

黄土丘陵区不同坡向及坡位草本群落 生物量及多样性研究

周萍^{1,2}, 刘国彬^{1†}, 侯喜禄¹

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 西北农林科技大学, 712100, 陕西杨凌;

2. 中国科学院研究生院, 100039, 北京)

摘要 以黄土丘陵区纸坊沟流域内的大范家沟阴阳坡和拐沟阴坡坡面主要草本群落为研究对象, 分析不同坡向及坡位的草本群落盖度、地上生物量及物种多样性关系。结果表明, 阴坡草本群落的物种 20 多种, 较阳坡高 30%。阴阳坡面上草本群落生物量和盖度从坡下至坡上逐渐减小。在水分和养分条件好的地段均有灌木入侵。阳坡 Margalef 和 Menhinick 丰富度指数均随坡位升高而降低; 而阴坡 Margalef 指数随坡位升高而降低, Menhinick 指数却随坡位升高而增大; 3 个均匀度指数和多样性指数在阴阳坡均随坡位的升高而减小。不同坡位引起的植被盖度、Margalef 丰富度指数和 Alatalo 均匀度指数存在显著差异 ($P < 0.05$)。坡位与 Margalef 丰富度指数和 Alatalo 均匀度指数呈显著相关 ($P < 0.05$), 与 Shannon-wiener 多样性指数呈极显著相关 ($P < 0.01$)。描述或评价群落多样性、丰富度及均匀度时, 应多选几个指标参数, 避免单一指标带来的片面性。掌握草本群落自身喜阴阳特性、生境特征、植被组成及多样性特征, 充分认识植被演替条件和演替规律, 对指导该区植被和生态系统恢复与重建具有重要意义。

关键词 坡向; 坡位; 草本群落; 物种多样性; 黄土丘陵区

Biomass and species diversity of herbosa at different position and aspects of slope in the Hilly-gully Region of Loess Plateau

Zhou Ping^{1,2}, Liu Guobin¹, Hou Xilu¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Northwest A&F

University, 712100, Yangling, Shaanxi; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 100049, Beijing; China)

Abstract Based on the investigation of herbosa of different positions and aspects of slope in the Dafanjiagou and Guaigou of Zhifanggou watershed on the Loess Plateau, the indices of coverage, above-ground biomass and species diversity were analyzed. The results showed that the number of species reach to twenty in the shady slope, thirty percent more than that of sunny slope. The biomass and coverage of herbosa is decreasing from upper slope to the lower slope both on the sunny and shady slope. The shrubs appears in the batter condition with more water and nutrients. Margalef and Menhinick richness indices are decreasing with slope position raising in the sunny slope, while Margalef index in the shady slope has the same law, but Menhinick index in the shady slope is increasing with slope position raising. The three evenness indices and biodiversity indices are all decreasing with raising of slope position. There are significant difference among herbosa coverage, Margalef and Alatalo indices of different slope positions ($P < 0.05$). Meanwhile, there are also significant positive

收稿日期: 2008-02-28 修回日期: 2008-10-31

项目名称: 973 课题“水土流失环境效应评价理论与指标体系”(2007CB407205); 中国科学院西部行动计划“黄土高原水土保持与可持续生态建设试验示范”(KZCX2-XB2-05); 国家科技支撑课题“植被优化配置与可持续建设技术”(2006BAD09B03)

第一作者简介: 周萍(1981—), 女, 博士研究生。主要研究方向: 植被恢复和生态系统服务功能。E-mail: zhouping04@mails.gucas.ac.cn

†责任作者简介: 刘国彬(1958—), 男, 博士, 研究员。主要研究方向: 水土保持与流域管理。E-mail: gbliu@ms.iswc.ac.cn

correlation between slope position and Margalef index, Alatalo index ($P < 0.05$), also extremely significant positive correlation between slope position and Shannon-wiener index ($P < 0.01$). In order to avoid one sidedness causing by using signal index, it would be better to choose more biodiversity indices to describe or evaluate diversity, richness or evenness of herbosa in practice. Mastering the characters of herbosa, its habitats and recognizing succession condition and discipline are very important for guiding the ecosystem restoration.

Key words slope aspects; slope position; herbosa; species diversity; Hilly-gully Region of Loess Plateau

生物多样性作为生态系统恢复过程的目标之一,在生态系统恢复中占有非常重要的地位。它是描述一个区域内生命形态的丰富程度,包括遗传(基因)多样性、物种多样性和生态系统多样性 3 个层次。而物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映,是群落的重要特征,体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异^[1]。物种多样性不仅可以反映群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性,也可反映不同自然地理条件与群落的相互关系,为生态系统功能的运行和维持提供种源基础和支撑条件^[2]。物种多样性是退化生态系统恢复与重建的重要内容与标志^[3]。

近年来,针对植被生态恢复中的物种多样性问题,已有较多报道,退化生态系统的恢复和生物多样性保护已得到世界各国的关注和普遍重视^[4-5],我国也在不断加强对特定的植物群落^[6]、某一特定植被类型^[7]或特定的恢复演替序列,如草原植被恢复演替序列^[8]、森林植被恢复演替序列^[9]的研究。对不同坡向及坡位物种多样性的系统研究较少,且大量工作集中在一些重点地区开展,黄土区涉及较少。

黄土丘陵区地处森林草原过渡区,干旱缺水及强烈的水土流失使其生态系统已处于极度退化的状态,黄土高原是我国生态环境最为脆弱的地区;草本由于其根系分布较浅,固土和抗侵蚀能力强,且地上部分生长快,对该区植被恢复及生态环境改善起重要作用;因此,以黄土丘陵区纸坊沟流域为研究单元,选取该流域的大范家沟阴阳坡面及不同坡位的主要草本群落为研究对象,调查其物种组成及结构变化并找出主要草本群落多样性、均匀度和丰富度随环境因子的变化规律。通过该项研究,不仅有助于对该区植物群落特征的深入研究,而且有助于揭示群落功能的变化,改善区域生态环境。以期为该退生态系统恢复重建提供一定的决策依据,以至为西部地区退耕还林(草)和西北地区的山川秀美工程提供理论参考和科学依据。

1 研究区概况

研究地设在陕西省安塞县纸坊沟小流域,该流

域地处黄土高原中心,是延河支流杏子河下游的一级支沟,位于 E 109°34'46" ~ 109°36'03", N 36°42'42" ~ 36°46'28", 属黄土丘陵沟壑区第二副区,纸坊沟流域在气候区划上属暖温带半湿润气候向半干旱气候过渡的地区。流域内大部分土壤是在黄土母质上发育而成的黄土幼年土——黄绵土,占总土地面积的 77.1%。年日照时间 2 415.6 h,年辐射量 552.7 kJ/cm²,年均气温 8.8℃, 0℃ 的积温 3 733.5℃·h, 10℃ 积温 3 113.9℃·h,年水面蒸发量 1 486.7 mm。干燥度 1.5,无霜期 157 ~ 194 d。年平均降雨量为 542.5 mm,但分布不均,7、8、9 月降雨量占年降雨量的 61.1%,且多暴雨,是该流域水土流失的主要原因。由于水土流失严重,流域内耕层有机质量仅 0.53% ~ 0.77%,氮磷俱缺,土壤贫瘠,梁峁起伏,地形破碎,沟壑密度高达 8.06 km/km²。

流域植被属于暖温带落叶阔叶林区向暖温带草原区过渡的森林草原区,流域内主要草本有茺蒿 (*Artemisia giraldii*)、铁杆蒿 (*Artemisia sacrorum*)、白羊草 (*Bothriochloa ischaemum*)、长芒草 (*Stipa bungeana*)、披针苔草 (*Carex lanceolata*)、兴安胡枝子 (*Lespedeza dacurica*)、糙隐子草 (*Cleistogenes chinensis*) 和硬质早熟禾 (*Poa sp. lodes*) 等。该流域 1938—1973 年由于毁林开荒等人类活动的影响,地带性植被已经破坏殆尽,流域生态系统严重退化^[10]。自 1973 年以来,安塞水土保持试验站开始对这个小流域进行治理,经过 30 多年的保护恢复,流域植被基本得到恢复,生态系统开始进入良性循环。目前流域有高等植物 48 科 160 种,植被平均盖度超过 60%^[11],已呈现出生物多样性的初期景象。

2 研究方法

2.1 样地调查

为了研究纸坊沟流域内不同坡向和坡位的草本组成及结构特征的变化规律,采取野外调查采样与室内分析相结合的方法,选取典型阴坡、阳坡断面设置调查样带,采用系统取样法对不同坡位分别取样。西南坡属阳坡,东北坡属阴坡。2006 年 6—7 月在纸

坊沟流域内的大范家沟的阳坡坡面上按草本群落的优势物种和坡位设置 1~5 号样地。在拐沟和大范家沟的阴坡上分别设置 6~8 号样地和 9~11 号样地。在研究区域各样地内采用机械设置方法每样地布设 4 个 1 m × 1 m 的小样方, 调查样方内物种数

目、高度、种盖度、总盖度、频度、多度(采用 Drude 的七级制多度)、物候期及生物量等。同时对各样地的地理位置、海拔、坡度、坡向、坡位、外界干扰和土壤类型等也进行了调查。调查样地外界干扰较少, 土壤均为黄绵土, 样地基本情况如表 1 所示。

表 1 样地的基本情况

Tab. 1 General information of sites

| 样地号 | 群落名称 | 海拔/m | 坡度/(°) | 坡向 | 坡位 | 总盖度/% |
|-----|---|-------|--------|-------|-------|-------|
| 1 | 芨芨 - 白羊草 | 1 135 | 28 | SW28° | 沟坡下部 | 73 |
| 2 | 芨芨 - 长芒草 | 1 140 | 25 | SW45° | 沟坡中下部 | 52 |
| 3 | 铁杆蒿 - 糙隐子草 | 1 162 | 29 | SW28° | 沟坡中部 | 43 |
| 4 | 芨芨 - 糙隐子草 | 1 170 | 33 | SW28° | 沟坡中上部 | 50 |
| 5 | 狼牙刺(<i>Sophora davidii</i>) - 芨芨 铁杆蒿 - 披针苔草 - 中华卷柏(<i>Selaginella</i>) | 1177 | 36 | SW28° | 沟坡上部 | 67 |
| 6 | 虎榛子(<i>Ostryopsis davidiana</i>) - 披针苔草 - 中华卷柏 | 1090 | 29 | NE20° | 沟坡下部 | 70 |
| 7 | 柏 | 1 113 | 38 | NE20° | 沟坡中下部 | 87 |
| 8 | 铁杆蒿 - 披针苔草 | 1 130 | 33 | NE20° | 沟坡中部 | 68 |
| 9 | 铁杆蒿 - 披针苔草 | 1 136 | 27 | NE10° | 沟坡中上部 | 85 |
| 10 | 铁杆蒿 - 早熟禾 | 1 156 | 23 | N | 沟坡中上部 | 76 |
| 11 | 铁杆蒿 | 1 177 | 24 | NE20° | 沟坡上部 | 74 |

2.2 物种重要值计算

重要值 = (相对频度 + 相对高度 + 相对盖度) / 3^[12]

2.3 物种多样性测定

植被恢复过程中物种多样性的比较分析是生态学家关注的目标之一。物种多样性通常包括多样性、丰富度及均匀度^[13]。描述物种多样性的指数也较多, 但各指数适用范围不尽相同, 且有时单一的多样性指数不能对物种多样性进行准确而全面的评价^[14]。在分析不同坡向及坡位对植被恢复过程中物种多样性的变化时选取 Patrick 指数、Margalef 指数、Menhinick 指数作为物种丰富度指数, 选取 Shannon-wiener 指数、Hill 指数和最大多样性指数 H_{\max} 作为物种多样性指数, 选取 Simpson 指数、Pielou 指数和 Alatalo 指数作为物种均匀度指数。各指数的计算公式^[15-16]如下。

1) 丰富度指数。

Patrick 指数 $R = S$

Margalef 指数 $M_a = (S - 1) / \ln N$

Menhinick 指数 $M_e = S / N^{1/2}$

2) 多样性指数。

Shannon-Wiener 指数 $H = - \sum P_i \ln P_i$

Hill 多样性指数 $N_1 = e^H$

最大多样性指数 $H_{\max} = \log_2 S$

3) 物种均匀度指数。

Simpson 指数 $D = 1 - \sum P_i^2$

Pielou 指数 $J_{sw} = (\sum P_i \ln P_i) / \ln S$

Alatalo 指数 $E_a = ((\sum P_i^2)^{-1} - 1) / (\exp(-\sum P_i \ln P_i) - 1)$

式中: P_i 为种 i 的相对重要值; S 为样方中物种数目; N 为样方中所有物种个体数之和。

2.4 生物量测定

将各样地内设置的 3 个 1 m × 1 m 小样方内植物齐地刈割, 装袋称量并密封带回实验室。再将鲜样在 105℃ 杀青 30 min, 然后将温度调至 75℃ 烘干至样品衡质量, 计算生物量。

3 结果与分析

3.1 群落物种组成及生物量

各样地草本数目及物种组成见表 2。阳坡上的草本群落以芨芨、白羊草、长芒草、糙隐子草和铁杆蒿为优势种, 以芨芨和糙隐子草为优势种的 5 号样地出现了狼牙刺灌丛, 这主要是由于 5 号样地处于阳坡上部, 且此处地势陡峭, 水分和光照都较阳坡断面其他样地优越, 水热条件组合较好, 有利于物种演替。阴坡坡面的 6~8 号样地撂荒年限超过 20 年, 人为干扰较少, 植被自然生态恢复演替进行较快, 以铁杆蒿和披针苔草为优势种, 在坡度较陡的 6 号和 7 号样地还出现中华卷柏。7 号样地有虎榛子小灌

丛,这是由于该断面坡度较大范家沟阴坡的坡度大且此样地位于断面最陡处,样地内有一陡崖,雨后大量雨水集于此样地,使得此处水分条件较其他样地好,有利于灌木群丛的入侵和定居,植被演替进行更快。经过长期的植被自然恢复演替后天然草本群落内出现灌木物种且其重要值在群落中开始占有重要地位,这与王国梁等^[17]研究结论一致。位于大范家沟阴坡断面的 9~11 号样地则以铁杆蒿、披针苔草和早熟禾为优势种。由于该断面仅撂荒 8 年多,样地中并未出现天然灌木群丛。

根据物种对生境的要求,铁杆蒿种群生态幅较

宽,在阴阳坡均能较好生长,但在水分条件好的阴坡分布更广,生长良好。由于阴阳坡断面光照差异,同在大范家沟内,阳坡的铁杆蒿已经处于现蕾期,而阴坡铁杆蒿虽长势好,但物候期仍处于营养生长。芨蒿对水分的要求较低,多出现在阳坡。披针苔草是莎草科 1 种喜阴湿环境的植物,喜欢水分条件好的生境,多在阴坡出现,而长芒草甚至能在干燥的山坡上生长。群落中物种间关系除受自身的生理特性影响外,还受优势种作用的影响,对生境中的光照、水分、养分的争夺十分激烈,各自占据最适宜生态位。使群落中的物种在不断竞争与互利共存中向前演替发展。

表 2 草本群落特征,盖度和生物量

Tab. 2 Characters, coverage, and above-ground biomass of herbosa

| 样地号 | 优势种 | 优势种的物候期 | 主要伴生种 | 物种数 | 总个数 |
|-----|---------------|----------|------------------|-----|-----|
| 1 | 芨蒿、白羊草 | 现蕾、营养期 | 兴安胡枝子,铁杆蒿, | 12 | 68 |
| 2 | 芨蒿、长芒草 | 现蕾、果后营养期 | 铁杆蒿,兴安胡枝子,阿尔泰狗娃花 | 10 | 43 |
| 3 | 铁杆蒿、糙隐子草 | 现蕾、营养期 | 兴安胡枝子,长芒草 | 10 | 26 |
| 4 | 芨蒿、糙隐子草 | 现蕾、营养期 | 长芒草 | 5 | 23 |
| 5 | 芨蒿、狼牙刺 | 果期、现蕾 | 长芒草,铁杆蒿,糙隐子草 | 7 | 12 |
| 6 | 铁杆蒿、披针苔草、中华卷柏 | 营养期、营养期 | 牡蒿,菊叶委陵菜,野菊花, | 17 | 172 |
| 7 | 虎榛子、披针苔草、中华卷柏 | 营养期-营养期 | 野菊花,蒲公英,鹅冠草 | 13 | 106 |
| 8 | 铁杆蒿、披针苔草 | 现蕾、营养期 | 早熟禾,蒲公英,菊叶委陵菜 | 12 | 37 |
| 9 | 铁杆蒿、甘青针茅 | 现蕾、营养期 | 艾蒿、角蒿,披针苔草 | 13 | 56 |
| 10 | 铁杆蒿、早熟禾 | 现蕾、果后营养期 | 野豌豆,兴安胡枝子,长芒草, | 9 | 28 |
| 11 | 铁杆蒿 | 现蕾 | 野豌豆,艾蒿,紫花地丁,鹅冠草 | 9 | 21 |

注:阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、牡蒿(*Artemista parviflora*)、菊叶委陵菜(*Potentilla tanacetifolia*)、野菊花(*Chrysanthemum indicum*)、蒲公英(*Herba taraxaci*)、鹅冠草(*Roegneria pendulina*)、甘青针茅(*Gramineae*)、艾蒿(*Artemisia argyi*)、雪蒿(*Incarvillea compacta*)、野豌豆(*Vicia edentata*)、紫花地丁(*Viola philippica*)。

不同阴阳坡面和坡位草本群落盖度及生物量的变化如图 1 和图 2 所示。阳坡上草本群落生物量和盖度从坡下部到坡上部逐渐减小,5号由于出现狼

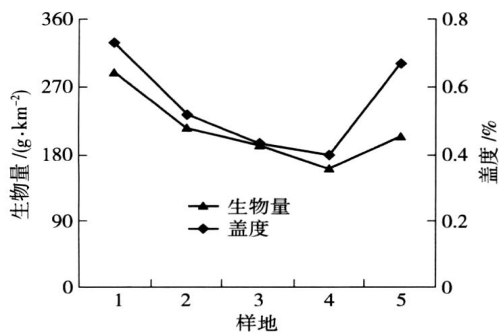


图 1 阳坡各群落盖度及生物量

Fig. 1 Coverage and biomass of each herb communities in the sunny slope

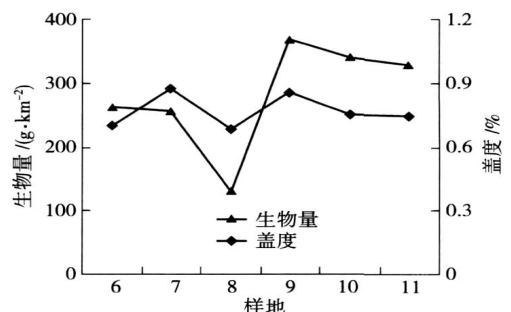


图 2 阴坡各群落盖度及生物量

Fig. 2 Coverage and biomass of each herb communities in the shady slope

牙刺灌丛,该样地生物量及盖度明显变大。阴坡上各群落的生物量,盖度与坡位间的关系表现出与阳坡相似的变化趋势,7号样地中由于虎榛子灌丛的

存在,灌木群丛郁闭度大,使盖度曲线出现一个拐点;且由于拐沟样地的薄层黄绵土中含石渣,土壤较大范家沟阴坡断面的厚层黄绵土壤贫瘠;因此,虽然拐沟阴坡断面的海拔较低,水分条件较好,但其群落盖度和生物量并没有大范家沟阴坡群落的大。可见土壤因子也是植被演替的重要因素之一。

3.2 草本群落多样性

3.2.1 群落丰富度指数 植被群落的丰富度指数变化规律见图 3 和图 4,阴阳坡面均表现为 Margalef 指数大于 Menhinick 指数,说明 Margalef 丰富度指数的变化更为敏感。阳坡上,这 2 指数都随坡位的升高呈现降低趋势;而阴坡上, Margalef 指数随坡位升高而减小, Menhinick 指数却随坡位升高而逐渐增大,与阳坡和阴坡的 Margalef 指数表现出相反的变化趋势。由于各研究区域不同,形成不同的微生境,这也是造成多样性变化趋势与坡向及坡位关系复杂的原因之一。

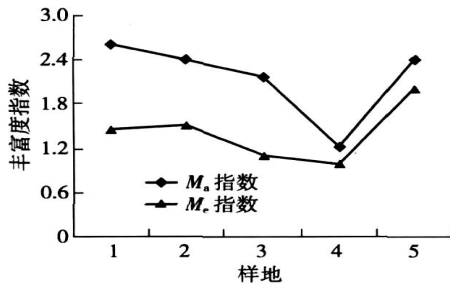


图 3 阳坡群落丰富度指数

Fig. 3 Richness indices of communities in the sunny slope

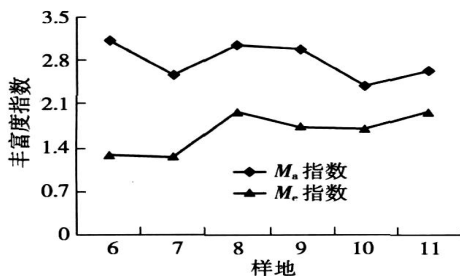


图 4 阴坡群落丰富度指数

Fig. 4 Richness indices of communities in the shady slope

3.2.2 群落均匀度指数 描述均匀度 Alatalo 指数、Simpson 指数和 Pielou 指数在阴阳坡面植被群落中的变化较为相似,随坡位的升高逐渐减小(图 5 和图 6)。阴坡草本群落均匀度指数变化较为明显,而阳坡的 5 号样地均匀度有所提高。这主要是由于灌丛的入侵,使得该样地的物种数目相对较少,物种的分

布较为均匀。Simpson 指数将种的多度和均匀度结合起来,致使一个物种数少、均匀度高的群落与物种数多、均匀度低的群落有相同的均匀度指数,甚至前者的值比后者还高,Pielou 指数和 Alatalo 指数都是将 Shannon-Wiener 指数带入公式求得的,且 Alatalo 指数公式在分母上还进行了指数运算,更强调物种丰富度在群落中的作用,更能反映物种数对群落中的重要影响。因此 Alatalo 指数的取值范围较其他 2 个指数大。从反映群落的均匀度来说,Alatalo 指数对群落物种组成差异的反映最为敏感。

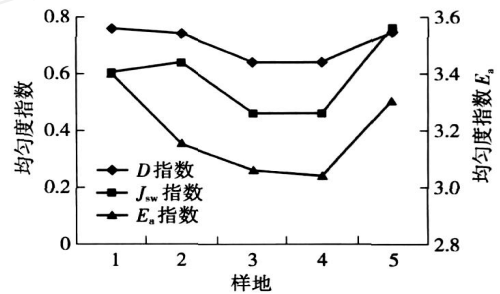


图 5 阳坡群落均匀度指数

Fig. 5 Evenness indices of communities in the sunny slope

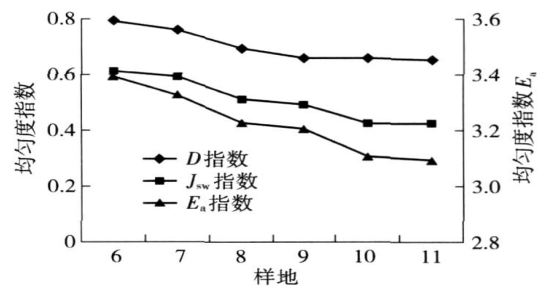


图 6 阴坡群落均匀度指数

Fig. 6 Evenness indices of communities in the shady slope

3.2.3 群落多样性指数 阳坡和阴坡的草本群落多样性指数都随坡位的升高出现减小趋势(图 7 和图 8)。阴坡由于物种较阳坡丰富,其变化趋势更明显。物种最大多样性指数是基于样地内的物种数目而确定的,因此物种数目和物种最大多样性指数曲线的变化相一致,且阴坡草本群落物种数目为 9~17 种,而阳坡的物种数目为 5~12 种,阴坡物种数目较阳坡高 40%且群落物种类型也不同,这是由于阴阳坡断面的光照不同,以及由此引起的土壤厚度和有机质含量、土壤水分条件等一系列生境的变化,是导致物种多样性波动的因素。Shannon-Wiener 指数是将丰富度和均匀度综合起来的一个量,能很好地反映各群落物种多样性的变化。

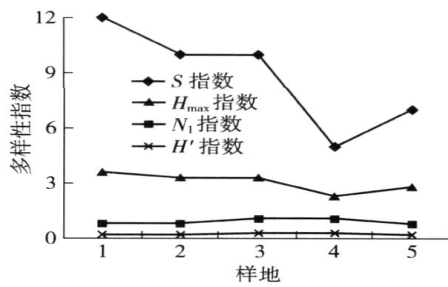


图7 阳坡群落多样性指数

Fig. 7 Species diversity indices of communities in the sunny slope

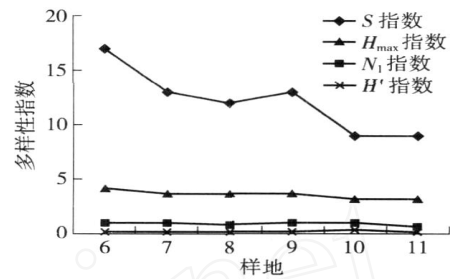


图8 阴坡群落多样性指数

Fig. 8 Species diversity indices of communities in the shady slope

3.3 草本群落各多样性指数与坡位关系

坡位是决定生境差异的主要因子之一,不同坡位的水热条件及其组合的空间分布不同,进而影响着植物群落的分布及结构。将海拔为 1 090 ~ 1 177 m 的样地看作沟坡下部,海拔为 1 000 ~ 1 139 m 的样地看作沟坡中部,海拔为 1 140 ~ 1 180 m 的样地看作沟坡上部,从而对不同坡位草本群落的盖度,地上生

物量及 9 个描述物种多样性的指数进行差异显著性检验,其结果如表 3 所示。在世界各地山地垂直梯度研究中,植物物种多样性随海拔梯度变化的结果差别很大。一些研究^[18]表明物种多样性在中海拔达到最大,而另一些研究则显示随海拔升高物种多样性呈直线下降^[19]或与海拔无关^[20]。

不同坡位会引起光照、温度、土壤类型等植被生

表3 不同坡位的草本群落生物量、盖度和多样性指数的方差分析

Tab. 3 Variance analysis among above-ground biomass, coverage and diversities indices of herbosa of different slope position

| 指标 | 生物量 | 盖度 | H | N_1 | H_{max} | M_a | M_c | D | J_{sw} | E_a |
|-----|-------|---------|----------|-------|-----------|---------|-------|-------|----------|---------|
| 显著性 | 0.682 | 0.047 * | 0.005 ** | 0.789 | 0.941 | 0.026 * | 0.996 | 0.306 | 0.847 | 0.011 * |

注: *表示 $P < 0.05$, **表示 $P < 0.01$,下同。

长环境条件的差异,经统计检验可知不同坡位的植被群落各项指标间存在差异,且不同坡位的植被群落的盖度、Margalef 丰富度指数和 Alatalo 均匀度指数的差异均达到显著性水平 ($P < 0.05$)。Shannon-Wiener 丰富度指数还与坡位引起的差异达到极显著

水平 ($P < 0.01$)。

植被群落的坡位、盖度及各多样性指标间存在相关关系,其分析结果见表 4,表明描述物种多样性的 9 个指标与草本群落物种盖度、地上部分生物量及坡位都存在一定的相关关系,但相关程度的显著

表4 草本群落的盖度、生物量和多样性指数的相关性分析

Tab. 4 Correlation analysis between coverage and biomass, diversities indices of herbosa

| | 坡位 | 生物量 | 盖度 | H | N_1 | H_{max} | M_a | M_c | D | J_{sw} |
|-----------|----------|----------|-------|---------|----------|-----------|---------|-------|----------|----------|
| 生物量 | 0.821 | — | | | | | | | | |
| 盖度 | 0.233 | 0.006 ** | — | | | | | | | |
| H | 0.001 ** | 0.405 | 0.110 | — | | | | | | |
| N_1 | 0.699 | 0.750 | 0.631 | 0.936 | — | | | | | |
| H_{max} | 0.060 | 0.223 | 0.125 | 0.053 | 0.125 | — | | | | |
| M_a | 0.067 | 0.312 | 0.089 | 0.018 * | 0.285 | 0.476 | — | | | |
| M_c | 0.518 | 0.574 | 0.450 | 0.747 | 0.026 * | 0.770 | 0.151 | — | | |
| D | 0.120 | 0.417 | 0.160 | 0.076 | 0.043 * | 0.937 | 0.043 * | 0.670 | — | |
| J_{sw} | 0.780 | 0.937 | 1.000 | 0.883 | 0.001 ** | 0.125 | 0.312 | 0.151 | 0.015 * | — |
| E_a | 0.022 * | 0.574 | 0.190 | 0.028 * | 0.223 | 0.519 | 0.039 * | 0.555 | 0.003 ** | 0.170 |

性不同。坡位与 Shannon-Wiener 多样性指数间的差异相关性达到极显著水平 ($P < 0.01$), 而与 Alatalo 指数呈显著正相关 ($P < 0.05$)。群落地上部分生物量与盖度呈极显著正相关 ($P < 0.01$)。Hill 指数与 Menhinick 指数、Simpson 指数相关性达到显著性水平 ($P < 0.05$), 与 Pielou 指数呈极显著相关 ($P < 0.01$)。Margalef 指数与 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Alatalo 指数均存在显著相关关系 ($P < 0.05$)。H_{max} 指数与其他指标间的相关性并不显著。其他各指标间的相关性存在但未达到显著性水平。

4 结论与讨论

准确测定和描述植物群落结构及其特征在不同坡位或海拔梯度的变化十分困难^[21]。对比不同坡位和阴阳坡面主要草本群落可以看出, 由于阴坡水分、光照、温度、土壤等环境因素好于阳坡, 其草本群落的物种较阳坡丰富。阴坡草种达到 20 多种, 比阳坡物种多了 30%。根据阴阳坡面不同的草本种类, 适当改善阴阳坡面水分、养分等环境条件, 可促进该区植被演替。阴阳坡面上草本群落生物量和盖度从坡下至坡上逐渐减小。各草本群落的盖度表现出显著性差异 ($P < 0.05$)。阴阳坡在水分和养分条件好的地段, 均有小灌木的入侵, 表现出草本群落向灌木群丛演替的迹象; 这说明在适宜时期, 各种自然环境条件良好时, 若进行适当的人为引入演替后期物种, 可加速植被自然恢复和演替的速度和进程, 这可指导黄土丘陵区植被恢复建设。

草本群落的丰富度指数在阴阳坡面变化不一致主要是阴阳坡面环境条件的差异引起的。阳坡上 2 个丰富度指数均随坡位的升高呈现降低趋势, 阴坡上 Margalef 指数随坡位升高而减小, Menhinick 指数随坡位升高而逐渐增大。群落均匀度和多样性指数均随坡位的升高逐渐减小。描述物种多样性的指数, 丰富度指数及均匀度指数的灵敏性有一定差别, 9 个多样性指数均能较客观的反映黄土丘陵区不同坡向及坡位的草本群落多样性。但方差分析表明, 坡位与 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数和 Alatalo 均匀度指数对样方差异反映敏感; 而相关性分析表明, 坡位与 Shannon-Wiener 多样性指数呈极显著相关 ($P < 0.01$), 与 Alatalo 指数呈显著正相关 ($P < 0.05$)。说明在描述或评价物种或群落多样性和均匀度指标时, 应多选几个参数, 避免单一指标带来的片面性。这对准确进行黄土丘陵区植被

多样性研究和评价有一定科学意义。

由于黄土丘陵区地貌复杂、气候干旱少雨、加之人类活动等多种因素的干扰, 群落物种多样性的变化趋势并不是非常明显, 在一定程度上说明黄土丘陵区草本植被自然恢复还是一个比较缓慢的生态过程。如果从土壤类型、土壤结构和土壤养分等方面综合考虑, 该区植被自然恢复时间可能将会更长: 因此, 有必要充分认识植被自身喜阴阳特性、生境条件、群落组成及多样性特征、群落植被演替条件和规律, 加速黄土丘陵区自然生态系统植被群落的恢复与重建。

5 参考文献

- [1] 李铭红, 宋瑞生, 姜云飞, 等. 片断化常绿阔叶林的植物多样性. 生态学报, 2008, 28(3): 1137 - 1146
- [2] 张继义, 赵哈林, 张铜会, 等. 科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态. 植物生态学报, 2004, 28(1): 86 - 92
- [3] 李裕元, 邵明安. 子午岭指标自然恢复过程中植物多样性的变化. 生态学报, 2004, 24(2): 252 - 260
- [4] 李新荣, 张景光, 刘立超, 等. 我国干旱沙漠地区人工植被与环境演变过程中植物多样性的研究. 植物生态学报, 2000, 24(3): 257 - 261
- [5] 张林静, 岳明, 张远东, 等. 新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性特征. 地理科学, 2003, 23(3): 329 - 334
- [6] 李瑞, 刘云芳, 张克斌, 等. 半干旱区湿地植物群落多样性分析: 以宁夏盐池为例. 中国水土保持科学, 2007, 5(6): 65 - 69
- [7] 王国梁, 刘国彬. 黄土丘陵沟壑区铁杆蒿群落间联结性研究. 中国草地, 2002, 24(3): 1 - 6
- [8] 邹厚远, 程积民. 黄土高原草原植被的自然恢复演替及调节. 水土保持研究, 1998, 5(1): 126 - 138
- [9] 欧阳学军, 周国逸, 魏识广, 等. 南亚热带森林植被恢复演替序列的土壤有机碳氮矿化. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1688 - 1694
- [10] 卢宗凡, 梁一民, 刘国彬. 黄土高原生态农业. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997: 15 - 18
- [11] 中国科学院安塞水土保持综合试验站. 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究. 西安: 天则出版社, 1990: 12 - 19
- [12] 刘世荣, 蒋有绪, 史作民, 等. 中国暖温带森林生物多样性研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1998: 20 - 28
- [13] 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 植物群落物种多样性研究综述. 生态学杂志, 2001, 20(4): 55 - 60

(下转第 79 页)

和复杂化。

3) 相同沙漠化阶段间林地天然植被的相似性系数较大,不同沙漠化阶段间的相似性系数较小,因此,在沙地人工植被建设中,应根据沙漠化阶段选择植物种和最佳配置。

4) 黄羊滩沙地目前的人工林+天然灌草复合植被类型要演变成与当地气候相适应的顶级群落,需要漫长的时间。只有对该地区不同人工林地环境条件和天然植被的动态变化进行长期的定位观测,在不同时期对不同人工林采取适宜的抚育管理措施,才能加快天然植被的恢复进程,走近自然和可持续发展之路。

5 参考文献

- [1] 王树力,刘玉山. 赤峰市流动沙地植物沙障治理模式的研究. 水土保持学报,2005,19(4):144-147
- [2] 王继和,马全林,杨自辉,等. 干旱区沙漠化土地逆转植被的时空格局及其机制研究. 中国沙漠,2004,24(6):729-733
- [3] 赵哈林,苏永中,周瑞莲. 我国北方沙区退化植被的恢复机理. 中国沙漠,2006,26(3):323-328
- [4] 赵存玉,王涛. 沙质草原沙漠化过程中植被演替研究现状和展望. 生态学杂志,2005,24(11):1343-1346
- [5] 赵丽娅,赵哈林. 我国沙漠化过程中的植被演替研究概述. 中国沙漠,2000,20(增刊):7-14
- [6] 姚洪林,阎德仁,杨文斌,等. 内蒙古沙漠化与植被演替规律的研究. 内蒙古林业科技,2001(4):7-12
- [7] 吴波,李晓松,刘文,等. 京津风沙源工程区沙漠化防治区划与治理对策研究. 林业科学,2006,42(10):65-70
- [8] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法:多样性的测度方法(下). 生物多样性,1994,2(4):231-239
- [9] 马克平,刘灿然,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法多样性的测度方法. 生物多样性,1995,3(1):38-43
- [10] 杨文斌,丁国栋,望京莹,等. 行带式柠条固沙林防风效果. 生态学报,2006,26(12):4106-4112
- [11] 张瑞麟,刘果厚,崔秀萍. 浑善达克沙地黄柳活沙障防风固沙效益的研究. 中国沙漠,2006,26(5):717-721
- [12] 张继义,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态. 植物生态学报,2004,28(1):86-92
- [13] 岳兴玲,哈斯,庄燕美,等. 沙质草原灌丛沙堆研究进展. 中国沙漠,2005,25(5):738-742
- [14] 苏永中,赵哈林,张铜会. 几种灌木、半灌木对沙地土壤肥力影响机制研究. 应用生态学报,2002,13(7):802-806
- [15] D 米勒-唐布依斯. 植被生态学的目的和方法. 北京:科学技术出版社,1986
- [16] 闫德仁,杨文斌. 沙漠化土地治理程度等级指标的探讨. 中国沙漠,2006,26(5):698-703
- [17] 陈广庭. 沙害防治技术. 北京:化学工业出版社,2003
- (责任编辑:程云)
-
- (上接第 73 页)
- [14] 钱迎倩,马克平. 生物多样性的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社,1994:141-165
- [15] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I 多样性的测度方法(下). 生物多样性,1994,2(4):231-239
- [16] 赵常明,陈庆恒,乔永康,等. 青藏东缘岷江上游亚高山针叶林人工恢复过程中物种多样性动态. 植物生态学报,2002,26(增刊):20-29
- [17] 王国梁,刘国彬,刘芳,等. 黄土沟壑区植被恢复过程中植物群落组成及结构变化. 生态学报,2003,23(12):2550-2557
- [18] Lieberman D, Lieberman M, Peralta R, et al. Tropical forest structure and composition on a large scale altitudinal gradient in Costa Rica. Journal of Ecology,1996,84:137-152
- [19] 胡玉昆,李凯辉,阿德力·麦地,等. 天山南坡高寒草地海拔梯度上的植物多样性变化格局. 生态学杂志,2007,26(2):182-186
- [20] Ilow S. Species turnover and diversity patterns along an elevation broadleaved forest line. Journal of Vegetation Science,1991,2:477-484
- [21] Wilson J B, Sydes M T. Some tests for niche limitation by examination of species diversity in the Dunedin area, New Zealand. New Zealand Journal of Botany,1988,26:237-244
- (责任编辑:程云)