

秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究*

II 演替系列的群落 α 多样性特征

高贤明 黄建辉 万师强 陈灵芝 Q948.154

(中国科学院植物研究所, 北京, 100093)

A 摘要 应用物种丰富度、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数、Alatalo 均匀度指数研究了太白山弃耕地植物群落次生演替过程中的群落 α 多样性动态特征, 结果表明, 群落在由一年生草本植物群落阶段向多年生草本植物群落、灌丛、混交林阶段的演替过程中, 群落多样性指数逐渐上升, 至混交林阶段达到最高值。若以分布在这一垂直地带的代表性森林群落锐齿栎林为演替进一步发展的方向, 则由多样性指数在锐齿栎混交林、锐齿栎林阶段呈下降趋势, 不同演替阶段不同生长型的多样性指数变化规律为: 在演替的初期, 草本层多样性指数 > 灌木层 > 乔木层; 在混交林阶段, 这 3 个不同生长型的多样性指数相差无几, 乔木生长型稍占优势; 在锐齿栎混交林和锐齿栎林阶段, 灌木生长型的物种多样性最大, 草本次之, 乔木生长型的物种多样性则迅速降低, 首次利用群落各生长型的叶层相对厚度和相对盖度作为加权参数, 对群落总体的物种多样性指数进行了测度, 结果表明, 这种加权处理是比较合理的。

关键词: 太白山, 耕地, 演替系列, α 多样性, 加权, 群落总体多样性,

植物生态学, 植物群落

ECOLOGICAL STUDIES ON THE PLANT COMMUNITY SUCCESSION ON THE ABANDONED CROPLAND IN TAIBAISHAN, QINLING MOUNTAINS

1. THE COMMUNITY α DIVERSITY FEATURE OF THE SUCCESSIONAL SERIES

Gao Xianming Huang Jianhui Wan Shiqiang Chen Lingzhi
(Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100093, China)

Abstract The community diversity at different secondary successional stages on the abandoned cropland in Taibaishan, the peak of Qinling Mountains, was measured and studied using the methods of species abundance, Shannon-Wiener index, Pielou's evenness index and Alatalo evenness index. The results show that the diversity indices arose steadily when

*国家自然科学基金资助项目(39570125)和国家基础重大研究项目(85-PD-31-03)的部分内容。
中国科学院植物研究所生态室熊高明先生参加野外调查; 野外工作得到了陕西林业厅、陕西周至老县城自然保护区、太白山自然保护区等有关单位的支持和帮助。
收稿日期: 1997-05-15, 修改稿收到日期: 1997-08-15。

the succession developed from the annual herbosa to the mixed broad-leaved deciduous forest. After the stage of the mixed broad-leaved deciduous forest, the indices decreased more or less except species abundance. According to the surrounding communities, the climax community would be *Quercus aliena* var. *acuteserrata* forest. At the climax, diversities of shrub and herb layers (living forms) arose again though that of tree layer continued to decrease. The characteristics of the three living form diversities in different successional stages are as follows: in the primary stages, indices of herb living form > those of shrub one > those of tree one. In the middle stage (the stage of mixed broad-leaved deciduous forest) there are difference among the indices of the three living forms. But in the climax stage, indices of shrub living form > those of herb one > those of tree one. In order to measure the community diversity as a whole, the average of the relative thickness of the leaf layer and the relative coverage of each living form were used as weighting parameter here for the first time, and the dynamics of the general diversity indices proved that the weighting method is reasonable.

Key words: Taibaishan, abandoned cropland, succession, successional series, alpha diversity, weighting, general species diversity of community.

群落演替过程中的多样性特征是研究群落多样性时空动态规律的重要内容。郝占庆等曾对东北地区的红松林与砍伐后所形成的针阔叶混交林群落多样性特征进行了比较研究^[1]；熊利民等对四川缙云山森林群落的同期演替进行了研究，并建立了演替模型^[2]；刘玉成等也对这一山地的常阔绿叶林的次生演替及其物种多样性进行了研究^[3]；高宝嘉等研究了封山育林对植物群落结构和多样性的影响^[4]。暖温带是我国人口密集区之一，受日益强烈的人类活动的影响，自然植被受到了越来越严重的破坏。在山区一方面乱砍滥伐、毁林开荒现象屡禁不止，另一方面开垦的农田由于土壤日益瘠薄而不断地被撂荒。这种现象在人口密度较小的山区尤为突出。为了探讨暖温带退化森林生态系统的恢复与重建有效途径，选择了暖温带南部秦岭主峰太白山区的次生裸地——弃耕地的植物群落演替过程中的物种多样性动态特征进行了初步研究。

秦岭主峰太白山位于陕西省境内，跨太白、眉县和周至3县，地理位置大约为北纬33°40′~34°10′，东经107°19′~107°50′，最高峰拔仙台海拔3767m，为暖温带第一高峰。太白山处于暖温带的最南端，年降水量约1000mm左右，年均温1~5℃。特殊的地理位置，以及由高大山峰和多变的地形所构成的多样化的生态环境，为植物的分布、生长、繁衍和发展提供了多样化的物质条件。所以，这里的植物种类丰富，种子植物有125科657属1782种，植被类型复杂，垂直地带性明显^[5,6]。

1 研究方法

1.1 样地的设置与调查

由于人类活动的影响，太白山海拔2000m以下地势比较平坦的地带常被开垦为耕地，同时由于这些耕地的日益贫瘠而不断地被撂荒。因此，太白山弃耕地存在着明显处于不同演替阶段的群落类型，从草丛、灌丛到落叶阔叶混交林等均有代表性的类型存在，若以分布于这一地段的典型群落——锐齿槲栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)林为演替的顶极，则演替系列基本完整。

1.1.1 一年生草丛群落阶段 撂荒伊始，农作物田间杂草和传播能力很强的一年生草本植物迅速侵入并定居，组成了以一年生草本植物为优势种群的群落类型。群落总盖度不足50%。常见的种类有：金狗尾草(*Setaria glauca*)、藜(*Chenopodium album*)、香薷(*Elycholtzia ciliata*)、黄花草木樨(*Melilotus suaveolens*)、蓼(*Polygonum* spp.)、野燕麦(*Avena nuda*)等。其它种类还有团集苔草(*Carex agglomerata*)、蒙古蒿

(*Artemisia mongolica*)等。显然,这些种类中尚有一些应属于森林群落的成分,虽然经过多年的耕种,但由于它们具有很强的根蘖能力,所以仍遗留下来。

1.1.2 多年生草丛群落阶段 由于缺乏外界干扰,多年生草本植物在群落中的地位得到巩固和发展,并随着时间的推移,在空间逐渐占据了优势,群落的盖度大大提高,达70%以上。一年生草本植物种类受到了抑制,藜、加蓬等从群落中消失或几乎消失,金狗尾草、香薷等一年生草本虽然仍占有一席之地,但个体数却大大减少。群落开始出现一些草质层间植物,如野豌豆(*Vicia* spp.)、三籽两型豆(*Amphicarpea trisperma*)等,同时少数灌木或乔木树木的幼苗也开始出现,如柳(*Salix* spp.)、珍珠梅(*Sorbaria kirilowii*)等。

1.1.3 灌丛阶段 此时群落高度达2~3m,灌木种类较多,除柳、花木蓝(*Indigofera kirilowii*)、六道木(*Abelia engleriana*)、金花忍冬(*Lonicera chrysantha*)、牛奶子(*Elaeagnus multiflora*)、鼠李(*Rhamnus* spp.)等外,还有桦(*Betula* spp.)、柳、山杨(*Populus davidiana*)、维腺樱(*Prunus conudenia*)、山定子(*Malus baccata*)等乔木树种的幼苗和幼树混生其中。由于高度上与灌木属于同一层次,因此,它们在群落的结构和外貌上所起的作用并不明显。灌木层盖度较大,因而草本层稀疏,种类减少,仅零星分布着一些耐荫的苜蓿、蛇莓(*Duchesnea indica*)、堇菜(*Viola biflora*)、龙牙草(*Agrimonia Pilosa*)等。

1.1.4 杨、桦混交林阶段 当群落进一步发展时,在灌丛阶段群落的灌木层中的已占了相当比例的乔木树种的幼苗幼树迅速地超过灌木层,形成乔木层。乔木层的形成对灌木层一些喜光种类起到了抑制作用,乌柳(*Salix cheiloptila*)等柳属灌木、珍珠梅、牛奶子等长势渐衰,直至枯死,灌木层盖度下降到50%或更低,一些耐荫的种类,如金花忍冬、小檗(*Berberis* spp.)、悬钩子(*Rubus* spp.)、六道木、华北绣线菊(*Spiraea firschiiana*)、托柄菝葜(*Smila xstans*)、四川忍冬(*Lonicera szechuanica*)等则得到了发展或定居。由于林下散射光和光斑的增加,林下草本层也得到了发展,但种类却与草丛和灌丛阶段大不相同,除苔草等少数种外,其它种类几乎全部为新侵入种,如玉竹(*Polygonatum* spp.)、三褶脉紫菀(*Aster ageratoides*)、鲜生马先蒿(*Pedicularis muscicola*)、糙苏(*Phlomis umbrosa*)、宽叶苔草(*Carex siderosticta*)等等,层盖度有所回升,达40%左右。层间植物种类以木质藤本植物为主,有五味子(*Schisandra chinensis*)、南蛇藤(*Celastrus orbiculatus*)等。林下更新苗木较多的是槭(*Acer* spp.)、锐齿槲栎、四照花、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)等,桦、杨幼苗显著减少。

1.1.5 栎、槭混交林阶段 在群落继续发育的过程中,虽然锐齿槲栎在数量上并不占绝对优势,但由于在生长方面比较快且耐阴性较好而很快侵入林冠层,形成锐齿槲栎与山杨、白桦等混交林,三桠乌药(*Lindera obtusiloba*)也是一速生树种,但在高度上它始终处于栎、杨、桦等树种所组成乔木层的下一个亚层,并且大多数个体仍处于与灌木层高度相差无几,同属于灌木层。从外貌上来看,这一阶段的群落林相由于杨、桦树的逐渐衰老或枯死,锐齿槲栎、槭和漆而大都比较单薄等而显得参差不齐。灌木层由于耐荫种类得到了发展而盖度有了较大的提高。林下草本层呈零星斑块状分布,种类主要有狭叶苔草(*Carex lanceolata*)、藜芦(*Veratum nigrum*)、宽叶苔草、铃兰(*Convallaria majoris*)、苍葱(*Allium vicoritalis*)、变叶凤毛菊(*Saussurea mutabilis*)等。层间植物比较发达,种类也较多,除五味子、南蛇藤外,最常见的是山葡萄(*Vitis amurensis*)和藤山柳(*Clematoclethera lasioclada*)等。林下更新苗木主要以槭、锐齿槲栎为主,种类和上一阶段相似,但杨、桦等喜光树种苗木数量却大大减少。

1.1.6 锐齿槲栎林阶段 由于白桦、山杨的衰亡,锐齿槲栎最终取而代之,成为群落占绝对优势的树种。伴生树种多位于乔木层的下面一个亚层之中,仅有少数五角枫、漆树以及一定数量的三桠乌药等构成乔木层的下面的一个亚层。乔木层盖度(90%左右)的增加,对灌木层树种产生了很大的影响,只有耐荫性能较好的忍冬、悬钩子、茶藨子(*Ribes* spp.)、菝葜(*Smilax* spp.)、小檗等成片状分布,层盖度20%~40%。草本层变化不大,但出现了较耐荫的半寄生一年生草本植物山萝花(*Melampyrum roseum*)。其它一年生生活型植物消失,层间植物仍以藤山柳、山葡萄等为主。

运用典型抽样方法对处于各个演替阶段的群落类型进行调查,取样面积草丛为1×1m²;灌丛为10×10m²,内设3个1×1m²样方对草本层进行调查;乔木层为20×20m²,内设4个10×10m²样方调查灌木层,每

一样方再设2~3个1×1m²小样方调查草本层,共设置调查了23个样地。

1.2 多样性测度方法的选择

自1943年 Williams 提出物种多样性的概念和 Fisher 提出物种多样性指数的概念以来^[7]已有许多群落物种多样性的测度方法相继问世。对于这些测度方法的优点与不足, Magurran 曾作过比较详细地评价^[8] Whittaker 将生态系统多样性或群落多样性划分为 α 多样性指数、 β 多样性指数和 γ 多样性指数^[9]。很多学者从群落的不同角度考虑,提出了多种各有特色的 α 多样性测度方法,试图反映群落组织水平的不同特征。马克平等曾对这些测度方法作出过详细地介绍和评论^[10,11],并在研究北京东灵山植物群落多样性时加以应用,取得了较好的效果^[12]。

群落物种组成各个种群的个体数是群落多样性的重要测度指标。但是,由于不同种类的植物个体大小差异悬殊,植物的个体数,特别是草本植物的个体数计数难度较大,以个体数作为多样性测度指标时肯定会带来很大的误差。由于植物这种特殊性, Pielou、Whittaker 等学者建议采用相对盖度、重要值或生物量等作为多样性测度的指标,本研究选用重要值作为多样性指数的测度指标^[13,14],这里,重要值(importance value, IV)的含义为:

$$IV = (\text{相对密度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) \times 100$$

根据马克平等所评述的植物群落多样性测度方法^[13],选择了以下5种进行了测度:

(1) 丰富度指数

物种丰富度指数 $S = \text{出现在样地的物种数}$

(2) 多样性指数

Simpson 指数 $D = 1 - \sum [N_i(N_i - 1) / N(N - 1)]$

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

(3) 均匀度指数

Pielou 均匀度指数 $J = (- \sum P_i \log P_i) / \log S$

Alatalo 均匀度指数 $E = [\sum (P_i^2) - 1 - 1] / [\exp(- \sum P_i \log P_i) - 1]$

式中, N_i 为第 i 个物种的重要值, N 为群落(样地)中所有物种重要值之和, $P_i = N_i / N$ 为第 i 个物种的重要值。

2 结果与讨论

2.1 群落不同生长型的 α 多样性特征

用上述测度方法对太白山弃耕地群落样地的植物分乔木、灌木和草本3种生长型分别进行测度,其结果列入表1中。

草本层的 Simpson 指数在多年生草本群落阶段达到高峰, Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数则在灌木群落阶段达到峰值,而物种丰富度和 Alatalo 均匀度指数却在落叶阔叶混交林阶段达到最高峰(图1a)。以上现象表明,灌木和乔木两种生长型在群落中的出现,对位于群落下层的草本生长型的多样性有很大的影响,但不同的测度方法对这种影响的反映不一致。

灌木层在演替的灌丛群落阶段虽然物种丰富度不大,但却有较高的多样性,除 Simpson 指数外, Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数和 Alatalo 均匀度指数均达最大值,然后下降,但当演替进展到锐齿槲栎林阶段时又有较大的回升(图1b),而 Simpson 指数则在演替的最终阶段——锐齿槲栎林阶段达到最高峰,说明在锐齿槲栎林阶段,由于乔木层树种的减少,高度增加,以及多样性的降低等因素有利于位于下层的灌木和草本生长型的发展。同时,经过植物种类之间的相互作用以及植物与环境之间的相互作用,林下灌木层和草本层耐荫种类增多,种群也得到了发展,从而导致了这两个层次的多样性的回升。

乔木层的多样性指数除物种丰富度外,自落叶阔叶混交林开始就呈下降趋势(图1c),反映了在群落发

表1 太白山弃耕地植物群落演替序列群落多样性指数测度结果
Table 1 The diversity indices of the successional stages in the abandoned cropland in Talbaishan

| | | 群落演替系列 Community successional series | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 层次 Layers | 多样性指数 Diversity indices | 阶段1 Stage 1 | 阶段2 Stage 2 | 阶段3 Stage 3 | 阶段4 Stage 4 | 阶段5 Stage 5 | 阶段6 Stage 6 |
| 草本层 Herb layer | ¹⁾ 物种丰富度 (S) | 8.2 | 9.3 | 10.8 | 12.2 | 8.3 | 8.5 |
| | ²⁾ Simpson 指数 (D) | 0.8926 | 0.9197 | 0.8949 | 0.8891 | 0.8015 | 0.8677 |
| | ³⁾ Shannon 指数 (H') | 2.8735 | 2.8523 | 2.4715 | 2.4604 | 2.0897 | 2.2346 |
| | ⁴⁾ Pielou 均匀度指数 (J) | 0.8149 | 0.8560 | 0.9123 | 0.9045 | 0.8203 | 0.8712 |
| | ⁵⁾ Alatalo 均匀度指数 (E) | 0.4827 | 0.6735 | 0.7948 | 0.7943 | 0.6893 | 0.7673 |
| 灌木层 Shrub layer | 物种丰富度 (S) | - | 1.0 | 8.0 | 10.8 | 12.7 | 15.0 |
| | Simpson 指数 (D) | - | - | 0.7427 | 0.8758 | 0.8581 | 0.9034 |
| | Shannon 指数 (H') | - | - | 1.6818 | 2.6296 | 2.5853 | 2.6677 |
| | Pielou 均匀度指数 (J) | - | - | 0.8095 | 0.7986 | 0.7965 | 0.8569 |
| | Alatalo 均匀度指数 (E) | - | - | 0.6595 | 0.5777 | 0.5975 | 0.6744 |
| 乔木层 Tree layer | 物种丰富度 (S) | - | - | - | 5.4 | 6.0 | 2.5 |
| | Simpson 指数 (D) | - | - | - | 0.7562 | 0.3709 | 0.2044 |
| | Shannon 指数 (H') | - | - | - | 1.7088 | 0.7271 | 0.4459 |
| | Pielou 均匀度指数 (J) | - | - | - | 0.7605 | 0.4378 | 0.2699 |
| | Alatalo 均匀度指数 (E) | - | - | - | 0.7028 | 0.5669 | 0.3393 |

1)Simpson richness, 2)Simpson index, 3)Shannon index, 4)Pielou evenness index, 5)Alatalo evenness index.

展到乔木林阶段时,由于高位芽生活型中的小高位芽生活型的植物种类处于成熟阶段,在高度上和新生的中高位芽植物在个体的高度上基本处于同一水平,共同构成了群落的乔木层,而此时的中高位芽生活型植物不但种类多,而且个体数和层盖度都较大,因而有较高的多样性。随着演替的进展,乔木层高度不断增加,而小高位芽植物由于受到不断发展的中高位芽生活型的压抑,以及本身树龄的老化而出现枯死等现象,多样性反而下降。至演替的后期,则主要由锐齿槲栎占优势,共建种消失,伴生树种减少,因而多样性进一步下降。

2.2 群落总体的 α 多样性特征

为了进一步比较在演替过程中作为一个总体,群落物种多样性的变化动态趋势,通常将群落各生长型的多样性指数直接进行相加^[1-15]。但是,由于群落不同生长型对群落的结构、功能、生产力、动态与稳定性等方面的贡献是不同的,所以,简单地将不同生长型的多样性指数加以累加是不足取的。群落各生长型能进行光合作用器官——叶的面积大小是衡量该生长型生产力高低的一个重要标志,因此,根据群落的垂直结构,特别是不同生长型的叶层(林冠)的相对厚度和相对盖度之和,作为测度群落总体多样性指数时对不同生长型的多样性指数进行加权的参数^[2],其公式为:

$$W_i = (C_i + H_i) / 2$$

式中, C 为群落的总盖度 ($C = \sum C_i$) ($i=1$, 乔木层 (t), 2, 灌木层 (S), 3, 草本层 (h), 下同); H 为群落各生长型的平均高度 ($H = \sum H_i$); W_i 为群落第 i 个生长型多样性指数的加权参数, C_i 为第 i 个生长型的盖度, H_i 为第 i 个生长型的平均高度。其中, 乔木层的叶层 (林冠) 厚度按乔木层高度的 1/3 计算, 灌木层按 1/2 计算, 草本层按草本层高度 100% 计算。 W_i 计算结果为:

乔木层加权参数 $W_1 = 0.6465$

灌木层加权参数 $W_2 = 0.2177$

草本层加权参数 $W_3 = 0.1358$

群落总体各有关多样性指数测定结果列入表 2。

由表 2 可以看出, 除群落总体的物种丰富度在锐齿槲栎混交林阶段达到高峰外, 其它群落总体多样性指数和均匀度指数都在锐齿槲栎林的前一个阶段, 即落叶阔叶混交林达到高峰 (图 2)。这说明, 当一种树种在群落中占优势时, 由于群落组成的各个种群的个体分布出现明显的不均, 对群落的多样性有显著的影响, 从而导致群落总体多样性的明显下降。锐齿槲栎在群落中定居并逐渐侵入乔木层后, 锐齿槲栎在群落的优势地位日益显著, 所以, 当群落发展到落叶阔叶混交林阶段后, 群落总体多样性随着演替朝着顶极方向的进展, 群落总体多样性不断下降, 这一现象与群落的大高位芽植物在群落生活型谱中所占比例的变化规律十分吻合; 同时也符合多样性在群落演替过程中的动态特征, 说明利用群落不同生长型的叶层相对厚度和层相对盖度作为测度群落总体多样性的加权权重是比较合理的, 因为它反映了群落的生产力水平对群落总体多样性的影响。

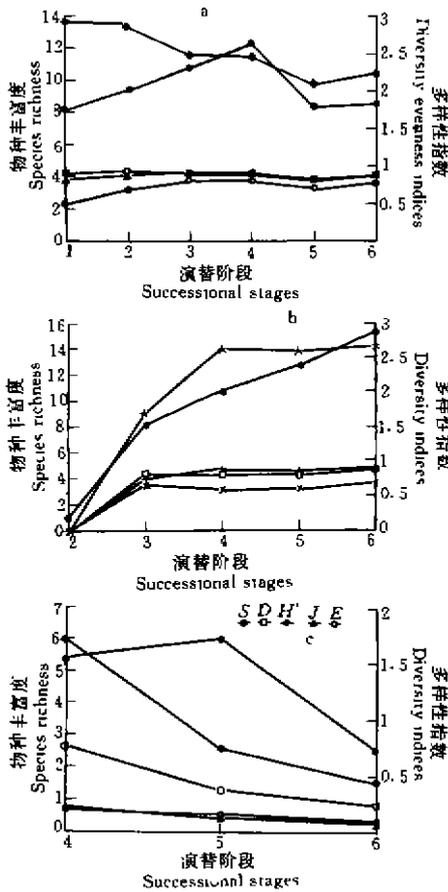


图 1 植物群落不同层次的物种多样性在演替过程中的动态
Fig. 1 The dynamics of species diversities in different layers of the communities
a. The her blayer (草本层); b. The shrub layer (灌木层); c. The tree layer (乔木层).

注解同表 1. Note is as same as table 1

表 2 太白山弃耕地植物群落演替过程中群落总体多样性

Table 2 The general diversity indices of the successional series in the abandoned cropland in Talbaishan

| 多样性指数 Diversity indices | 群落演替序列 Community successional series | | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 阶段 1 Stage 1 | 阶段 2 Stage 2 | 阶段 3 Stage 3 | 阶段 4 Stage 4 | 阶段 5 Stage 5 | 阶段 6 Stage 6 |
| 物种丰富度 ¹⁾ (S) | 3.4068 | 4.5013 | 9.6246 | 22.4970 | 23.3127 | 18.1083 |
| Simpson 指数 ²⁾ (D) | 0.1212 | 0.1249 | 0.2832 | 0.8003 | 0.5354 | 0.4466 |
| Shannon 指数 ³⁾ (H') | 0.3902 | 0.3832 | 0.7534 | 2.0113 | 1.3167 | 1.1725 |
| Pielou 均匀度指数 ⁴⁾ (J_{sw}) | 0.1107 | 0.1162 | 0.3001 | 0.7883 | 0.5678 | 0.4793 |
| Alatalo 均匀度指数 ⁵⁾ (E_a) | 0.0656 | 0.0915 | 0.2515 | 0.6880 | 0.5908 | 0.4704 |

注解同表 1. Note is as same as table 1

3 结论

3.1 太白山弃耕地群落进展演替过程中,不同生长型的物种丰富度变化趋势是由少增多,在落叶阔叶混交林阶段达到高峰后又趋于下降,但不同生长型的下降速率并不一致;草本和灌木生长型分别在多年生草丛和灌丛群落阶段达到高峰,随后开始下降,至演替的最后阶段——锐齿槲栎林阶段又开始有较大回升;而乔木生长型的多样性指数自群落出现乔木层时的落叶阔叶混交林时即达到最大值,所以演替过程中乔木生长型的多样性始终是呈下降趋势的,反映了乔木生长型物种多度和种群均匀度对多样性有着显著的影响,也同时反映了乔木层的状况对草本和灌木两个层次的多样性有很大的影响。

3.2 由能够在一定程度上反映群落不同生长型生产力大小的群落各层次的叶层相对厚度和层相对盖度的和作为各层多样性指数的加权参数,对群落的总体多样性特征进行了测度,其结果与群落演替过程中多样性变化趋势一致,证明落叶阔叶混交林是太白山弃耕地演替向顶极进展的重要环节,除物种丰富度外,其它各有关的多样性指数和均匀度指数均在这一阶段达到最大值。

3.3 在太白山弃耕地演替过程中,多样性变化在物种丰富度、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Pielou 均匀度指数和 Alatalo 均匀度指数虽然在各生长型中有不同的动态变化趋势,但群落总体多样性指数在上述几种测度方法却表现出非常一致的动态趋势,这种动态特征符合植物群落演替过程中的多样性变化规律,从而证明了以群落各生长型的生产力有关的叶层相对厚度和相对盖度之和的平均值作为加权参数,对群落总体多样性进行测度是合理的。

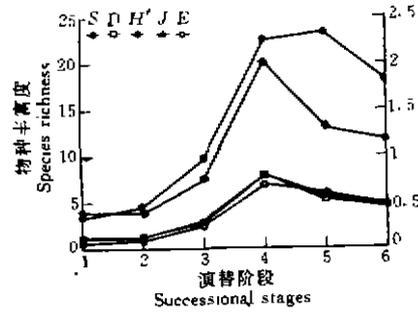


图2 演替过程中群落不同生活型及物种总体多样性变化动态

Fig. 2 The dynamics of the different growth forms and general species diversities of community during the succession

Note is as same as table 1

参考文献

- 郝占庆,陶大立,赵士洞.长白山北坡阔叶红松林及其次生白桦林高等植物物种多样性比较.应用生态学报,1994,5(1):16~23
- 熊利民,钟章成.四川缙云山森林群落的同期发生演替及其模型预测.生态学报,1991,11(1):49~53
- 刘玉成,缪世利,杜道林.四川缙云山常绿阔叶林次生演替及其物种多样性的研究.武汉植物学研究,1993,11(4):327~336
- 高宝嘉等.封山育林对植物群落结构及多样性的影响.北京林业大学学报,1992,14(2):46~53
- 朱志诚.关于秦岭及陕北黄土高原区辽东栎林的初步研究.植物生态学与地植物学丛刊,1982,6(2):95~103
- 应俊生等.秦岭太白山地区的植物区系和植被.植物分类学报,1990,28(4):261~293
- Fisher, R. A. *et al.* The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.* 1943, 12:42~58
- Magurran A E. *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, Princeton University Press, 1988
- Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon.* 1972, 21:213~251
- 马克平等.生物群落多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(上).生物多样性,1994,2(3):162~168
- 马克平等.生物群落多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(下).生物多样性,1994,2(4):231~239
- 马克平等.北京东灵山地区植物群落多样性研究 I. 丰富度、均匀度和物种多样性指数.生态学报,1995,15(3):268~277
- Pielou E C. *Ecological diversity*. John & Sons Inc. 1975.
- Whittaker R H. Evolution of species diversity in land communities. In Hecht M K, Steere W C and Wallace B eds. *Evolutionary biology*, New York, Plenum, 1977, 10:1~67
- 谢晋阳,陈灵芝.暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征.生态学报,1994,14(4):337~344