

# 半干旱黄土丘陵区不同整地方式下 退化草地植物群落恢复特征

王月玲<sup>1</sup>, 王思成<sup>2</sup>, 蔡进军<sup>1</sup>, 董立国<sup>1</sup>, 许浩<sup>1</sup> 李生宝<sup>1</sup>

(1. 宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏农业综合开发办公室, 宁夏 银川 750011)

**摘要:** [目的] 对比分析 2 种造林整地措施处理后的草地植物群落特征, 为宁南半干旱黄土丘陵区植被恢复和建设提供理论依据。[方法] 以固定样地与群落样方调查数据为基础, 对比了“88542”水平沟、鱼鳞坑 2 种不同整地方式下群落动态特征。[结果] (1) 在一定的的时间尺度上, 生境的异质性对鱼鳞坑整地植物群落的结构影响较大, 整地方式对植物群落结构特征的影响不明显。(2) 生境条件的不同影响了群落的多样性。鱼鳞坑整地的植物群落由于生境的异质性较大, 促成了较高的多样性。植物群落物种多样性由高到低的顺序为: 鱼鳞坑整地 > “88542”水平沟整地 > 天然封育草地。(3) 植物群落多样性总体表现出随着年限的延伸, 整个示范区的植物群落物种的多样性开始下降。[结论] 不同人为干扰方式和不同生境对植物群落多样性有明显影响。

**关键词:** 半干旱黄土丘陵区; 整地方式; 退化草地; 植物群落恢复

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2016)05-0080-05

**中图分类号:** S812, Q948.1

**文献参数:** 王月玲, 王思成, 蔡进军, 等. 半干旱黄土丘陵区不同整地方式下退化草地植物群落恢复特征 [J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 080-084. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.05.021

## Vegetation Restoration with Different Land Preparation Methods in Degraded Grassland in Semi-arid Loess Hilly Region

WANG Yueling<sup>1</sup>, WANG Sicheng<sup>2</sup>, CAI Jinjun<sup>1</sup>, DONG Liguang<sup>1</sup>, XU Hao<sup>1</sup>, LI Shengbao<sup>1</sup>

(1. Institute of Desert Administration, Ningxia Academy of Agricultural and

Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia Hui Autonomous Region 750002, China; 2. Agricultural

Comprehensive Development Office of Ningxia State, Yinchuan, Ningxia Hui Autonomous Region 750011, China)

**Abstract:** [Objective] The effect of two site preparation methods was analyzed on plant community characteristics of grassland in order to provide scientific basis for vegetation restoration and construction in the semiarid loess hilly region of Southern Ningxia region. [Methods] By investigating the fixed sample plots and communities data, we compared the community dynamic characteristics effected by site preparation methods of “88542” level trench and fish-scale pits. [Results] (1) In temporal scale, the heterogeneity of habitat greatly affected the plant community structures in fish-scale pit site preparing mode. Site preparing mode had a little effect on the characteristics of plant community structure. (2) The difference of habitat environmental affect species diversity. Fish-scale pit site preparing mode led to higher heterogeneity of habitat environment, thus improving diversity. The order of species diversity among three sampling plots was fish-scale pit site preparing > “88542” level furrow site preparing > natural closed steppe. (3) The community diversity of the demonstration area was declining with time. [Conclusion] Different artificial disturbance and different habitat environment had important effect on plant diversity.

**Keywords:** semi-arid loess hilly region; land preparation methods; degraded grassland; restoration of plant community

收稿日期: 2015-07-12

修回日期: 2016-11-10

资助项目: 国家科技支撑计划课题“宁南山区脆弱生态系统恢复及可持续经营技术集成与示范”(2015BAC01B01); 宁夏“十三五”重大攻关项目“宁夏多功能林业分区研究及示范”; 宁夏区自然资助项目(NZ14194); 宁夏农林科学院科技创新先导资金项目(NKYJ-14-23); 宁夏农林科学院自主研发项目(NKYJ-15-19)

第一作者: 王月玲(1980—), 女(汉族), 宁夏回族自治区固原市人, 本科, 副研究员, 主要从事黄土高原水土保持与生态环境建设方面的研究。E-mail: wylxnxky@163.com。

通讯作者: 李生宝(1958—), 男(汉族), 宁夏回族自治区石嘴山市人, 本科, 研究员, 主要从事水土保持与荒漠化防治研究。E-mail: nxnlkxy-lshb\_hi@163.com

生物多样性的研究是全球关注的重点之一,它与全球变化、可持续发展并成为世界各国所面临的主要问题。生物多样性是所有生命系统的固有特征,是人类赖以生存的基础。但是随着人类活动范围的扩大,资源利用强度的加深,全球各类生态系统受到各种干扰破坏,发生了不同程度的受损和退化,造成了生物多样性的锐减,生态功能衰退,已严重威胁到人类的可持续发展<sup>[1]</sup>。Millar 和 Ford 将生物多样性划分为 4 个层次:遗传多样性、物种多样性、生境多样性和景观多样性,但是由于生态系统、生境和基因的多样性和复杂性,有关生物多样性的研究多局限于物种多样性<sup>[2]</sup>。物种多样性的增加既是植被恢复的目标,也是判断植被恢复成功与否的重要标准<sup>[3]</sup>。

近几十年来,由于人类活动的影响,植被大规模地消失,导致了一系列的环境失调问题。全球生物多样性在不断丧失,生态系统在逐渐退化,局部退化已相当严重,人类生存和发展的自然基础受到了极大威胁<sup>[4-5]</sup>。人类活动对环境的影响以及退化生态系统的恢复和重建已成为现代生态学研究最引人注目的趋势之一<sup>[6]</sup>。尤其在中国半干旱黄土丘陵区,由于各种因素的影响,造成植被稀疏,水土流失严重,生态环境逐步恶化,并且不断向东推进。这些现状不仅影响着生态与经济的可持续发展,而且对黄河流域乃至全国的生态安全构成严重威胁。

以往黄土高原生态建设工作成效巨大,但仍达不到治理的要求。国家及时启动的退耕还林还草工程正在全面展开,但其中存在的问题也不少,其中在半干旱黄土丘陵区,实施退耕还林还草工程,重点是对植被进行恢复,并逐步实现对退化生态系统的恢复。应尽快恢复植被干旱半干旱区生态系统,防治水土流失,实现可持续发展,建立人与自然和谐相处的生态文明的小康生活<sup>[7]</sup>。

针对宁夏半干旱黄土丘陵区日益退化的生态环境,人们经过多年的实践和探索,采取了一系列工程与生物措施对当地的植被进行恢复和重建。其中“88542”水平沟整地与鱼鳞坑整地造林<sup>[8]</sup>措施达到了截流蓄水、提墒保墒、活土还原的目的,对天然降水起到了很好的汇集作用,是 2 种有效的水土保持治坡工程措施,同时提高了苗木的成活率,减少了降水对地表的冲刷及对沟道的进一步侵蚀。由于造林整地措施对微生物下的水土保持积极作用,类似于放牧作为一种干扰手段,也可能会影响林下草地植物群落的群落特征。环境因子与植物多样性之间的关系是生物多样性研究领域的重要内容之一。国内外一些学者对草地生态系统的研究表明,草地物种多样性随降水量的增加而增加,与温度也表现出一定的相关性。因

此,本文拟通过对 2 种整地造林措施处理后的草地植物群落特征的研究,探讨这 2 种整地造林方式对草地植物群落的影响,以期为宁南半干旱黄土丘陵区植被恢复和建设提供理论依据。

## 1 研究区概况

示范区位于彭阳县东北 13 km 处的白阳镇中庄村,地貌类型属于黄土高原腹部梁峁丘陵地,地形破碎,地面倾斜度大,平均海拔在 1 600~1 700 m。该村年平均气温 7.6 °C,≥10 °C 的积温为 2 200~2 750 °C,境内年蒸发量较大,干燥度(≥0 °C 的蒸发量)为 1.21~1.99,无霜期 140~160 d。降雨是雨水资源量的决定因素,项目区多年平均年降水量 420~500 mm,降水量集中且年内分配不均,主要集中在 7, 8, 9 这 3 个月,而且降水的年际变差系数较大,雨量集中月份常以暴雨形式出现,易发局地暴雨洪水。土壤以普通黑垆土为典型土壤,土层深厚,土质疏松。植被类型以草原植被为基础,生长有长茅草、角蒿、铁杆蒿、星毛萎等;其次还有中生和旱中生的落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、草甸。人工植被以山桃、沙棘、山杏、山杨等为主,林草覆盖率在 50% 以上。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与群落调查

在 2004, 2008, 2009 年,针对研究区常用的不同整地方式,选取典型群落地段作为样地,采用样线法进行群落结构特征调查。样线长度 100 m,每种整地方式至少设置样线 3 条,每条样线设置 1 m×1 m 样方 10 个,分别测定植物群落密度、高度、盖度、频度。盖度采用针刺法测定;频度采用样圆法测定;密度采用统计单位面积株数法测定;高度则随机选取 10 株用卷尺测定自然高度,取平均值。共设置 3 个样地,分别设在 2000 年开始封育的长坡“88542”水平沟整地(样地 1)、侵蚀沟鱼鳞坑整地(样地 2)和草庙天然封育(样地 3)。然后分种齐地面刈割样方内植物地上部分,并收集样方内的立枯物与凋落物,测定群落地上生物量,用电子天平称取鲜重和烘干重(样品在恒温箱中 65 °C 烘至恒重)<sup>[9-10]</sup>。

### 2.2 数据处理

(1) 重要值计算。

$$\text{重要值}(IV) = (\text{相对盖度} + \text{相对高度} + \text{相对密度} + \text{相对频度}) / 4 \quad (1)$$

(2) 多样性指数计算。

①多样性指数:

Shannon-Wiener 指数

$$D_1 = 3.3219(\lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^s n_i \lg n_i) \quad (2)$$

$$\text{Simpson 指数: } D_2 = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (3)$$

② 丰富度指数计算:

$$\text{Margalef 指数: } R_1 = (S - 1) / \ln N \quad (4)$$

$$\text{Menhinick 指数: } R_2 = S / \sqrt{N} \quad (5)$$

$$\text{③ 生态优势度指数: } C = \sum_{i=1}^s (n_i / N)^2 \quad (6)$$

④ 均匀度指数:

$$\text{Pielou 指数: } E_1 = (-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) / \ln S \quad (P_i = n_i / N) \quad (7)$$

$$\text{Sheldon 指数: } E_2 = \exp(-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) / S \quad (8)$$

Alutalo 指数:  $E_3 =$

$$\frac{[(\sum_{i=1}^s P_i^2)^{-1} - 1]}{[\exp(-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) - 1]} \quad (9)$$

式中:  $P_i$ ——第  $i$  个物种的相对重要性,  $i = 1, 2, 3 \dots s$ ;  $S$ ——样地植物种数;  $n_i$ ——每一种的重要值;  $N$ ——全部种重要值<sup>[11]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 降雨及其时空分布

降水作为半干旱黄土丘陵区土壤水分的唯一来源,是土壤水分变化的决定性因素。降水资源的利用是半干旱黄土丘陵区解决或缓解干旱状况的最重要途径。通过全面搜集、整理项目研究区 9 a 内的所有气象资料,包括降雨量、气温、日照等,分析项目区年降水的时空分布。

从图 1 降雨量的年际变化中可以看出,从 2001—2009 年,只有 2002(474.2 mm),2003(544.8 mm),2005(476.9 mm)降雨量高于多年平均降雨量(442.7 mm),其他各年都低于多年平均值,分别为 2001(420.5 mm),2004(337.6 mm),2006(342.4 mm),2007(314.5 mm),2008(390.5 mm),2009 年(304.1 mm),9 a 的年降雨量变异系数  $C_v$  为 0.17。

可以看出,降水年际分布极为不均,而且近年来降雨量有减少的趋势,气候趋向于干旱。

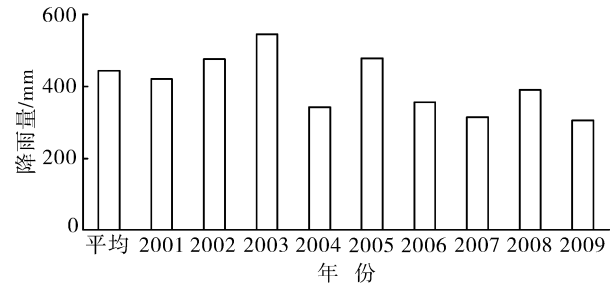


图 1 2001—2009 年示范区降雨量的年际变化

#### 3.2 人工干预和自然恢复下植物种类的变化

在植物生长旺季,通过对半干旱黄土丘陵区草地植物群落植物种类组成调查发现,不同生境对植物种类组成有明显影响(表 1)。从表 1 可以看出,2004,2008 和 2009 年都表现出侵蚀沟鱼鳞坑群落种类组成最为丰富,2004 年杂草类占总种数的 32.43%,菊科与 1 年生草本次之,各占 18.92%,13.51%;2008 年杂草类占总种数的 31.25%,菊科、禾本科次之,各占 28.13%,15.63%,并伴生有少量的灌丛。2009 年杂草类占总种数的 31.43%,禾本科、菊科次之,各占 28.57%,17.14%;这一变化主要是由于鱼鳞坑是在侵蚀沟道的地貌上进行,草地退化严重,从而表现为杂草类和菊科较多。另外从表 1 中也可以发现,2004 年水平沟整地群落的种类组成明显低于天然封育草地,这主要是由于水平沟整地后人为干扰对土壤结构产生破坏导致的,2008,2009 年水平沟整地群落的种类组成和天然封育草地的种类组成基本相近,变化不是很显著,说明在一定时间尺度上整地方式对植物群落结构特征的影响不明显,其差异主要是由于生境的异质性造成的。

表 1 草地植物群落种类组成

种类组成	鱼鳞坑整地			水平沟整地			天然封育草地		
	2004 年	2008 年	2009 年	2004 年	2008 年	2009 年	2004 年	2008 年	2009 年
灌木	22	2	0	0	0	0	0	0	0
半灌木	3	2	2	3	1	2	3	1	2
禾本科草类	4	5	6	4	4	5	5	4	5
多年生 豆科草类	4	3	3	2	2	3	3	2	3
草本 菊科草类	7	8	10	3	2	8	2	3	5
杂草类	12	10	11	4	7	8	7	6	8
1 年生草本	5	2	1	3	2	2	3	3	1
总种数	37	32	35	19	18	28	23	19	24

#### 3.3 主要植物种类及重要值变化

由表 2 可以看出,不同年限各样地植物群落重要

值变化不同。2004 年鱼鳞坑整地下长芒草的重要值最高达到 12.48,西山委陵菜的重要值最小为 1.01;

水平沟整地下达乌里胡枝子的重要值最大达到 13.37,西山萎陵菜的重要值次之为 10.98;天然封育草地中,百里香的重要值最大达到 17.86,天蓝苜蓿的重要值最小,为 0.03;2008 年鱼鳞坑整地下,白羊草的重要值最大,达到 20.47,长芒草次之,为 13.77;水平沟整地下,也是白羊草的重要值最大,达到 21.35,达乌里胡枝子次之,为 12.29;天然草地封育下百里香的重要值最大,达到 21.26,达乌里胡枝子和西山萎陵菜次之,分别为 9.28,8.93,天蓝苜蓿的重要值最小为 0.28;2009 年鱼鳞坑整地下,白蒿的重

要值最大,达到 18.88,赖草次之,为 11.89;水平沟整地下赖草的重要值最大,达 16.56,长芒草次之,分别为 14.39;天然草地封育下百里香的重要值最大,达到 14.16,西山萎陵菜和达乌里胡枝子次之,分别为 11.65,7.87。整体来看,不同年限水平沟与鱼鳞坑整地群落的优势种种类基本相同,这都与天然封育草地不同。另外,随着时间的变化,各物种重要值有的在上升,有的在下降,主要是受到各年份不同降雨量(2008 年>2004 年>2009 年)和群落内部种间竞争的双重影响,从而使各植物群落表现出不同的变化趋势。

表 2 不同年份主要植物种类及重要值变化

物种名称	鱼鳞坑整地			水平沟整地			天然封育草地		
	2004 年	2008 年	2009 年	2004 年	2008 年	2009 年	2004 年	2008 年	2009 年
达乌里胡枝子( <i>Lespedeza davurica</i> )	6.59	7.18	0.49	13.37	12.29	8.97	11.01	9.28	7.87
西山萎陵菜( <i>Potentilla sischanensis</i> )	1.01	1.23	—	10.98	2.24	2.91	6.28	8.93	11.65
赖草( <i>Leymus secalinus</i> )	9.56	7.37	11.89	11.59	7.32	16.56	5.38	8.74	6.73
白蒿( <i>Artemisiae Stellerianae</i> )	8.41	14.91	18.88	1.66	11.39	3.95	2.84	6.22	2.41
长芒草( <i>Stipa bungeana</i> )	12.48	13.77	3.31	6.21	11.55	14.39	8.40	5.67	7.33
百里香( <i>Thymus mongolicus</i> )	1.16	2.02	—	10.05	0.13	3.40	17.86	21.26	14.16
阿尔泰狗娃花( <i>Aster altaicus</i> )	2.97	1.28	2.56	3.39	1.20	1.91	7.72	4.46	3.45
天蓝苜蓿( <i>Medicago lupulina</i> )	4.73	0.48	2.22	2.92	0.65	3.43	0.03	0.28	3.20
二裂萎陵菜( <i>Potentilla bifurca</i> )	5.78	10.28	6.04	4.69	6.76	11.90	3.22	3.28	5.79
糙隐子草( <i>Cleistogenes squarrosa</i> )	1.12	12.07	0.13	4.61	1.02	2.22	4.25	2.33	3.71

### 3.4 群落多样性的变化

在任何生态类型中,植物种的丰富度是决定物种多样性的主要因子,分析植物群落物种丰富度是物种多样性研究的基础。环境扰动的存在,通过对不同物种种群的影响,进而改变了群落生境,而生境的差异又可以作用到物种间的竞争和共存模式<sup>[12]</sup>,进而导致了植物群落物种多样性的显著差异<sup>[13]</sup>。由表 3 可以看出,2004,2008,2009 年植物群落的丰富度相比,从 3 个指数上都反映出 2008 年相比 2004 年不同生境的样地植物群落丰富度均呈现出不同程度的下降趋势,而且鱼鳞坑整地后群落的丰富度指数均高于天然封育和水平沟整地后物种的丰富度,这主要是与其生境的异质性有关。2009 年相比 2004 年只有鱼鳞坑明显下降,“88542”水平沟和天然封育略有上升。总体反映出随着年限的延伸,整个示范区的植物群落物种的多样性开始下降,另外不同的整地方式,不同的生境条件,植物群落演替程度不同。在鱼鳞坑整地植物群落中,以白羊草、长芒草为优势种,但二者并未占绝对优势,其中还伴生有多种杂类草。天然封育植物群落中,以百里香为建群种,这是草地植物群落退化的一种表现,由于植物群落的恢复较为缓慢,故其物种丰富度相对较低。整体看水平沟整地群落的物

种丰富度处于中间水平,这是由于其生境条件较为均一。

物种多样性指数是群落物种丰富度和均匀度的综合反映,评价系统结构、功能复杂性及其生态异质性的一个重要参数。由表 3 可以看出,2004,2008,2009 年植物群落的均匀度相比,鱼鳞坑整地植物群落从 3 个指数计算上都表现出 2008 年相比 2004 年均匀度均呈现出下降趋势,2009 年相比 2004 年均匀度呈现上升趋势;“88542”水平沟整地 2008 和 2009 年相比 2004 年均匀度均呈现出下降趋势;天然封育 2008 和 2009 年相比 2004 年均匀度均呈现出上升趋势,这还有待于进一步地测定和分析。另外,还可以看出,天然封育与鱼鳞坑相比,天然封育样地的植物群落均匀度要高于鱼鳞坑整地的样地,主要是由于不同生境对植物群落个体的影响造成的。2004,2008,2009 年群落物种多样性的年际变化相比,两种指数计算出的群落的多样性 2008 年相比 2004 年均明显下降,尤其是“88542”水平沟整地,通过 Simpson 指数计算,下降幅度最大,下降了 3.89%,其次是鱼鳞坑下降了 2.37%,天然封育下降了 1.51%;2009 年相比 2004 年只有鱼鳞坑明显下降,88542 水平沟和天然封育略有上升。

表 3 不同年份植物群落多样性的变化

多样性指数		鱼鳞坑整地			水平沟整地			天然封育		
		2004 年	2008 年	2009 年	2004 年	2008 年	2009 年	2004 年	2008 年	2009 年
物种个数/种		37	32	35	19	18	28	23	19	24
均匀度指数	Pielou 指数	0.787	0.757	0.847	0.890	0.812	0.838	0.871	0.880	0.892
	Sheldon 指数	0.464	0.431	0.615	0.723	0.580	0.582	0.667	0.702	0.708
	Alatalo 指数	0.694	0.676	0.720	0.854	0.775	0.704	0.787	0.772	0.798
生态优势度指数		0.082	0.104	0.092	0.084	0.120	0.085	0.081	0.095	0.073
多样性指数	Shannon-Wiener 指数	4.101	3.780	3.883	3.780	3.384	4.027	3.939	3.738	4.086
	Simpson 指数	0.927	0.905	0.918	0.925	0.889	0.924	0.928	0.914	0.937
丰富度指数	Margalef 指数	7.817	6.732	7.383	3.909	3.692	5.863	4.777	3.909	4.994
	Menhinick 指数	3.700	3.200	3.500	1.900	1.800	2.800	2.300	1.900	2.400

综上所述,最终可看出水平沟整地方式下群落的多样性程度在 3 者中处于中间水平,而鱼鳞坑整地群落各年多样性指数在 Shannon-Wiener 指数中都比较 高,Simpson 指数中的值也不低,其植物群落的多样性程度在三者中最高,而天然封育群落的多样性指数整体最低,多样性程度也最低,相对于围栏封育,不同造林整地模式作为对植物群落的不同干扰手段导致了其群落物种多样性的显著差异<sup>[14]</sup>。

## 4 结论

植被的恢复与重建是遏制黄土高原地区土壤退化以及加速该地区退化生态系统恢复的关键,通过对半干旱黄土丘陵区不同整地方式下退化草地植物群落恢复过程中的动态特征进行对比分析,得出不同生境对植物群落多样性有明显影响,这一结论与徐坤<sup>[15]</sup>的结论基本是吻合的。

(1) 研究区降水年际分布极为不均,而且近年来降雨量有减少的趋势,气候趋向于干旱。

(2) 鱼鳞坑群落种类组成最为丰富,水平沟整地植物群落的结构发生变化不大,鱼鳞坑与水平沟的整地造林方式对草地植物群落特征的影响不明显,自然生态因子对草地植物群落特征的影响比人为整地方式影响更强。

(3) 鱼鳞坑整地下植物群落中基本上都是长芒草的重要值较高,水平沟整地下达乌里胡枝子的重要值最大,天然封育草地中百里香的重要值最大,这主要是由于植物群落周围生境的不同,从而影响到植物群落的结构。

(4) 随着年限的延伸,整个示范区的植物群落物种的多样性开始下降,另外不同的整地方式下,植物群落演替程度不同。整体看水平沟整地群落的物种丰富度处于中间水平,这是由于其生境条件较为均一。

## [参 考 文 献]

- [1] 左小安,赵学勇,赵哈林,等. 称尔沁沙地草地退化过程中的物种组成及功能多样性变化特征[J]. 水土保持学报,2006,20(1):181-185.
- [2] 常学向,赵文智,赵爱芬. 祁连山区不同海拔草地群落的物种多样性[J]. 应用生态学报,2004,15(9):1599-1603.
- [3] 吴彦,刘庆,何海,等. 亚高山针叶林人工恢复过程中物种多样性变化[J]. 应用生态学报,2004,15(8):1301-1306.
- [4] 陈灵芝. 中国的生物多样性:现状及其保护对策[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [5] 包维楷,陈庆恒,刘照光. 岷江上游山地生态系统的退化及其恢复与重建对策[J]. 长江流域资源与环境,1995,4(3):277-282.
- [6] 章家恩,徐琪. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨[J]. 应用生态学报,1999,10(1):109-113.
- [7] 张继光. 干旱半干旱区植被恢复技术途径探讨[J]. 甘肃科技,2006,22(9):213-214.
- [8] 王月玲,蔡进军,张源润,等. 半干旱退化山区不同生态恢复与重建措施下土壤理化性质的特征分析[J]. 水土保持研究,2007,14(1):11-14.
- [9] 王顺忠,陈桂琛,周国英,等. 青海湖鸟岛地区草地植物群落特征的研究[J]. 生态学杂志,2004,23(3):16-19.
- [10] 孙菁,彭敏,陈桂琛,等. 青海湖区针茅草原植物群落特征及群落多样性研究[J]. 西北植物学报,2003,23(11):1963-1968.
- [11] 刘灿然,马克平,吕延华,等. 生物群落多样性的测度方法 VI:与多样性测度有关的统计问题[J]. 生物多样性,1998,6(3):229-239.
- [12] 王长庭,龙瑞军,丁路明,等. 草地生态系统中物种多样性、群落稳定性和生态系统功能的关系[J]. 草业科学,2005,22(6):1-7.
- [13] 赵存玉,王涛,董治宝,等. 科尔沁沙地草场物种多样性特征及其与生境的关系[J]. 草业科学,2007,24(10):11-18.
- [14] 单贵莲,徐柱,宁发,等. 围封年限对典型草原群落结构及物种多样性的影响[J]. 草业学报,2008,17(6):1-8.
- [15] 徐坤. 宁夏南部黄土丘陵区不同整地方式下草地群落特征比较研究[D]. 银川:宁夏大学,2005.