

黄土丘陵区生态退耕对草本层植物多样性的影响

谷长磊¹, 刘琳¹, 邱扬¹, 王军², 栗妍¹, 魏玮¹

(1. 北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 国土资源部土地整理中心, 北京 100812)

摘 要:为研究何种生态退耕对黄土丘陵地区植被恢复较好,以典型黄土丘陵沟壑区大南沟小流域为研究区,采用传统植物群落调查法从退耕方式和退耕年限两个方面探讨生态退耕对草本层植物多样性的影响。结果表明:(1)在生态退耕 30 a 内,随着退耕年限的增加,草本层植物丰富度指数、两多样性指数(Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数)和均匀度指数都呈现增加的趋势。但前期增加不显著,后期增加显著。(2)不同生态退耕方式对草本层植物多样性的影响差异显著。三种多样性指数均表现为退耕还草>退耕还林>退耕还灌,且丰富度指数退耕还草(23.875)较退耕还林(14.606)和还灌(14.556)显著增加;Simpson 多样性指数和 Shannon-Wiener 多样性指数退耕还草(0.945, 3.048)和退耕还林(0.931, 2.992)较还灌(0.912, 2.563)显著增加。退耕还草优于退耕还灌和退耕还林,对草本层植物群落多样性影响最小,是最佳生态退耕方式。

关键词:黄土丘陵沟壑区;生态退耕;草本层;物种多样性

中图分类号:X176

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)05-0099-05

Effects of Ecological Restoration on Species Diversity of Herb Layer in the Hilly-gullied Area of Loess Plateau

GU Chang-lei¹, LIU Lin¹, QIU Yang¹, WANG Jun², LI Yan¹, WEI Wei¹

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Land and Resources, Beijing 100812, China)

Abstract: In order to study which measure of ecological restoration is better for vegetation restoration in the hilly and gully area of Loess Plateau, the Danangou Catchment was selected as study area. Based on traditional vegetation investigation, the effects of ecological restoration on species diversity of herb plant community were discussed on aspect of measures and time of land use conversion. The results showed that: (1) within 30 years after the farmland abandonment, the richness index, the Simpson index, the Shannon-Wiener index and the evenness index increased over the time. Furthermore, the indices increased slowly in early period but increased at a high rate in later period; (2) the measures of ecological restoration had significant influence on the diversity of species in herb community, on the aspect of richness index, the value in abandoned farmland (converted from traditional farmland 23.875) is significantly higher than that in forestland (14.606) and shrubland (14.556). The Simpson index and the Shannon-Wiener index in abandoned farmland (0.945, 3.048) and forestland (0.931, 2.992) were significantly higher than that in shrubland (0.912, 2.563). Compared with shrubland and forestland (all converted from traditional farmland), abandoned farmland has more positive effects on the species diversity of herb community.

Key words: hilly-gullied area of Loess Plateau; ecological restoration; herb layer; species diversity

生态退耕(Ecological cropland-conversion)是以生态恢复为目标,把人为干扰强烈的农地转化为林、灌、草地的过程。生态退耕不仅影响着土地利用与植

被空间格局,还影响植被演替、群落多样性、土壤质量和水土流失等生态功能并已取得显著的成果。物种多样性作为生态退耕过程中最重要的特征之一,许

收稿日期:2013-01-25

修回日期:2013-03-05

资助项目:国家自然科学基金资助项目(30970503,41171152)

作者简介:谷长磊(1987—),男,河南周口人,在读硕士研究生,主要从事植物地理与景观生态方面的研究。E-mail:luwulei321@163.com

通信作者:邱扬(1969—),男,四川仁寿人,博士,副教授,主要从事景观生态与土地质量、干扰生态与植物生态、土地侵蚀与水土保持研究。

E-mail:qiuyang69@263.net

多学者从海拔^[1-2]、坡度^[3]、生物栖息地^[4]、群落密度^[5]、土壤性质^[6]、退耕时间^[7]、土地利用方式^[8]、人为干扰^[9]等角度进行了大量研究。退耕还林、退耕还灌和退耕还草是研究区内三种生态退耕方式。目前,对于黄土丘陵沟壑区植物多样性的研究主要集中在群落整体上,而对于分层的研究较少。岳明等^[10]在研究陕北黄土高原森林群落多样性得出草本层的物种丰富度、多样性程度大于灌木,灌木层大于乔木层。黄土丘陵沟壑区人工种植群落自我更新困难、群落组成单一、结构不合理,造林成活率低、保存率低、林木生长率低^[11],在退耕还林和退耕还灌形成的典型群落中,乔灌层极少出现人工种植以外的乔木和灌木种,因此,乔灌层的各项多样性指数近似为 0,群落多样性主要是由草本层决定,草本层对植物群落物种多样性的贡献最大^[12],研究整体群落的整体多样性在本区意义不大,故本文从退耕方式和退耕年限两个方面研究生态退耕对草本层植物群落多样性的影响,为黄土丘陵沟壑区的草本层植物多样性的保护以及草本植被恢复提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于陕西省安塞县大南沟流域

(109°16′—109°18′E,36°54′—36°56′N),面积约 3.5 km²。多年平均气温 9℃,多年平均降水量 549 mm,其中 60%的降水集中在 7—9 月份,多年平均气温 9℃。该区为典型的黄土丘陵沟壑地貌,地形破碎,沟壑纵横。土壤类型主要是黄土母质发育的黄绵土,粉粒占 64%~73%,黏粒占 17%~20%,土质疏松,抗蚀抗冲性差,水土流失严重。研究区位于暖温带森林草原区,天然植被已遭破坏,人工植被以刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨(*Populus simonii*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)为主;以铁杆蒿(*Artemisia sacrorum Ledeb*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、硬质早熟禾(*Poa sphondylodes Trin*)、白羊草(*Botriochloa ischaemum*)等优势种组成的不同演替阶段的草本植物群落。

2 研究方法

2.1 样地布设

在不同坡度和相似海拔、坡向、坡位的区域,选取 86 个退耕幼林地作为不同坡度下退耕年限方面的研究;另外选取退耕年限差异不大、地形因子相似的不同退耕方式作为退耕方式方面的研究。各生态退耕类型样点基本情况如表 1 所示。

表 1 调查样地概况

样地类型	样地数	海拔/m	坡度/(°)	退耕年限/a	草本优势种
退耕幼林*	86	1170~1340	1~41	7~36	铁杆蒿、达乌里胡枝子、长芒草、白羊草等
退耕还草	8	1262~1338	20~25	21~25	铁杆蒿、白羊草、硬质早熟禾等
退耕还灌	9	1298~1309	>25	21~25	赖草、臭草等
退耕还林	11	1187~1251	>25	21~25	白羊草、达乌里胡枝子、赖草、铁杆蒿等

备注: * 退耕幼林地样地较多,退耕年限连续性好,用来做退耕年限分析;各个植物拉丁名:铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、硬质早熟禾(*Poa sphondylodes Trin*)、白羊草(*Botriochloa ischaemum*)、赖草(*Leymus secalinus Tzvelev*)、臭草(*Melica scabrosa Trin*)

2.2 数据采集和处理方法

2.2.1 数据采集 退耕还草地和退耕还灌地采用 2 m×2 m 的样方,退耕还林地采用 10 m×10 m 的样地,在四角和中央各取 1 个 2 m×2 m 的样方。2012 年 7—8 月调查植物群落总盖度和分层盖度,每个物种的盖度、多度(极少—1,少—2,中—3,多—4,极多—5)、分布状况(不均—1,均—2)、物候(芽—1,叶—2,花芽—2.5,花—3,果—4,果后—5)及其生活力(差—1,中—2,好—3),用刻度尺测量各物种的自然高度。

2.2.2 处理方法 草本层群落物种多样性统一用物种重要值(P_i)计算。各个物种的重要值公式:

相对重要值 $P=(\text{相对盖度}+\text{相对高度}+\text{相对多度}+\text{相对生长})/4$ (1)

此公式代表每种植物在每个样方的相对重要值。

林地有 5 个 2 m×2 m 样方,5 个样方的平均重要值为物种在林地中的相对重要值,与非林地相对重要值一致。

各个种在群落整体上的相对重要值是指此种的相对重要值在群落所有物种相对重要值总和的比例。

$$P_i = P_i / (P_1 + P_2 + \cdots + P_i + \cdots + P_n)$$
 (2)
式中: n ——样方群落中物种总数。物种多样性指数和群落的均匀度是反映群落组成特征的定量指标,本文采用反映物种丰富度的 Partrick 指数 S 、Simpson 多样性指数 D 、Shannon-Wiener 多样性指数 H 以及 Pielou 均匀度指数 E ,对研究区植物群落物种多样性进行测度。

物种丰富度 Partrick 指数: $S=n$ (3)

式中: n ——样地群落中物种总数。

Simpson 指数: $D=1-\sum_{i=1}^S P_i^2$ (4)

Shannon-Wiener 指数: $H = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ (5)

Pielou 均匀度指数: $E = (-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i) / \ln S$ (6)

2.2.3 分析方法 应用 SPSS 19.0 对草本层植物群落多样性指数和均匀度指数数据进行统计分析,采用 LSD 方法对不同生态退耕方式的植物群落多样性指数和均匀度指数进行多重比较。

3 结果与分析

3.1 退耕年限对草本层植物多样性的影响

在 86 个退耕幼林地中,坡度有着较大的差异,所以将坡度分为 3 级:坡度小于 10°为缓坡,10°~25°为中坡,大于 25°为陡坡^[3]。将不同坡度下草本层植物多样性指数的平均值在退耕年限上的变化绘制成图 1。

由图 1 可知,草本植物的丰富度指数和两多样性指数在不同坡度下,退耕年限对其影响的变化规律是相似的,三个指数之间存在显著的正相关关系,均匀度指数是由丰富度指数和 Shannon-Wiener 指数共同影响的。在生态退耕初期(15 a 以前)丰富度指数、两多样性指数和均匀度指数都变化不大,这是因为先锋群落适应当地环境,各个物种的优势度不明显,竞争剧烈^[13]。在生态退耕 15~30 a 内丰富度指数和两

多样性指数在不同坡度下都呈现相同增加趋势,均匀度指数除陡坡提前达到稳定外,其他都保持较高的增长速度。

丰富度指数和两多样性指数在坡度上存在差异,但总体增加趋势相似,增加速率不同。在相同退耕年限丰富度指数和两多样性指数坡度上表现为:中坡>缓坡>陡坡。其中中坡增幅较大,缓坡和陡坡增幅相似,丰富度指数中坡增幅达到 1.14 倍左右,缓坡增幅 0.46 倍左右以及陡坡增幅 0.43 倍左右;Simpson 多样性指数增幅 0.06 倍左右,缓坡增幅 0.03 倍左右以及陡坡增幅 0.02 倍左右;Shannon-Wiener 多样性指数中坡增幅 0.33 倍左右,缓坡增幅 0.15 倍左右以及陡坡增幅 0.14 倍左右。这一结果与贾松伟^[14]研究土壤碳流失与坡度的关系相似,但其研究不包含坡度小于 10°。主要是因为缓坡由于受到放牧、割草等人为干扰和光照的影响,草本植物的丰富度和多样性降低;中坡植被盖度在 30°以上,坡度中等之间土壤侵蚀属于中度侵蚀,土壤养分流失不严重,水分保持较好^[15],而且光照充足,适合草本植物的生长和扩散,草本植物丰富度指数和两多样性指数较高;陡坡水土流失较为严重,不利于草本植物生长,丰富度指数和多样性指数都较小。

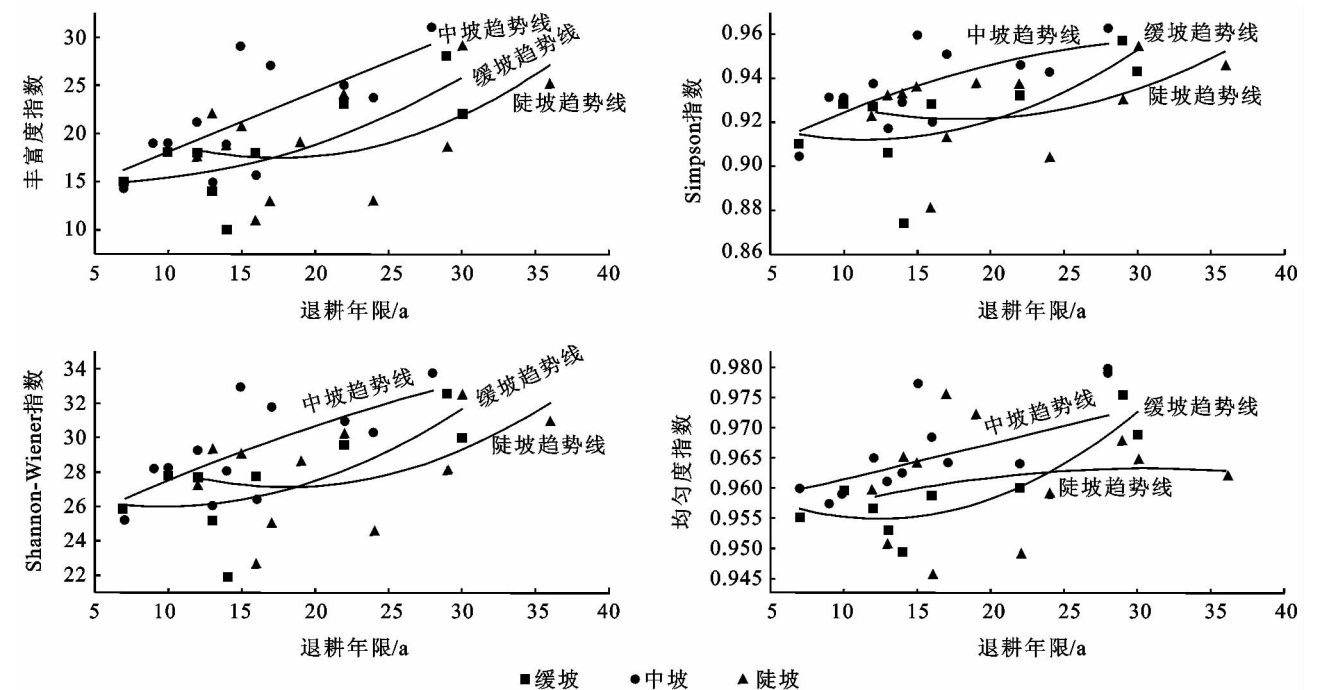


图 1 不同坡度、不同退耕年限的草本植物多样性

均匀度指数在坡度上也存在差异。在相同退耕年限上均匀度指数表现为:中坡>缓坡>陡坡。虽然大小顺序和丰富度指数、两多样性指数一致,但各坡度之间增幅差异较大,中坡增幅较大,0.02 倍左右,缓坡增幅不大,0.01 倍左右,但陡坡均匀度几乎没有

发生变化。缓坡可能受光照和种间竞争的影响,陡坡可能受土壤因子的影响,中坡则表现较为均匀。

丰富度指数和两多样性指数在相同坡度下,随着退耕年限的增加,丰富度指数和两多样性指数都呈现增加的趋势。缓坡草本植物丰富度指数和两多样性

指数显著增加,但前期(15 a 以前)增速较小,这是因为前期先锋植物需要一个适应过程,在 15 a 后增速增大;中坡草本植物丰富度和两多样性指数最高且呈稳定增加趋势,适宜草本植物的生长和扩散;陡坡草本植物丰富度和两多样性指数前期增长缓慢,中期开始显著增加,这是因为陡坡前期土壤质量较差,草本植物生长困难,先锋群落出现并改善土壤质量,草本植物生长条件得到极大改善^[6]。

均匀度指数在相同坡度上的变化有所不同。均匀度指数缓坡上先缓慢增加后增加显著,中坡稳定增加,陡坡增速最小,较早达到稳定值,这是因为草本植物在陡坡处长势不如缓坡,多样性指数较差,均匀度指数达到稳定。

总之,在退耕 30 a 内无论何种坡度下,草本层植物丰富度指数和两多样性指数都呈现增加趋势,而均匀度指数随着坡度的增大而减小,在陡坡最先达到稳定。

3.2 退耕方式对草本层植物多样性的影响

由表 2 可知,不同退耕方式的草本层植物丰富度指数、两多样性指数和均匀度指数均存在一定的差异。草本层植物丰富度指数在退耕还草方式上最好,退耕还灌和退耕还林丰富度指数较小,这是因为退耕还灌和退耕还林中的灌木和刺槐由于吸水能力较强,长势良好,在当地植物群落中占有建群优势,草本层植物生长受到影响,种间竞争激烈导致物种数量减少;同时由于灌木和乔木作为上层群落,遮挡光线进入,使喜阳植物生长受到限制甚至消失。这与刘建等^[16]的研究一致。

多样性指数		退耕 还草	退耕 还灌	退耕 还林	显著性
丰富度指数	平均值	23.875a	14.556b	14.606b	0.000
	变异系数	0.124	0.179	0.179	
Simpson 指数	平均值	0.945a	0.912b	0.931a	0.002
	变异系数	0.011	0.025	0.016	
Shannon- Wiener 指数	平均值	3.048a	2.563b	2.992a	0.000
	变异系数	0.047	0.082	0.054	
均匀度指数	平均值	0.962a	0.962a	1.130b	0.000
	变异系数	0.013	0.018	0.111	

注:同一行英文小写字母不同表示 3 种退耕方式间草本植物各指数差异显著($P<0.05$)。

Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数是反映植物多样性的综合指标,呈现出相同的变化趋势,即退耕还灌与退耕还草和退耕还林差异显著,而退耕还草和退耕还林间差异不显著。乔木林地乔木群落组成单一,结构不合理,保存率低,林木生长率低,林地内

开阔,光照充分,特别是草本植物的高度和盖度并未受到较大的抑制,使草本层植物的多样性与退耕还草方式上的多样性无显著差异;但是刺槐吸水性极强,导致土壤干层^[17-18],使草本植物生长高度和生活力受到一定限制,所以比退耕还草方式弱。退耕还灌种植的物种主要是沙棘和柠条,它们适应当地的环境,有很好的截水和吸水能力,长势较好,灌木郁闭度较高,草本植物多度、盖度减小,生活力因光合作用减弱而较差,分布受灌木影响而变得不均甚至成散点分布。

均匀度指数为退耕还草=退耕还灌<退耕还林,退耕还林与退耕还灌和退耕还草存在显著差异。均匀度指数在一定程度上与物种数目无关,它是 Shannon-Wiener 指数和丰富度指数的商。虽然退耕还草和退耕还灌这两种方式的均匀度无差异,但二者的形成原因却差异很大,退耕还草有着较高的 Shannon-Wiener 指数和丰富度指数,而退耕还灌 Shannon-Wiener 指数较小,丰富度指数也较小。可见,均匀度指数是表示物种数量以及高度、多度、盖度、生活力和分布的综合指标。稀疏林地有着较高的草本植物 Shannon-Wiener 指数和较低的草本植物丰富度指数,均匀度指数显著高于其他退耕方式,物种数量、高度、多度、盖度、生活力和分布较其他退耕方式集中。

4 讨论与结论

黄土丘陵沟壑区由于其特殊的地理位置和生态环境,土壤水分具有非常重要的意义^[19],要求研究区内的植物对干燥的气候环境和贫瘠的土壤条件都要有较强的适应性,吸水性和保肥性较高的刺槐、沙棘和柠条生长较为旺盛,但其他乔木和灌木生长较差,对草本层植物影响较大。

在所选退耕幼林地的 30 a 范围内,随着退耕年限的增加,草本植物群落丰富度指数、多样性指数和均匀度指数均表现出增加的趋势,但前期增加不明显,后期增加显著。由于考虑到其他退耕方式草本植物不占据优势地位,会受到优势种的干扰,并且由于样方内资源有限,种间竞争和种内竞争也会随着退耕年限增加而加剧,尤其在灌木和乔木达到建群优势后,草本层植物多样性必然达到一个峰值,然后稳定在峰值附近^[20-21]。草本层植物多样性也受到坡度的影响,但总体增长趋势相似^[3]。在相同的退耕方式和退耕年限上,中坡最适宜草本植物的生长,陡坡的均匀度变化不大。

物种丰富度指数和两多样性指数(Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数)是测度草本层植物群落的多样性指数,都反映相同的趋势,退耕还草>退耕还

林>退耕还灌。可见,退耕还草最适宜黄土丘陵沟壑区。退耕还灌虽然适合当地的气候条件,有利于保持水土流失,但灌木的大量生长限制了草本植物的生长及生存,不利于植物多样性的保护。退耕还林多样性指数和均匀度指数较高,但本研究区种植的刺槐容易造成土壤干层,对当地的土壤水分以及草本植物生长都有一定的影响,并不是本研究区最佳的退耕方式。退耕还草既能保持水土流失,又不对当地土壤水分和群落多样性造成破坏,是最佳的退耕方式。

由于用空间代替时间的方法进行退耕时间上的研究,样地之间本身有着一定的差异,这种代替必然会出现一定的误差,而如果只用时间上的延续而不改变样地,又存在着降雨、光照等气候差异的影响。在自然状态下,较长时间相似条件下的研究方法尚需更加深入的探讨。在明确植物群落演替顺序的基础上,结合植物群落的演替过程,探讨植物群落多样性,应该比样地时空互代法有效。

参考文献:

- [1] 朱源,康慕谊,江源,等. 贺兰山木本植物群落物种多样性的海拔格局[J]. 植物生态学报, 2008, 32(3): 574-581.
- [2] Zhang J T, Dong Y. Factors affecting species diversity of plant communities and the restoration process in the loess area of China[J]. Ecological Engineering, 2010, 36(3): 345-350.
- [3] 马克明,张洁瑜,郭旭东,等. 农业景观中山体的植物多样性分布:地形和土地利用的综合影响[J]. 植物生态学报, 2002, 26(5): 575-588.
- [4] Badano E I, Marquet P A. Biogenic habitat creation affects biomass-diversity relationships in plant communities[J]. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2009, 11(3): 191-201.
- [5] He J, Wolfe-Bellin K S, Schmid B, et al. Density may alter diversity-productivity relationships in experimental plant communities[J]. Basic and Applied Ecology, 2005, 6(6): 505-517.
- [6] Klaus V H, Kleinebecker T, Hölzel N, et al. Nutrient concentrations and fibre contents of plant community biomass reflect species richness patterns along a broad range of land-use intensities among agricultural grasslands[J]. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2011, 13(4): 287-295.
- [7] 郑佳丽,高国雄,王荣秀,等. 北川河流域退耕还林还草地主要植物群落物种多样性研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 101-103.
- [8] 景福军. 黄土高原半干旱区山地不同地形不同利用方式植物群落多样性研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005.
- [9] Widenfalk O, Weslien J. Plant species richness in managed boreal forests: Effects of stand succession and thinning [J]. Forest Ecology and Management, 2009, 257(5): 1386-1394.
- [10] 岳明,崔延棠,王双峰. 陕北黄土高原森林群落物种多样性分析[J]. 水土保持通报, 2003, 23(1): 39-41.
- [11] 赵淑琴,李有斌,金胜利,等. 黄土高原丘陵沟壑区植被生态服务功能经济价值评价[J]. 草本科学, 2009, 26(5): 44-49.
- [12] 高俊峰,马克明,祁建,等. 北京东灵山地区农耕干扰和环境梯度对植物多样性的影响[J]. 西北植物学报, 2008, 28(12): 2506-2513.
- [13] Johst K, Huth A. Testing the intermediate disturbance hypothesis: when will there be two peaks of diversity [J]. Diversity and Distributions, 2005, 11(1): 111-120.
- [14] 贾松伟. 黄土丘陵区不同坡度下土壤有机碳流失规律研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(2): 30-33.
- [15] 刘浩,艾应伟,陈黎萍,等. 道路边坡土壤水分空间变异性研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 241-243.
- [16] 刘建,张克斌,孟力猛,等. 盐池不同保护及恢复措施对植物多样性的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 181-185.
- [17] Yang Lei, Wei Wei, Chen Liding, et al. Response of deep soil moisture to land use and afforestation in the semi-arid Loess Plateau, China[J]. Journal of Hydrology, 2012, 475: 111-122.
- [18] 杨磊,卫伟,陈利顶,等. 半干旱黄土丘陵区人工植被深层土壤干化效应[J]. 地理研究, 2012, 31(1): 71-81.
- [19] 周红章. 物种与物种多样性[J]. 生物多样性, 2000, 8(2): 215-226.
- [20] 秦伟,朱清科,刘中奇,等. 黄土丘陵沟壑区退耕地植被自然演替系列及其植物物种多样性特征[J]. 干旱区研究, 2008, 25(4): 507-513.
- [21] Zhang J T. Succession analysis of plant communities in abandoned croplands in the Eastern Loess Plateau of China[J]. Arid Environ., 2005, 63(2): 458-474.