

高寒山区退耕地不同植被恢复方式下群落稳定性

赵成章¹, 董小刚¹, 石福习¹, 达光文², 杨文斌^{3*}

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省天祝县林业局, 甘肃 武威 733200;
3. 中国林业科学研究院林业科学研究所, 北京 100091)

摘 要: 稳定的群落结构是退耕地生态系统恢复的主要标志之一。以祁连山东段旱泉沟流域退耕区为例, 采用野外调查和室内分析相结合的方法, 研究了建植 6 a 的人工草地群落稳定性, 结果表明: 人工草地在短期内形成了不同于撂荒地的植被格局, 草地群落盖度、高度和地上生物量特性明显优于撂荒地和天然草地, 部分人工草地物种丰富度和多样性高于撂荒地, 功能群结构仍以多年生禾草占优势, 无芒雀麦 + 紫花苜蓿混播草地多样性指数低, 处于高产和稳定阶段; 各草地根系主要分布在 0 ~ 10 cm 土层, 不同草地类型 0 ~ 20 cm 土壤含水量变化最大, 4 种人工草地对土壤水分的影响表现为提高 30 ~ 50 cm 土层的水分含量, 在水分涵养方面优于撂荒地。但与天然草地相比未形成密丛型禾草, 群落稳定性差, 草地群落的演替方向具有不确定性。

关键词: 退耕地; 人工草地; 群落稳定性; 植被恢复; 祁连山

中图分类号: Q143, S181

文献标识码: A

建立人工草地是发展集约化草地畜牧业、实施生态恢复与重建的重要措施, 而人工草地的群落稳定性是评价生态恢复程度的关键指标^[1]。人工混播草地群落的稳定性是草地长期保持生产力的基础, 尤其在贫困山区, 在提高草地生产力方面具有巨大的潜力^[2]。不同形式的物种组合和混播各组分间的相互作用是决定植物群落乃至生态系统的多样性和稳定性的关键因素^[3], 因此, 合理的品种组合和乡土物种选择是实现产量和组分双重稳定的前提, 也是维系群落稳定性的主要途径^[4-8]。退耕地生态系统恢复的标志就是形成一定的生产能力和稳定的群落结构, 并发挥生态效益和经济效益, 所以从恢复生态学角度研究退耕地植被恢复群落稳定性与重建对策, 对加速寒冷山区退耕区生态系统恢复具有现实意义。在干旱半干旱区有限的土壤水分条件下, 如何选择适生物种和设计建群种组合, 是退耕地

植被恢复和生态系统重建面临的关键问题。国家实施退耕还林草工程以来, 有关退耕地建植牧草的适生机制、恢复效益等相关研究较薄弱, 缺乏对不同人工干预模式下各草地群落恢复阶段性效益的评价, 尤其对不同人工草地生产力、群落稳定性等方面关注较少。本文以祁连山东段旱泉沟流域 2003 年建植的人工草地为例, 研究了人工抚育更新条件下, 退耕地群落的生物学特征、物种多样性、功能群结构、地下生物量和土壤含水量空间格局, 比较分析了不同恢复措施下草地群落的稳定性和恢复效益, 为探索适应高寒半干旱牧区退耕地植被恢复优化模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

收稿日期(Received date): 2010 - 06 - 01; 改回日期(Accepted): 2010 - 10 - 12。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(No. 40971039); 国家十一五科技支撑计划项目(2007BAD46B07); 甘肃省科技支撑计划项目(1011FKCA157)。[Supported by the National Nature Science Foundation of China (No. 40971039), National 11th Five-year Technology Support Projects (2007BAD46B07), Technology Support Projects of Gansu Province(1011FKCA157).]

作者简介(Biography): 赵成章(1967 -), 男, 甘肃武威人, 博士, 教授, 研究方向为恢复生态学与生态经济。[Zhao Chengzhang, male, born in Wuwei, Gansu province in 1967, Ph.D., professor, work mainly on restoration ecology and ecological economy.] E-mail: zhaocz@nwnu.edu.cn, Tel: 13919388615

* 通讯作者(Author for correspondence): 杨文斌[Yang Wenbin], E-mail: nmlkyywb@163.com

研究区位于东祁连山地的天祝县旱泉河流域(37° 14' 40" ~ 37° 20' 13" N, 102° 58' 04" ~ 103° 01' 04" E), 海拔 2 420 ~ 3 306 m, 属大陆性干旱、半湿润气候, 年均气温 1.2℃, 生长季 120 ~ 150 d, 年均降水量 400 mm, 蒸发量 1 600 mm; 呈南北走向, 南高北低, 地域狭长, 以中山地貌为主, 兼有黄土丘陵地貌; 土壤为山地栗钙土和森林灰褐土。流域内森林、农田、荒山、草原镶嵌分布, 植被类型复杂。农田多分布于阳坡、半阳坡及沟谷阶地, 人均耕地不足 0.13 hm²。2001 年天祝县林业局在旱泉沟建立了人工草地改造坡耕地试验示范区。

1.2 研究方法

1.2.1 试验设置

2003-04—06 选择坡度 10° ~ 30° 的东南向耕地设置试验区, 建植了紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 单播人工草地 (A)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) + 紫花苜蓿混播人工草地 (B)、无芒雀麦 (*Bromus inermis*) + 紫花苜蓿混播人工草地 (C)、早熟禾 (*Poa versicolor*) + 紫花苜蓿混播人工草地 (D) 4 类人工草地。紫花苜蓿单播播种量为 15 kg/hm², 紫花苜蓿和垂穗披碱草、无芒雀麦、早熟禾混播播种量分别为 11.5 kg/hm²、7.5 kg/hm²、15 kg/hm² 和 5 kg/hm²。实验样地沿地势从坡顶平行建植, 以避免径流的互相输入而互相干扰。试验区围栏禁牧, 整个试验过程不做施肥处理, 不除杂草, 每年 7 月上、中旬由当地村民刈割收获青草。围栏内的撂荒地、天然草地和继续耕种的小麦地作为对照, 简称 E、CK₁ 和 CK₂。

1.2.2 测定内容及方法

1. 植被调查 2008-07-05—10 在各样地选择代表性地段, 用针刺法测定草地群落总盖度, 用计数法观测植物密度, 用卷尺测量植物自然高度, 用收获法测定各种植物的地上生物量, 样方大小 1 m × 1 m, 重复 6 次。

2. 土壤含水量测定 土壤调查采用剖面法, 在各组处理标准地内随机设置主、副土壤剖面 2 个, 用环刀法 (容积 50 cm³) 分别在 0 ~ 50 cm 土壤深度每隔 10 cm 取自然状态土样, 3 次重复, 装入铝盒带回实验室, 采用烘干法测定土壤含水量。在 105℃ 的烘箱内烘 24 h 后, 取出后称重, 计算出土壤含水量。

3. 草地生物量测定 草地地上生物量采用 105℃ 杀青 0.5 h, 然后 80℃ 烘 72 h 以上直至恒重获得。在收获地上生物量的同时, 各样方随机选取 10

个样点, 用内径 35 mm 土钻在 0 ~ 50 cm 土壤深度每隔 10 cm 取土样。将采集的土样在 40 目的网孔筛中用流水冲洗, 拣出所有根系, 65℃ 下烘干 72 h 称重, 计算各层根系重量及总根系重量。

1.3 数据分析

物种重要值: 重要值 (IV) = (相对密度 + 相对盖度 + 相对高度) / 3;

多样性测定: 采用 Shannon-Wiener 物种多样性指数 (H)、Pielou 均匀度指数 (E) 和 Simpson 优势度指数 (C) 衡量。计算公式:

Shannon-Wiener 多样性指数

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Pielou 均匀度指数

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Simpson 优势度指数

$$C = \sum_{i=1}^s (p_i)^2$$

式中 P_i 表示第 i 个物种重要值与群落物种总重要值之比, S 为植物种数。

2 结果与分析

2.1 草地群落主要生物学特征

经过 6 a 的恢复, 不同抚育更新退耕地群落的生物学特征发生较大变化 (表 1)。人工草地群落的总盖度高于撂荒地和天然草地 (CK₁)。在 4 种人工草地中, 早熟禾 + 紫花苜蓿混播草地植被覆盖度最低, 为 68.7%, 紫花苜蓿单播草地的盖度居中, 垂穗披碱草 + 紫花苜蓿混播草地和无芒雀麦 + 紫花苜蓿混播草地的盖度分别为 87.5% 和 83.3%。

受植被群落建群种和优势种群生物学特性的影响, 各草地类型植被密度存在较大差异。以密丛型禾本科牧草为优势种天然草地植被密度达到 1 407 plants/m², 显著高于人工草地和撂荒地 ($p < 0.05$), 而以疏丛型禾草为建群种的人工草地植被密度处于同一数量级。紫花苜蓿属于分枝能力较强的栽培牧草, 植被密度为 772 plants/m², 以杂类草为主的撂荒地群落密度只有天然草地的 21.5%。

人工草地植物生殖枝高度介于 21.2 ~ 33.4 cm 之间, 显著高于撂荒地和天然草地 ($p < 0.01$)。人工草地群落之间草层高度亦存在差异, 无芒雀麦 + 紫花苜蓿草地的草层高度高于其余 3 种人工草地。撂荒地草地群落草层最低, 仅为 15.8 cm。

各类供试草地中,无芒雀麦 + 紫花苜蓿混播草地的地上生物量达到 490.2 g/m²,显著高于其他草地类型($p < 0.01$),紫花苜蓿草地群落退化严重,地上生物量降至 252.3 g/m²,撂荒地草地群落中蒿属、密花香薷等杂类草干物质量增大了地上生物量,仅次于早熟禾 + 紫花苜蓿混播群落的地上生物量。

2.2 退耕地草地群落多样性

群落的物种丰富度和生态优势度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^[9]。均匀度指数反应了群落或生境中全部物种个体数的分配状况,即各物种个体分配的均匀程度。

草地群落多样性指数(H)表现为紫花苜蓿单播草地大于撂荒地和天然草地($p < 0.05$),无芒雀麦 + 紫花苜蓿混播草地、早熟禾 + 紫花苜蓿混播草地均小于撂荒地和天然草地群落($p < 0.05$)。均匀度指数(E)表现为天然草地 > 撂荒地 > 人工混播草地。生态优势度(C)表现为人工混播草地 > 撂荒地 > 天然草地(表 2)。

经过 6 a 的恢复,天然草地物种丰富度、多样性指数较低,且均匀度指数最大,群落稳定。与天然草地相比,人工草地生态优势度大,稳定性较差,撂荒

地群落仍然处于裸地植被恢复演替的初期阶段。

2.3 草地群落功能群结构

植物功能群是指对环境条件具有相似反应、对主要生态过程有相似影响的植物组群,是具有确定的植物功能特征的一系列植物的组合,是研究植被随环境动态变化的基本单元。在人工草地植被恢复过程中以功能群为单位的群落组成结构动态变化具有不可忽视的作用。为了便于研究,将研究区物种划分为豆科固氮植物(LP)、1~2 a 生杂类草(AW)、多年生杂类草(PW)和多年生禾草(PG)4 种功能群类型。

图 1 资料表明,紫花苜蓿单播草地群落侵入了大量多年生禾草和杂类草,种群优势度锐减,多年生禾草成为紫花苜蓿单播草地的优势功能群。垂穗披碱草 + 紫花苜蓿混播草地、无芒雀麦 + 紫花苜蓿混播草地、早熟禾 + 紫花苜蓿混播草地多年生禾草为绝对优势功能群,建植目标物种禾草生产力较大,群落中混播紫花苜蓿优势地位递减。撂荒地多年生杂类草占优势,1~2 a 生杂类草次之,多年生禾草优势度仅为 12.7%,而天然草地禾本科植物优势度达到 50%。经过 6 a 的恢复性生长,紫花苜蓿单播草地退化严重,功能群结构变化大,草地群落趋于撂荒。

表 1 草地群落生物学特征
Table 1 The biological characteristics of grassland community

恢复方式 Restoration measure	A	B	C	D	E	CK ₁
盖度 Coverage/%	75.0 ± 7.3a	87.5 ± 6.3b	83.3 ± 4.1b	68.7 ± 8.6a	59.2 ± 9.4c	63.0 ± 4.6c
密度 Density/plants m ⁻²	772 ± 46.2a	1230 ± 66b	1362 ± 49b	1209 ± 82b	303 ± 79c	1407 ± 51d
高度 Height/cm	21.2 ± 4.2a	28.3 ± 3.8a	33.4 ± 7.1b	23.7 ± 6.4a	15.8 ± 6.7c	17.5 ± 9.2c
地上生物量 Biomass/g m ⁻²	252.3 ± 14.9a	271.7 ± 21.3a	490.2 ± 19.5b	168.3 ± 17.7c	153.6 ± 11.4c	134.1 ± 15.3c

注:同行不同字母间代表差异显著($P < 0.05$)。

表 2 草地群落多样性指数
Table 2 The diversity index of grassland community

物种多样性指数 Species diversity index	A	B	C	D	E	CK ₁
S	15 ± 0.4a	13 ± 0.4a	9 ± 0.5b	11 ± 0.4c	11 ± 0.1c	7 ± 0.3d
H	2.30 ± 0.17a	2.01 ± 0.07b	1.51 ± 0.06c	1.64 ± 0.07c	2.03 ± 0.12b	1.90 ± 0.07d
E	0.85 ± 0.04a	0.79 ± 0.03b	0.69 ± 0.02c	0.69 ± 0.03c	0.84 ± 0.06a	0.92 ± 0.05d
C	0.13 ± 0.01a	0.24 ± 0.01b	0.32 ± 0.01c	0.31 ± 0.01c	0.18 ± 0.04d	0.16 ± 0.03e

注:同行不同字母间代表差异显著($P < 0.05$)。

表3 草地群落地下生物量变化

Table 3 The change of underground biomass of grassland community

深度 Depth /cm	A	B	C	D	E	CK ₁	CK ₂
0~10	1552.9±102.6a	794.6±51.5a	1833.6±128.7a	1351.0±112.5a	1240.4±135.8a	1891.4±211.7a	1102±124.4a
10~20	780.9±45.8b	520.1±40.7b	1049.7±67.5b	769.9±46.3b	948.1±52.0b	995.4±49.2b	435.8±52.1b
20~30	675.8±47.5c	421.7±28.3bc	937.9±94.8b	866.7±78.5c	556.8±30.0cd	714.3±47.5c	396.9±36.4b
30~40	459.7±32.5d	494.6±41.0c	637.1±49.0c	806.3±64.5c	597.3±54.2c	664.4±57.8d	628.6±50.4c
40~50	435.7±36.4d	276.7±21.7d	661.5±47.5c	708.3±60.2c	477.6±29.2d	640.1±55.6d	261.5±28.3d

注:同列不同字母间代表差异显著(P<0.05)

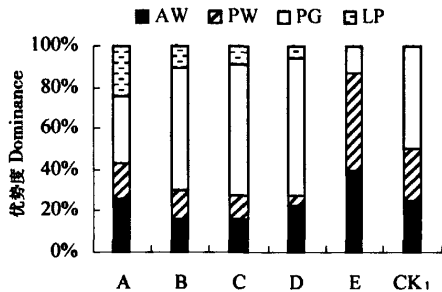


图1 不同草地群落功能群结构

Fig.1 The functional groups of grassland community

其他3种人工草地维持了建植初期的禾本科功能群优势。

2.4 草地群落地下生物量空间格局

地下生物量的空间分布主要体现在根系生物量在空间梯度上垂直分布的差异性。各草地类型地下生物量分布总趋势是上层高,下层低,表现为T字形,但又有差异,表现为个别草地类型在T字形趋势下的锯齿状分布(表3)。0~10 cm土层地下生物量最大,占总量的30.0~40.4%,究其原因,根茎、主根和各级侧根主要分布在表层。20 cm土层以下生物量变化不明显。

紫花苜蓿属轴根型牧草,具有粗壮的主根,茎与根融合处形成根颈,紫花苜蓿单播草地0~10 cm土层生物量高达1553 g/m²,明显大于其他各层(p<0.01);无芒雀麦对霜冻有较强的抵抗力,经过漫长的冬季后根系营养仍能满足翌年植株的正常生长,无芒雀麦+紫花苜蓿混播草地土层40~50 cm生物量大于30~40 cm,但只高出3.8%;早熟禾+紫花苜蓿混播草地出现中层增大的现象。天然草地群落中针茅、赖草等禾草根茎呈浅层分布,土壤表层(0~10 cm)生物量明显大于其他草地类的表层生物量(p<0.01),0~10 cm、10~20 cm土层根系重量分别达到38.6%和20.3%。

2.5 草地群落土壤含水量的空间格局

土壤水分状况是气候、植被、地形及土壤因素等自然条件的综合反映,是干旱区生态系统和植被建设的基础,对土壤物理性质和植被生长状况有着重要的影响^[10]。不同类型植被因耗水性和耐旱性等的差异,使其根系土壤含水量也有明显不同^[11]。

图2资料表明各类草地垂直向水分变化主要发生在30 cm土层中,0~20 cm土层变化幅度均较大。垂穗披碱草+紫花苜蓿混播草地、无芒雀麦+紫花苜蓿混播草地和早熟禾+紫花苜蓿混播草地土壤含水量在20 cm以下出现反弹。小麦地土壤含水量随深度的递增而减小,撂荒地土壤含水量层际变率在-3.3%~3.0%间,变化不明显,撂荒恢复草地土壤含水量大于小麦地。

4种人工草地对土壤水分的影响表现为提高30~50 cm土层的水分含量,显著高于天然草地(CK₁)和小麦地(CK₂)。天然草地和紫花苜蓿单播草地土壤含水量趋于表层分布,其他人工草地趋于底层分布,人工草地改善了土壤的水分状况,为植被

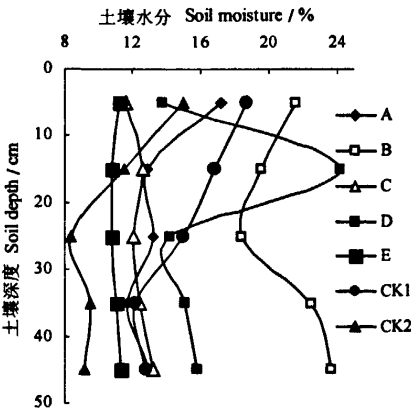


图2 草地群落土壤含水量

Fig.2 The soil moisture of grassland community

的恢复提供了基础。

3 讨论与结论

群落稳定性是在种间相容性、环境压力和干扰活动三大类因子条件下,植物群落各组分稳定共存、草地生产能力和经济利用价值不致降低的状态。植物群落的稳定性可以从植物种群、功能群和群落 3 个层次分析,物种数目及其个体数量在一定程度上反映了群落的特征,体现了群落的发展阶段和稳定程度,而植物功能群组成对群落稳定性的影响更重要^[12-13]。垂穗披碱草+紫花苜蓿混播草地、无芒雀麦+紫花苜蓿混播草地和早熟禾+紫花苜蓿混播草地出现不同程度的退化,但仍以多年生禾草为优势功能群,群落中多年生禾草比例大于地带性草地群落的比例。但禾草组成单一,稳定性只是阶段性稳定的一种体现,与王发刚等^[14]对高寒地区建植人工草地 7 a 后功能群结构的研究结果相似。

以 Clements 为代表的演替理论认为顶极群落是稳定的,其余演替阶段都是不稳定的,而后的研究认为不同演替阶段有不同的稳定性特征^[15-16]。植被群落恢复演替实质是植物与土壤、水分和气候等相互影响和相互作用的过程。因此,选择适应区域气候、土壤、水分及各类干扰的人工干预途径,提高人工草地初级生产力和经济价值,并保证草地质量及演替方向,已成为研究人工草地的关键^[17]。研究区草地顶级群落为针茅型天然草地,人工草地属次生草地群落,本身存在不稳定的内在因素。紫花苜蓿越冬率不足 60%,混播草地种群密度锐减,与其生物学特征及其对旱泉流域环境生态适应性有关。

在一些生态脆弱区,优良牧草品种短缺,草地建植后刈割干扰频繁,很难形成种子库,牧草基地难以形成。研究区年均降水量 400 mm,人工草地无灌溉措施,水分供给水平低,以致草地将更多的资源投入到地上植株的生长,根系出现浅层分布趋势,部分牧草在缺乏冬灌条件下,越冬严重受阻。人工草地的地下生物量呈 T 型分布格局,表现出浅层化分布趋势,除无芒雀麦+紫花苜蓿混播草地外,其他人工草地的地下生物量低于天然草地。土壤水分在干旱、半干旱地区植被恢复中具有极其重要的作用,与地形、土壤以及土地利用方式综合制约植被恢复的强度与方向。4 种人工草地土壤含水量相对撂荒地提高 1.4%~10.1%,相对小麦地提高 1.7%~10.4%,其中垂穗披碱草+紫花苜蓿混播草地、早熟

禾+紫花苜蓿混播草地明显提高了 10~50 cm 土层的土壤含水量。

经过 6 a 的恢复,人工草地形成了不同于撂荒地的植被格局,与撂荒地相比植被覆盖度提高 10%~30%,地上生物量增加 8.7%~68.7%,且保持较高的种群密度。其中,无芒雀麦+紫花苜蓿混播草地的密度和地上生物量高于其他草地类型,盖度达到 83.3%,处于高产稳定阶段,但草地物种丰富度和多样性指数较低,生态优势度最大,与天然草地相比稳定性差。4 种人工草地土壤含水量和土壤涵养水源功能与撂荒地、小麦地相比得到明显改善,特别是无芒雀麦+紫花苜蓿混播草地表现出了较高的生产性能和良好的生态适应性。但是与天然草地相比,植物功能群以疏丛型上繁草为主,缺乏能够形成草毡层的密丛型禾草,尚未形成适应研究区气候的植被顶级格局,草地群落的演替方向具有不确定性。

参考文献 (References)

- [1] Wang Gang, Jiang Wenlan. Pasture population ecology [M]. Lanzhou, Scientific Press, 1998:207~209 [王刚,蒋文兰. 人工草地种群生态学[M]. 兰州:科学技术出版社,1998:207~209]
- [2] Zhao Junquan. The sustainable utilization study of 18 introduced excellent cultivars mixture pastures productivity and community stability [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2007 [赵俊权. 18 种引进优良牧草混播草地生产力和群落稳定性及可持续利用研究[D]. 兰州:兰州大学,2007]
- [3] Han Deliang, He Shengjiang, Chen Chao, et al. The community stability of the mixed grassland with leguminous and germanous forages [J]. Ecology and Environment, 2008, 17(5):1974~1979 [韩德梁,何胜江,陈超,等. 豆禾混播草地群落稳定性的比较[J]. 生态环境,2008,17(5):1974~1979]
- [4] Fan Houbao, Liu Wenfei, Li Yanyan, et al. Application of analytic hierarchy process to assessing the integrated values of mixed Masson Pine-Hardwood Forests in northwestern Fujian mountain [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27(3):257~264 [樊后保,刘文飞,李燕燕,等. 应用层次分析法评价闽西北山地马尾松-阔叶树混交林的综合效益[J]. 山地学报,2009,27(3):257~264]
- [5] Zhang Quanguo, Zhang Dayong. Biodiversity and ecosystem functioning: recent advances and controversies [J]. Biodiversity Science, 2002, 10(1):49~60 [张全国,张大勇. 生物多样性与生态系统功能研究与进展[J]. 生物多样性,2002,10(1):49~60]
- [6] Fan Jiangwen, Zhong Huaping, Du Zhangchi, et al. A study on competition among perennial ryegrass and six other species in different conditions of stress and disturbance [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2003, 27(4):522~530 [樊江文,钟华平,杜占池,等. 在不同压力和干扰条件下黑麦草与其它 6 种植物的竞争研究[J]. 植物生态学报,2003,27(4):522~530]
- [7] Dong Shikui, Hu Zizhi, Long Ruijun, et al. Community characteristics of mixed grassland with perennial grasses in Alpine Region of Tibetan Plateau [J]. Chinese Journal of Ecology, 2003, 22(5):20~25 [董世魁,胡自治,龙瑞军,等. 高寒地区多年生禾草混播草

- 地的群落学特征研究[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 20-25]
- [8] Li Xiankun, Su Zongming, Lu Shihong, et al. The spatial pattern of natural vegetation in the Karst regions of Guangxi and the ecological signal for ecosystem rehabilitation and reconstruction [J]. Journal of Mountain Science, 2003, 21(2): 129-139 [李先琨, 苏宗明, 吕仕洪, 等. 广西岩溶植被自然分布规律及对岩溶生态恢复重建的意义[J]. 山地学报, 2003, 21(2): 129-139]
- [9] Huai Huyin, Wei Wanhong, Zhang Yili. Community characteristics of warm steppe during its natural restoration along Qinghai-Xizang railway [J]. Journal of Mountain Science, 2005, 23(6): 657-662 [淮虎银, 魏万红, 张德铨. 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[J]. 山地学报, 2005, 23(6): 657-662]
- [10] Yang Wenzhi, Shao Mingan. Soil water study of the Loess Plateau [M]. Beijing, Science Press, 2000: 86-133 [杨文治, 邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 86-133]
- [11] Wang Qinghua. Analysis of eco-hydrological effects of vegetation change [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2004 [王清华. 植被变化的生态水文效应分析[D]. 西安: 西安理工大学, 2004]
- [12] Lü Guanghui, Du Xin, Yang Jianjun, et al. Community stability of deserts vegetation at Fukang oasis-desert ecotone [J]. Arid Land Geography, 2007, 30(5): 660-665 [吕光辉, 杜昕, 杨建军, 等. 阜康绿洲-荒漠交错带荒漠植被群落稳定性[J]. 干旱区地理, 2007, (5): 660-665]
- [13] Bai Yongfei, Chen Zuozhong. Effects of long-term variability of plant species and functional groups on stability of *Leymus chinensis* community in the Xilin river basin, inner Mongolia [J]. Acta phytocologica Sinica, 2000, 24(6): 641-647 [白永飞, 陈佐忠. 锡林河流域羊草草原植物种群和功能群的长期变异性及其对群落稳定性的影响[J]. 植物生态学报, 2000, 24(6): 641-647]
- [14] Wang Fa-gang, Wang Wen-ying, Chen Zhi, et al. Effects of changes in land use on plant Community structure and species diversity in alpine meadows [J]. Journal of Lanzhou University//Natural Sciences, 2007, 43(3): 58-63 [王发刚, 王文颖, 陈志. 土地利用变化对高寒草甸植物群落结构及物种多样性的影响[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2007, 43(3): 58-63]
- [15] MacArthur R H. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability [J]. Ecology, 1975, 36: 533-536
- [16] Liu Zengwen, Li Yasu. History and status of research of ecosystem stability [J]. Chinese Journal of Ecology, 1997, 16(2): 58-61 [刘增文, 李雅素. 生态系统稳定性研究的历史与现状[J]. 生态学杂志, 1997, 16(2): 58-61]
- [17] Niu Shuli, Jiang Gaoming. Function of artificial grassland in restoration of degraded natural grassland and its research advance [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(9): 1662-1666 [牛书丽, 蒋高明. 人工草地在退化草地恢复中的作用及其研究现状[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1662-1666]

Community Stability under Different Vegetations Restored of Abandoned Lands in Alpine Areas

ZHAO Chengzhang¹, DONG Xiaogang¹, SHI Fuxi¹, DA Guangwen², YANG Wenbin³

(1. College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China;

2. Tianzhu County Forestry Bureau of Gansu, Wuwei 733200, China;

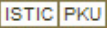
3. Institute of Forestry Science, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Stable community structure is one of the important symbols of the ecosystem reconstruction of abandoned lands. Taking the de-farming regions of Hanquangou valley in eastern Qilian Mountains for example, and using the ways of field investigation and laboratory analysis, we studied on the community stability about four artificial grasslands that planted under the conversion of cropland to forest and grassland project in 2003, meanwhile, took the abandoned land and natural grassland as the control lines. The results showed that artificial grassland formed the vegetation pattern was different from the abandoned land vegetation in a short time, the coverage, height and the aboveground biomass were better than abandoned land and natural grassland obviously. Some of the artificial grasslands were better than abandoned land in species richness and diversity, and the functional group structure was still dominated by perennial grasses, *Bromus inermis* + *Medicago saliva* grassland's diversity index (H') was lower, and grassland was at the high-yielding and stable stage. The grass roots are mainly distributed in 0 to 10 cm soil layer. Different grassland types of soil moisture were maximum in 0 to 20 cm soil layer, four artificial grasslands improved the soil moisture, especially at 30 to 50 cm depth, and these artificial grasslands were better than abandoned land in water conservation. Artificial grasslands did not form the thick grasses, and community stable was poorer than natural grassland, the artificial grasslands have uncertainty directions in succession process.

Key words: abandoned land; artificial grassland; community stability; vegetation restoration; Qilian Mountains

作者: 赵成章, 董小刚, 石福习, 达光文, 杨文斌, ZHAO Chengzhang, DONG Xiaogang, SHI Fuxi, DA Guangwen, YANG Wenbin

作者单位: 赵成章, 董小刚, 石福习, ZHAO Chengzhang, DONG Xiaogang, SHI Fuxi (西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃兰州, 730070), 达光文, DA Guangwen (甘肃省天祝县林业局, 甘肃武威, 733200), 杨文斌, YANG Wenbin (中国林业科学研究院林业科学研究所, 北京, 100091)

刊名: 山地学报 

英文刊名: JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE

年, 卷(期): 2011, 29(1)

被引用次数: 1次

参考文献(17条)

1. 王刚;蒋文兰 [人工草地种群生态学](#) 1998
2. 赵俊权 [18种引进优良牧草混播草地生产力和群落稳定性及可持续利用研究](#)[学位论文] 2007
3. 韩德梁;何胜江;陈超 [豆禾混播草地群落稳定性的比较](#)[期刊论文]-[生态环境](#) 2008(05)
4. 樊后保;刘文飞;李燕燕 [应用层次分析法评价闽西北山地马尾松-阔叶树混交林的综合效益](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2009(03)
5. 张全国;张大勇 [生物多样性与生态系统功能研究与进展](#)[期刊论文]-[生物多样性](#) 2002(01)
6. 樊江文;钟华平;杜占池 [在不同压力和干扰条件下黑麦草与其它6种植物的竞争研究](#)[期刊论文]-[植物生态学报](#) 2003(04)
7. 董世魁;胡自治;龙瑞军 [高寒地区多年生禾草混播草地的群落学特征研究](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2003(22)
8. 李先琨;苏宗明;吕仕洪 [广西岩溶植被自然分布规律及对岩溶生态恢复重建的意义](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2003(02)
9. 淮虎银;魏万红;张镔锂 [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](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2005(06)
10. 杨文治;邵明安 [黄土高原土壤水分研究](#) 2000
11. 王清华 [植被变化的生态水文效应分析](#)[学位论文] 2004
12. 吕光辉;杜昕;杨建军 [阜康绿洲-荒漠交错带荒漠植被群落稳定性](#)[期刊论文]-[干旱区地理](#) 2007(05)
13. 白永飞;陈佐忠 [锡林河流域羊草草原植物种群和功能群的长期变异性及其对群落稳定性的影响](#)[期刊论文]-[植物生态学报](#) 2000(06)
14. 王发刚;王文颖;陈志 [土地利用变化对高寒草甸植物群落结构及物种多样性的影响](#)[期刊论文]-[兰州大学学报\(自然科学版\)](#) 2007(03)
15. MacArthur R H [Fluctuations of animal populations and a measure of community stability](#) 1975
16. 刘增文;李雅素 [生态系统稳定性研究的历史与现状](#) 1997(02)
17. 牛书丽;蒋高明 [人工草地在退化草地恢复中的作用及其研究现状](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2004(09)

引证文献(3条)

1. 刘玉, 马玉寿, 李世雄, 郑伟, 杨时海 [青海湖北岸不同类型退耕还草地群落物种多样性和生物量特征研究](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2014(1)
2. 杨子松, 杨灿, 黎云祥 [岷江上游干旱河谷荒坡植物群落的稳定性分析](#)[期刊论文]-[生态与农村环境学报](#) 2013(1)
3. 马洪婧, 李瑞霞, 袁发银, 史珑燕, 关庆伟 [不同演替阶段栎树混交林群落稳定性](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2013(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201101002.aspx