 2.2 植被特征

植被的恢复是退化生态系统恢复的重要部分和评价指标。生态毯覆盖对若尔盖沙化草地植被具有较好的恢复效果,在半固定沙地和流动沙地中,生态毯和对照处理间的群落盖度和生物量均无显著性差异(图1)。半固定沙地生态毯覆盖和对照处理的群落盖度分别为55.00%和45.67%,生态毯覆盖的群落盖度是对照的1.2倍;流动沙地生态毯覆盖和对照处理的群落盖度分别为30.00%和6.33%,生态毯覆盖的群落盖度是对照的4.74倍。半固定沙地生态毯覆盖和对照处理的生物量分别为82.93、69.72 g·m<sup>-2</sup>,生态毯覆盖的生物量是对照的1.19倍;流动沙地生态毯覆盖和对照处理的生物量分别为34.50、12.20 g·m<sup>-2</sup>,生态毯覆盖的生物量是对照的2.83倍。

### 2.3 植被特征与土壤环境的关系

对植被盖度和土壤环境因子进行相关性分析(表2)可知,植被生物量和盖度存在显著的正相关。生物量和盖度分别与土壤水分、电导率和最大持水量呈正相关,而与土壤温度和容重呈负相

表1 生态毯覆盖对若尔盖沙化草地土壤环境的影响

沙地类型	处理	土壤温度/℃	土壤水分/%	土壤电导率/(ms·cm <sup>-1</sup> )	土壤容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	土壤最大持水量/(g·kg <sup>-1</sup> )
半固定沙地	治理	18.3±0.1	5.84±1.07	0.19	1.32±0.02	295.26±19.35
	对照	19.3±0.8	4.74±0.59	0.18	1.32±0.05	263.81±10.82
	<i>P</i>	0.31	0.42	0.92	0.93	0.23
流动沙地	治理	19.0±0.6	7.70±2.80	0.15	1.32±0.02	288.68±20.79
	对照	19.8±0.2	4.98±0.60	0.14	1.34±0.04	264.40±6.83
	<i>P</i>	0.26	0.40	0.80	0.61	0.33

注:表中数据为平均值±标准误。

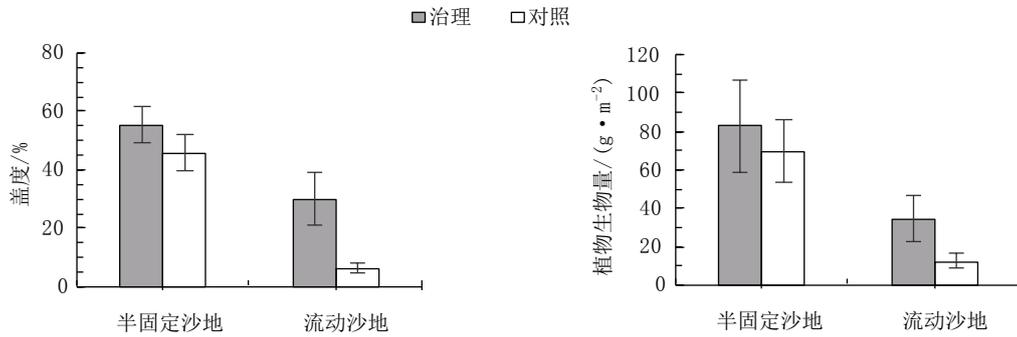


图1 生态毯覆盖对若尔盖沙化草地植被群落盖度和生物量的影响

表2 若尔盖沙化草地植被特征与土壤环境的 Pearson 相关系数

项目	群落盖度	土壤温度	土壤水分	土壤电导率	土壤容重	土壤最大持水量
生物量	0.792*	-0.015	0.092	0.129	-0.190	0.015
群落盖度		-0.208	0.395	0.098	-0.394	0.160
土壤温度			0.199	-0.729*	0.145	-0.239
土壤水分				-0.200	-0.414	-0.107
土壤电导率					0.262	0.489
土壤容重						0.213

注：“\*”为相关性显著 ( $P < 0.05$ )。

关性。植被生物量和盖度均未与土壤环境因子间达到显著相关。

### 3 结论与讨论

土壤恢复始于植被恢复，但是土壤恢复是维持植被稳定的重要保证<sup>[20]</sup>。生态毯覆盖对两种类型沙化草地土壤环境具有一定的改善作用。表现为：降低了土壤温度，增加了土壤水分含量，主要是由于生态毯覆盖减少了地表的直接太阳辐射能量，并对土壤起到保温的作用，减少了土壤和大气间的热量交换，有效的降低了土壤表层的蒸散<sup>[21]</sup>。较对照处理，半固定沙地生态毯覆盖对土壤温度的降低幅度大于流动沙地，但对土壤水分的提高流动沙地要高于半固定沙地，可能是由于沙地类型不同，其对太阳辐射的升温效果不同，表现为半固定沙地土壤温度小于流动沙地，蒸散作用导致了土壤水分变化的差异。尽管土壤电导率并不直接影响植物的生长发育，但与影响植物生长的其他土壤性质密切相关，如无机氮和盐离子等<sup>[22]</sup>。生态毯覆盖对两种类型沙地土壤电导率的提高幅度相同，均为  $0.01 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，但半固定沙地土壤电导率较高，反映了其土壤中可溶性养分离子的水平<sup>[23]</sup>。土壤容重是反映土壤空隙状况和松紧程度的指标，生态毯覆盖对土壤容重的改

善作用较小，半固定沙地中生态毯覆盖和对照处理土壤容重相同，而流动沙地生态毯覆盖较对照低  $0.02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，主要是由于容重是土壤具有较长时间变异性的属性<sup>[24]</sup>。生态毯覆盖增加了两种类型沙地土壤最大持水量，与对照相比，半固定沙地的增加量为  $31.45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，流动沙地为  $24.28 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，由于土壤容重变化较小，土壤最大持水量可能是由土壤空隙状况的改变导致<sup>[25]</sup>。尽管生态毯覆盖在一定程度上改变了土壤环境性质，但这种改变均未达到统计意义上的显著水平，可能是因为试验时间较短 (1 a)，具体原因还有待开展进一步的长期研究。

生态毯覆盖提高了植被群落的盖度和生物量，对流动沙地的恢复效果要优于半固定沙地，表现为流动沙地中生态毯覆盖较对照处理的群落盖度和生物量增量高于半固定沙地，半固定沙地中生态毯覆盖的植物群落盖度和生物量分别是对照处理的 1.20 倍和 1.19 倍，而流动沙地则分别为 4.74 倍和 2.83 倍。主要是由于半固定沙地沙面稳定性高于流动沙地，当生态毯覆盖后，大大稳定了流动沙地的沙面稳定性，为植物的增殖、人工植被建立和流沙成土提供了适宜的环境条件<sup>[26]</sup>，从而使流动沙地植被有更好地恢复效果。但唐进年等<sup>[26]</sup>研究表明这种稳定流动沙面的治理措施在第

二年会出现衰退,主要是由于适宜流动沙地生长的植物退化所致。而生态毯覆盖对若尔盖沙地植被恢复是否具有类似动态变化特征及其原因还需要持续的监测、调查。生态毯覆盖治理沙化草地中植物生物量与土壤电导率的相关性最高,可能是土壤养分状况的变化对植物生物量的影响较大。下一步工作将开展土壤速效、全量及微量养分的测定,揭示生态毯覆盖对土壤养分的改变及其对植物群落生物量的影响。

### 参考文献

- [1] Fao. The state of food and agriculture-2009[R]. Room, 2009.
- [2] CONANT R T, PAUSTIAN K, ELLIOTT E T. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon[J]. *Ecological Applications*, 2001, 11(2): 343-355.
- [3] 谢高地,张钰铨,鲁春霞,等.中国自然草地生态系统服务价值[J]. *自然资源学报*, 2001,16(1):47-53.
- [4] 李博.中国北方草地退化及其防治对策[J]. *中国农业科学*, 1997,30(6):1-9.
- [5] LIU J, XU X, SHAO Q. Grassland degradation in the "Three-River Headwaters" region, Qinghai Province[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2008, 18(3): 259-273.
- [6] LI S, VERBURG P H, LV S, et al. Spatial analysis of the driving factors of grassland degradation under conditions of climate change and intensive use in Inner Mongolia, China[J]. *Regional Environmental Change*, 2012, 12(3): 461-474.
- [7] 李庆,王洪涛,刘文,等.以HJ-1卫星遥感数据估算高寒草地植被净第一性生产力的潜力评估——以若尔盖草地为例[J]. *中国沙漠*, 2013,33(4):1250-1255.
- [8] 李晋昌,王文丽,胡光印,等.若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *生态学报*, 2011,31(12):3451-3459.
- [9] 邓东周,杨执衡,陈洪,等.青藏高原东南缘高寒区土地沙化现状及驱动因子分析[J]. *西南林业大学学报*, 2011,31(5):27-32.
- [10] 李晓英,姚正毅,王宏伟,等.若尔盖盆地沙漠化驱动机制[J]. *中国沙漠*, 2015,35(1):51-59.
- [11] 干友民,罗元佳,周家福,等.川西北沙化草地生态恢复工程对沙地植被群落的影响[J]. *草业科学*, 2009,26(6):51-56.
- [12] 蒲玉琳,叶春,张世熔,等.若尔盖沙化草地不同生态恢复模式土壤活性有机碳及碳库管理指数变化[J]. *生态学报*, 2017,37(2):DOI: 10.5846/stxb201508031635.
- [13] 彭佳佳,胡玉福,肖海华,等.生态修复对川西北沙化草地土壤有机质和氮素的影响[J]. *干旱区资源与环境*, 2015,29(5):149-153.
- [14] 胡玉福,彭佳佳,邓良基,等.围栏种植红柳对川西北高寒沙地土壤颗粒组成和矿质养分的影响[J]. *土壤通报*, 2015,46(1):54-61.
- [15] 何介南,徐杰,康文星,等.若尔盖县土地沙化程度演变动态特征[J]. *林业科学*, 2016,52(1):159-165.
- [16] 姬慧娟,扶志宏,张利,等.生态毯在地震滑坡区植被恢复中应用效果研究[J]. *四川林业科技*, 2014,35(2):4-8.
- [17] 张利,周庆,朱欣伟,等.生态毯在沙化区植被恢复中的应用效果研究[J]. *现代园艺*, 2014(22):10-12.
- [18] 陈德朝,鄢武先,邓东周,等.一种高寒地区防沙治沙秸秆生态毯: CN201420676915. X [P].2015-03-18.
- [19] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [20] 乌云娜,裴浩,冉春秋,等.科尔沁沙地植被恢复演替过程中群落结构及土壤理化性状的变化[J]. *安徽农业科学*, 2008,36(15):6471-6475.
- [21] 何峰,王堃,万里强,等.立枯物和凋落物对土壤微环境及植物生长的影响[J]. *中国草地学报*, 2012,34(5):19-23.
- [22] 袁巧霞,朱端卫,武雅娟.温度、水分和施氮量对温室土壤pH及电导率的耦合作用[J]. *应用生态学报*, 2009,20(5):1112-1117.
- [23] 郭铁瑞,赵哈林,左小安,等.科尔沁沙地沙丘恢复过程中典型灌丛下结皮发育特征及表层土壤特性[J]. *环境科学*, 2008,29(4):1027-1034.
- [24] 周欣,左小安,赵学勇,等.科尔沁沙地沙丘固定过程中植物生物量及土壤特性[J]. *中国沙漠*, 2015,35(1):81-89.
- [25] 赵锦梅,张德罡,刘长仲.东祁连山土地利用方式对土壤持水能力和渗透性的影响[J]. *自然资源学报*, 2012,27(3):422-429.
- [26] 唐进年,张吨明,徐先英,等.不同人工措施对沙质荒漠生态恢复与重建初期效应的影响[J]. *生态环境学报*, 2007,16(6):1748-1753.