

潮滦河小流域鱼鳞坑内外植被群落特征与环境关系

王明明^{1,3}, 谢永生^{1,2}, 王恒俊¹

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 西安理工大学, 陕西 西安 710048; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要: 通过对小流域不同坡面上鱼鳞坑的内外群落植被调查, 研究了该地区鱼鳞坑内外植被群落特征与海拔及坡向的关系。(1) 阴坡鱼鳞坑内的盖度大于阳坡鱼鳞坑内的盖度, 并且达到极显著水平。(2) 坡向不是控制该区域植被群落多样性的主导因子。(3) 不同土地类型鱼鳞坑外的群落丰富度指数, Shannon—Wiener 指数及同一土地类型的鱼鳞坑内外群落的指数均与海拔高度成极显著的抛物线函数关系, 但是与鱼鳞坑内群落的多样性指数不成显著相关关系。结果显示, 可以通过像鱼鳞坑这样的整地方式来改变小生境以促进群落植被的物种多样性。

关键词: 土石山区; 鱼鳞坑; 物种多样性; 海拔; 坡向

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)06—0080—05

中图分类号: S157.39

Characteristics of Vegetation Communities Inside and outside Fish-scale Pits in Small Watersheds of Chao and Luan River and Its Relationships with Environmental Factors

WANG Ming-ming^{1,3}, XIE Yong-sheng^{1,2}, WANG Heng-jun^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on vegetation communities inside and outside fish-scale pits on the different slopes of small watershed, the relationships between vegetation communities inside and outside fish-scale pits and latitude as well as slope aspect are discussed. The results drawn from this case study are as follows: (1) The coverage of the vegetation community inside fish-scale pits on northern slope is higher than that on southern slope, reaching a very significant level. (2) Slope aspect is not the dominant factor in determining the diversity of the vegetation communities. (3) The relationships between altitude and the vegetation community richness outside fish-scale pits with different land uses, Shannon—Wiener indexes, and indexes for the vegetation communities inside and outside fish-scale pits with the same land use pattern can be described by parabolic functions, reaching a remarkably significant level. However, the relationship between altitude and diversity indexes of vegetation communities inside fish-scale pits does not reach a significant level. The results imply that community diversity can be increased by methods of changing niche, such as fish-scale pit preparation.

Keywords: earth-rock mountain region; fish-scale pit; species diversity; altitude; slope aspect

植物群落的本质特征之一是群落中的植物和环境之间存在一定的相互关系^[1]。物种多样性是衡量群落结构与功能复杂性的一个重要指标, 植被恢复过程中物种多样性的变化反映了植被的恢复程度^[2]。另一方面, 物种多样性的空间分布格局受制于许多生态梯度的影响^[3]; 研究植物群落物种多样性随环境因

子及群落演替等生态梯度的变化特征是揭示生物多样性与生态因子相互关系的重要方面^[4]。虽然在小尺度(群落和景观尺度), 关于地形对多样性分布格局的影响有一些研究^[5], 但是地形特征对生态过程的影响是个非常重要并有待深入研究的课题^[6], 并且针对坡面景观中不同群落植被多样性的研究还较少见。

收稿日期: 2007-04-26

修回日期: 2007-09-14

资助项目: 21 世纪首都水资源可持续发展科技支撑项目

作者简介: 王明明(1980—), 男(汉族), 山东省昌邑市人, 硕士, 研究方向土地资源利用与土地评价。E-mail: wangmm04@mails.gucas.ac.cn.

通讯作者: 谢永生(1960—), 男(回族), 河南省开封市人, 主要从事土地资源评价。E-mail: ysxie@ms.iswc.ac.cn.

作为国家级水土流失重点防治区,潮滦河流域也是京津唐地区的生态屏障和重要水源地。鱼鳞坑作为一种重要的整地方式,被广泛应用于林草植被建设中,为提高水土流失区林草成活率、保存率起到重要的作用^[7]。水土保持建设除了对水土环境产生影响外,还对生物多样性产生影响^[8]。因此研究鱼鳞坑整地的群落植被多样性,不仅能为植被恢复提供理论依据,而且能为退耕还林还草政策提供决策依据。本文对不同坡面上各土地类型的鱼鳞坑内外群落进行研究,试图揭示:(1)不同土地类型鱼鳞坑内外植被群落物种多样性与坡向的关系;(2)不同土地类型的鱼鳞坑内外植被群落物种多样性对海拔梯度的响应。

1 研究区概况

三地沟门小流域属于滦河的二级流域,全流域面积 1.81 km²。流域地处燕山山脉东段西南侧,海拔 510~1 100 m,属中温带半湿润气候,年日照时数 2 815.5 h,太阳辐射总量为 5.60×10⁹ J/m²,年平均气温 7.6℃,≥10℃为 3 295.3℃,无霜期 149 d,多年平均降雨量为 562.8 mm,主要集中在夏季。土壤主要为棕壤、褐土、黄绵土、粗骨土、石质土和新成土。棕壤主要分布在海拔 800 m 以上的山地,褐土主要分布在 800 m 以下的山麓和谷地,黄绵土是褐土被侵蚀后在黄土母质上发育的土壤,土层深厚,粗骨土和石质土是人类长期不合理利用土地的产物,多分布在山地陡坡,新积土发育在新近的沉积、堆积物上。

2 研究方法

2.1 样地调查与群落调查

2006 年 8 月,分别选于 2001 年鱼鳞坑整地的阴坡陡坡地、阴坡缓坡地、阴坡极陡坡地、阳坡平缓坡荒地、阳坡陡坡地 5 种土地类型,在这些不同土地类型中选取典型鱼鳞坑。调查中按实际面积测鱼鳞坑 5 个,鱼鳞坑外按 1 m×1 m 样方 5 个,分别测定群落植被种数、个体数目、高度、盖度。高度则随机选取 6 株用卷尺测定,取平均值,不足 6 株按实际株数计算;盖度通过分部分目测然后平均得到。其中每个鱼鳞坑内有杏树一棵。

2.2 数据分析方法

物种多样性测度采用物种丰富度指数(Gleason 指数)、多样性指数(Shannon—Wiener 指数、Simpson 指数)和 Pielou 均匀度指数 3 类指标进行评价。指标的计算见下述有关公式:

(1) Gleason 指数: $t = s/\ln A$

(2) Simpson 指数: $D = 1 - \sum P_i^2$ ($i = 1, \dots, s$)

(3) Shannon—Wiener 指数: $H' = -\sum (P_i \ln P_i)$

(4) 物种均匀度指数 Pielou 指数: $E = H'/\ln s$

式中: s ——物种数目; A ——样方面积; P_i ——种 i 的个体数占群落中总个体数的比例

(5) Sørensen 指数 I_s : 用来测度 2 个研究样区之间或 2 个土地利用类型之间物种的相似性。其计算公式为: $I_s = \frac{2C}{A+B} \times 100\%$

式中: C ——2 个土地利用类型中共有的物种数; A 、 B ——分别为它们各自拥有的物种数。

3 结果

3.1 不同土地类型的鱼鳞坑内外的植被总体状况

自 2001 年以来,不同的土地类型的鱼鳞坑内外植被状况发生了大的变化,各个鱼鳞坑内外的植被生长状况不同,出现了白蒿、狗尾草、艾蒿、苦菜等为优势种的群落类型,植物种类、植被覆盖度、植被高度等均有不同。

对比 2006 年不同土地类型样地调查数据表明(表 1),鱼鳞坑内植物种类共有包括山杏在内的 24 种,鱼鳞坑外共有物种 20 种。对于鱼鳞坑内植被盖度来说,阴坡极陡坡地>阴坡陡坡地>阴坡缓坡荒地>阳坡陡坡地>阳坡平缓坡地。阴坡鱼鳞坑内盖度大于阳坡鱼鳞坑内盖度,且达到极显著($P = 0.009 < 0.01$)。对于不同坡面的鱼鳞坑内杏树高度来说,由表 1 可知,阴坡缓坡地>阴坡陡坡地>阴坡极陡坡地>阳坡平缓坡地>阳坡陡坡地,并且阴坡缓坡地内鱼鳞坑内杏树高度与阳坡平缓坡地及阳坡陡坡地鱼鳞坑内杏树高度相比,均达到极显著水平($P < 0.01$),与阴坡极陡坡地相比达到显著水平($P < 0.05$),但与阴坡陡坡地相比没有显著差异;阴坡陡坡地与阳坡 2 种土地类型相比,均达到显著水平($P < 0.05$),但与阴坡极陡坡地相比没有显著差异;阴坡极陡坡与阳坡 2 种不同土地类型相比没有达到显著水平;阳坡 2 种土地类型相比,没有达到显著水平。

3.2 不同土地类型下的鱼鳞坑内外植被群落物种多样性变化趋势

植被群落的物种多样性能有效地表征群落组成、结构和功能特征。多样性指数反映群落中物种丰富度和个体在各物种中的分布均匀程度。本文采用 Shannon—Wiener 多样性指数, Simpson 多样性指数和群落均匀度、Gleason 指数求算(见表 2)。对于不同的土地类型, Gleason 指数鱼鳞坑内大于相应鱼鳞坑外指数,差异显著($P = 0.019 < 0.050$)。阴坡鱼鳞坑内群落 Gleason 指数小于阳坡鱼鳞坑内,相比差异显著($P = 0.034 < 0.050$)。

表 1 不同坡面鱼鳞坑内外群落特征

样地类型	土壤类型	海拔/ m	样地标记	种数	植被盖度	群落高度/ cm	植株密度/ (株·m ⁻²)	杏树高度/ cm
阴坡陡坡地	黄绵土	553	鱼鳞坑内	8	0.80	49.46	338	96.00
			鱼鳞坑外	6	0.80	83.12	301	—
阴坡缓坡地	黄绵土	552	鱼鳞坑内	14	0.75	14.70	744	130.67
			鱼鳞坑外	8	0.73	15.90	2 206	—
阴坡极陡坡地	粗骨土	606	鱼鳞坑内	9	0.90	15.45	1 234	79.00
			鱼鳞坑外	11	0.74	15.65	1 839	—
阳坡平缓坡地	薄层土	644	鱼鳞坑内	15	0.12	9.83	97	47.33
			鱼鳞坑外	12	0.68	38.79	371	—
阳坡陡坡地	薄层土	578	鱼鳞坑内	10	0.33	14.17	419	43.33
			鱼鳞坑外	11	0.31	15.61	921	—

表 2 不同坡面鱼鳞坑内外植被群落多样性指数

样地类型	样地标记	Gleason 指数	Shannon—Wiener 指数	Simpson 指数	Pielou 指数
阴坡陡坡地	鱼鳞坑内	0.69	0.58	0.29	0.32
	鱼鳞坑外	0.49	0.57	0.31	0.37
阴坡缓坡地	鱼鳞坑内	0.98	1.07	0.58	0.53
	鱼鳞坑外	0.71	0.94	0.56	0.16
阴坡极陡坡地	鱼鳞坑内	0.83	0.42	0.17	0.22
	鱼鳞坑外	0.81	1.8	0.49	0.88
阳坡平缓坡地	鱼鳞坑内	1.23	2.02	0.84	0.86
	鱼鳞坑外	0.87	1.02	0.51	0.49
阳坡陡坡地	鱼鳞坑内	1.24	1.39	0.68	0.68
	鱼鳞坑外	0.92	1.33	0.67	0.63

对于不同坡面土地类型下的鱼鳞坑内外群落的相似性指数(I_i)来说,从表 3 可以看出在植物物种组成上,比较阴坡极陡坡地鱼鳞坑内群落(nv)与其它土地类型的鱼鳞坑内群落,相似性系数都接近 50%,并且与阴坡的 2 种土地类型的鱼鳞坑内群落相似性系数(ns,nm)都大于与 2 种阳坡坡地鱼鳞坑内群落。阳坡 2 种坡地鱼鳞坑内群落相似性系数最低,只有 32%。阳坡平缓坡地(sv)鱼鳞坑内群落分别与阴坡两种恢复比较好的鱼鳞坑内群落(ns,nv)比较;相似性系数都较低。

3.3 不同海拔梯度鱼鳞坑内外植被群落物种多样性

从不同土地类型鱼鳞坑外植被群落的丰富度与海拔高度的关系(图 1)可以看出,物种丰富度与海拔高度成抛物线变化趋势,且相关系数达到极显著水平($r=0.919>r_{0.010}=0.917$)。不同土地类型的鱼鳞坑外部群落的(Shannon—Wiener 指数)指数与海拔高度之间也呈现出先增加后减少的抛物线曲线趋势(图 2),且相关系数达到极显著水平($r=0.929>r_{0.010}=0.917$)。

表 3 不同坡面的鱼鳞坑内外 I_i 指数

项 目		nv	ns	nm	sv
相似性系数 I_i	ns	59			
	nm	61	45		
	sv	50	35	34	
	ss	53	33	50	32
共有物种数	ns	4			
	nm	7	5		
	sv	6	4	5	
	ss	5	3	6	4

注: nv, ns, nm, sv, ss 分别代表阴坡极陡坡地、阴坡陡坡地、阴坡极陡坡地、阳坡平缓坡地、阳坡陡坡地。

不同土地类型下鱼鳞坑内外群落的相似性系数(I_i)与海拔高度的关系也呈现出先增加后减少的抛物线曲线趋势(详见图 3),相关系数达到极显著水平($r=0.944>r_{0.010}=0.917$),但鱼鳞坑内的多样性指数(Shannon—Wiener 指数)与海拔高度虽有先减少后增加的抛物线曲线趋势(详见图 4),却达不到显著水平。

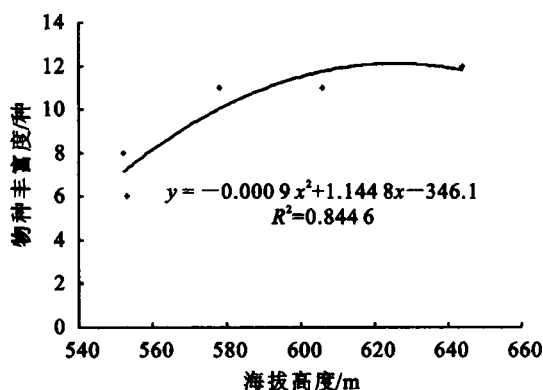


图1 不同坡面鱼鳞坑外群落丰富度与海拔的关系

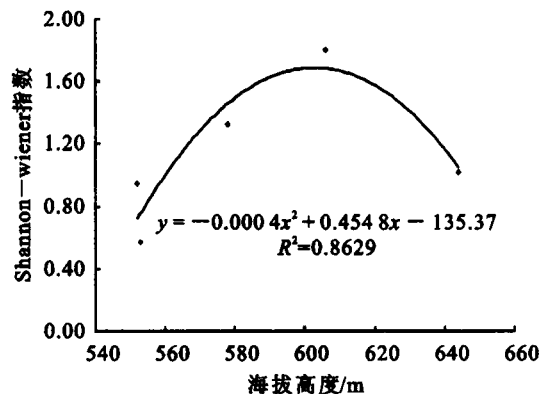


图2 坡面鱼鳞坑外群落 Shannon—Wiener 指数与海拔的关系

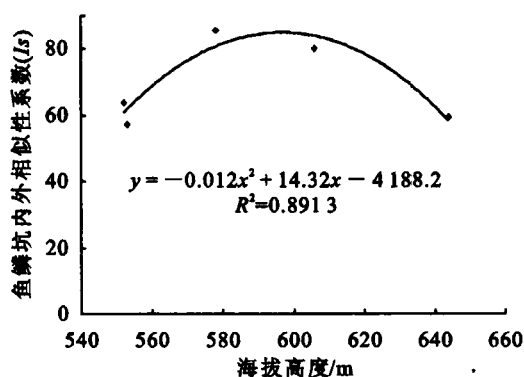
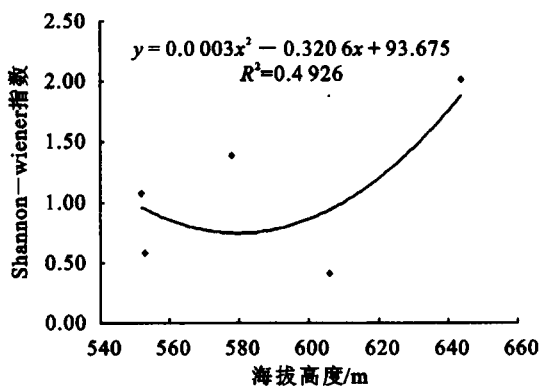
图3 不同坡面鱼鳞坑内群落相似性系数(I_s)与海拔的关系

图4 坡面鱼鳞坑内群落 Shannon—Wiener 指数与海拔的关系

4 讨论

4.1 植被群落物种状况讨论

不同的土地类型形成了不同的植被群落,大多为一两年生植被。阴坡鱼鳞坑外植被盖度大于阳坡鱼鳞坑外植被盖度,阴坡鱼鳞坑内盖度大于阳坡鱼鳞坑内盖度。阴坡鱼鳞坑内植株高度大于阳坡鱼鳞坑内高度,阴坡鱼鳞坑内群落 Gleason 指数显著小于阳坡鱼鳞坑内。这可能由于坡向是山地景观的重要特征因素,阳坡和阴坡在温度和水分条件方面的差异,往往造成不同坡向上植物群落的类型和特征差别明显^[9]。对于不同的土地类型,鱼鳞坑内群落 Gleason 指数显著大于相应鱼鳞坑外。这一方面与作为植物群落组成成分的土壤种子库及土地利用方式有关^[10-11];另一方面,鱼鳞坑整地方式改变了原有的下垫面,提高了鱼鳞坑内土壤含水量,促进了不同植物物种的萌发。相对于阳坡,阴坡鱼鳞坑外植株群落都形成了各自的优势种群落,因而有较好的盖度、高度等,从群落演替的角度讲,阴坡的恢复效果要好于阳坡。相对于其它的阳坡荒地,阳坡坡顶鱼鳞坑外群落植被盖度、高度都较好,可能是鱼鳞坑整地之前未被干扰而保存较好的缘故。

对于不同土地类型的鱼鳞坑内杏树来说,从植株的高度指标看,2种土层较厚的土地类型(阴坡缓坡

坡地与阴坡陡坡地)要好于其它土地类型,这说明可能土层厚度对植株的生长有较重要的关系;此外,阴坡种植的效果要相对好于阳坡,这可能也与阴坡和阳坡温度和水分条件方面的差异造成不同坡向上植物群落的类型和特征差别明显有关^[9]。因此从植树造林角度讲,鱼鳞坑整地要选在土层较深厚的地方;阳坡的所选的植株要与阴坡所选的植株有不同,要有具备更抗旱的能力。

对于不同土地类型的群落植被物种 β 多样性来说,阳坡平缓坡地鱼鳞坑内群落与两种植被群落状况相对较好的阴坡土地类型的鱼鳞坑内群落(阴坡缓坡地与阴坡陡坡地)相比较低,并且鱼鳞坑内盖度、植株密度及高度也是最低的,说明阳坡鱼鳞坑内小生境没有为植物群落提供较好的生长条件。在建立人工灌木及林地时,要考虑为当地种提供足够的生境^[12]。虽然在坡顶挖鱼鳞坑种植杏树可以起到一定的经济效益,但从对鱼鳞坑内其它植被恢复的意义起到的作用相对弱一些,并且是以破坏原有保存较好的植被(盖度大、植株高度大)为代价,因此本文不提倡在原有植被状况相对较好的坡顶挖鱼鳞坑种植杏树。

4.2 坡向对鱼鳞坑内外植被群落物种多样性的影响

坡向主要影响地面接受的太阳辐射以及地面与盛行风向的交角,这使得不同坡向之间存在显著的水热差异^[13],同时作为地形的一个影响因子,影响了群

落多样性的分布格局。Simpson 指数, Shonnon—wiener 指数, Pielou 指数均是阳坡荒地植物群落大于阴坡群落, 但是都没有达到显著水平, 说明坡向不是植被群落物种多样性的主导因子, 表明阳坡与阴坡群落的光照、湿度与温度等生态因子的差异并未导致阳坡与阴坡群落结构发生较大变化。群落的均匀度指数(Pielou 指数)反映了群落内各种物种对环境因子的适应状况, 而且在物种数目一定的情况下, 均匀度只与各物种个体数目或生物量及盖度等指标在群落中分布的均匀度有关, 与物种的数目无关^[14]。阴坡鱼鳞坑内群落的均匀度指数低于阳坡鱼鳞坑内的群落, 表明阴坡鱼鳞坑内的环境因子使常见种与稀少种在群落中分布格局差异扩大, 能使常见种更快地占据一定的空间, 从而占据较多的资源, 形成优势种群落。而阳坡虽然植被群落物种多样性指数较高, 但物种个体数量较少, 盖度较低, 需要更长的时间才能形成占据一定的资源, 从而形成优势种群落。

4.3 海拔对植被物种多样性的影响

地形是形成山地结构和功能、导致山地各种生态现象和过程发生变化的最根本的因素, 包括海拔高度、坡向、坡位、坡度、起伏程度等因子^[13]。海拔高度引起温度、降雨、大气成分等的不同, 从而对生物群落产生作用。海拔被认为是物种多样性分布格局的决定性因素之一^[15]。不同土地类型下的鱼鳞坑内外群落的相似性指数(I_s)与海拔高度也成极显著的抛物线函数关系, 说明海拔高度在影响鱼鳞坑外部群落的同时, 也影响了鱼鳞坑内群落植被。

另一方面, 本文中所研究的海拔高度与鱼鳞坑外群落的丰富度及 Shannon—Weiner 指数成极显著抛物线函数关系, 说明海拔高度极显著地影响了鱼鳞坑外的植被群落物种多样性, 这可能与单峰变化格局即植物物种多样性在中海拔区域达到最大值有关^[16]。但与鱼鳞坑外部群落相比, 鱼鳞坑内的植被群落物种多样性指数(Shanno—Weiner 指数)与海拔高度却不成显著的抛物线函数关系, 这可能是鱼鳞坑改变了坡面下垫面状况, 改变了鱼鳞坑内的小生境, 使得海拔高度成为非主导鱼鳞坑内植被群落物种多样性变化的因子, 从而表现出与鱼鳞坑外植被群落物种不同。从这个角度讲, 可以通过鱼鳞坑等改变小生境的方式, 为群落植被生长创造合适的生态位, 从而促进群落植被的物种多样性。由于本文仅在小流域尺度上进行研究, 更大尺度上, 改变生境后, 植被的物种如何响应环境因子, 植被物种多样性该如何变化, 需要进一步深入研究。

致谢: 感谢承德市水务局、滦平县水土保持工作站在调查期间给予的大力支持, 也感谢中国科学院植物所马克平研究员在本文写作中给予的指导。

[参 考 文 献]

- [1] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001.
- [2] Ruiz-Jaén M C, Aide T M. Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success[J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 218: 159—173.
- [3] Palmer M W. The coexistence of species in fractal landscapes[J]. *American Naturalist*, 1992, 139: 375—397.
- [4] 郭道宇, 张金屯, 宫辉力, 等. 安太堡矿区复垦地植被恢复过程多样性变化[J]. *生态学报*, 2005, 25(4): 764—770.
- [5] 沈泽昊, 张新时. 基于植物分布地形格局的植物功能型划分研究[J]. *植物学报*, 2000(42): 1190—119.
- [6] 沈泽昊. 山地森林样带植被环境关系的多尺度研究[J]. *生态学报*, 2002, 22(4): 461—470.
- [7] 穆兴民, 陈弄伟. 黄土高原水土保持措施对土壤水分的影响[J]. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1999, 5(4): 39—44.
- [8] 黄奕龙, 傅伯杰, 陈利顶. 黄土高原水土保持的环境效应[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(1): 29—32.
- [9] 冶民生, 关文彬, 谭辉, 等. 岷江干旱河谷灌丛 α 多样性分析[J]. *生态学报*, 2004, 24(6): 1123—1130.
- [10] Major J, Pyott W T. Buried viable seeds in two California bunch grasses and their bearing on the definition of flora[J]. *Vegetation*, 1966, 13: 253—282.
- [11] 刘济明. 茂兰喀斯特森林中华蚊母树群落土壤种子库动态初探[J]. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 366—374.
- [12] Jiang Y, Kang M, Gao Q, et al. Impact of land use on plant biodiversity and measures for biodiversity conservation in the Loess Plateau in China: a case study in a hilly-gully region of the Northern Loess Plateau[J]. *Biodiv. Conserv.* 2003, 12: 2121—2133.
- [13] 方精云, 沈泽昊, 崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容[J]. *生物多样性*, 2004, 12(1): 10—19.
- [14] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东陵山植物群落多样性研究(II)[J]: 物种丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. *生态学报*, 1995, 15(3): 268—277.
- [15] Lomolino M V. Elevational gradients of species-density: historical and prospective views[J]. *Global Ecology & Biogeography*, 2001, 10: 3—13.
- [16] Tang C Q, Ohsawa M. Zonal transition of evergreen, deciduous, and coniferous forests along the altitudinal gradient on a humid subtropical mountain, Mt. Emei, Sichuan, China[J]. *Plant Ecology*, 1997, 133: 63—78.