

中国东北西部地区沙质荒漠化过程与植被动态关系的生态学研究——群落多样性与沙质荒漠化过程

关文彬¹, 曾德慧², 姜凤岐²

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

摘要: 依据东北西部沙质荒漠化地区植被的分类与排序, 分析了不同演替梯度上植被群落多样性指数与 DCA 排序坐标值的相关关系, 利用其探讨群落多样性与沙质荒漠化过程的关系; 科尔沁沙地、呼伦贝尔沙地, 1) 植物群落的生态优势度 λ 、Renyi 的均匀度 E_1 与群落分布的地下水位有显著的相关关系; 2) 植物群落 Hill 的多样性指数 H_0, H_1 、Hill 的均匀度 E_h 、Hill 指数的均匀度 E'_1 与海拔、湿润系数、Thornthwaite 指数、降水量、地下水位、放牧干扰等有显著的相关关系; 3) 植物群落 Renyi 的多样性指数 N_0, N_1 、Heip 修正的均匀度 E_p 、Alatalo 修正的均匀度 E'_h 与经度、温暖指数、冷暖指数、Thornthwaite 指数、土壤有机质、地下水位、放牧等干扰有显著的相关关系。4) 呼伦贝尔沙地的完工-海拉尔沙带, 樟子松林、贝加尔针茅羊草草甸草原; 科尔沁沙地的油松林、羊草草甸草原、丛生禾草草原具有较高的多样性, 各群落类型随着沙质荒漠化过程的逐渐加剧, 物种丰富度逐渐降低, 其递减趋势分为旱生沙化系列、湿生沙化系列、盐水至水生系列。按各群落类型的物种丰富度递减顺序可分为 6 个级别, 6 个级别所含的群落类型分别对应着稳定沙地(A、B), 固定沙丘(C), 半固定沙丘(D), 半流动沙丘(E), 流动沙丘(F)。

关键词: 东北西部; 植被; 群落多样性; 沙质荒漠化过程

Ecological studies on the relationship between the process of desertization and vegetation dynamics in the west of northeast china: community diversity and desertization process

GUAN Wen-Bin¹, ZENG De-Hui², JIANG Feng-Qi² (1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, China)

Abstract: Plant community diversity is strongly related to DCA ordination coordinate, so it can be utilized to analyze community species diversity. In Kerqin Sandy Land and Hulunbeier Sandy Land, ecological dominance λ and Renyi's evenness E_1 were affected by underground water level. Hill's diversity index of plant community, Hill's evenness E_h and Hill's evenness E'_1 , redefined by the author, were affected by elevation and moisture coefficient, Thornthwaite index, precipitation, underground water level and grazing. Renyi's diversity index, Heip's evenness E_p , and Alatalo's evenness E'_h were affected by longitude, warm index, cold index, Thornthwaite index, soil organic matter, underground water level, grazing. The forest and grassland communities dominated by *Pinus sylvestris* var. *mongolica*, *Stipa baicalensis*, *Aneurolepidium chinenses* are the original vegetations in Wangong-Hailaer of Hulunbeier Sandy Land. In Kerqin Sandy Land, the original *Pinus tabulaeformis* forest, *Quercus mongolica* forest, *Aneurolepidium chinenses* grassland had a high biodiversity. With the aggravation of desertification process, the species richness decreased dramatically. The tendency of decrease included xerophilous sand series, hydric sand series, saline-hydric series, based upon the vegetation community formation. The species richness decreased by following order: stable sand

基金项目: 中国博士后科学基金项目(96200048)及国家自然科学基金项目(39770148)

收稿日期: 1999-09-25 万方数据 日期: 1999-09-25

land (A,B),fixed sand dune (C),semi-fixed sand dune (D),semi-flow sand dune (E),and active sand dune (F).

Key words: the west of northeast China;vegetation;community diversity;process of sandy desertification
文章编号:1000-0933(2000)01-0093-06 中图分类号:Q149 文献标识码:A

荒漠化最明显的标志是自然植被长期丧失、水土流失与沙漠化,其发生、发展过程首先表现为植被的退化与丧失,因而,沙质荒漠化过程与植被动态的生态学过程是对立统一的矛盾。群落是在一定地理区域内,生活在同一环境下的不同种群的集合体,群落内部存在着极为复杂的相互关系,由于系统的加合性或突生性(emergent properties),使得该集合体或生态单元具有与组成它的种群不同的静态和动态特征。群落多样性是群落在结构、功能与动态方面表现的丰富多彩的差异^[1],因而,本文采用不同植物群落多样性指数对中国东北西部沙质荒漠化地区植物群落多样性加以分析,在此基础上探讨群落多样性与沙质荒漠化动态及群落稳定性的关系。

1 研究地区概况

研究地区为东北西部沙质荒漠化地区,主要取样地为呼伦贝尔沙地、科尔沁沙地。呼伦贝尔沙地位于东经 116°30′~120°30′,北纬 47°40′~49°40′,分布于内蒙古东北部的呼伦贝尔高原。从自然分布来看,形成 3 条沙带。第一条称为海拉尔沙带,西起满洲里的乌力吉图,向东经由嵯岗—赫尔洪德—完工—海拉尔,东西走向分布在海拉尔河两岸,滨洲铁路线两侧,以海拉尔南岸为主,沙带全长约 190km,最宽达 35km,面积为 24.6 万 hm^2 ;第二条为南部沙带,从鄂温克旗莫和尔图—西泥河—新巴尔虎左旗白彦布日敦;第三条沙带为中部沙带,西北走向,从新巴尔虎左旗的阿木古郎宝力格—塔日根诺尔—绷巴台,即在呼伦湖与贝尔湖之间。其中第一、三条沙带地处呼伦贝尔草原的腹地。第二条沙带地处森林(樟子松林)与草原的交错带。呼伦贝尔中东部有着深厚的沙物质,地质历史上曾出现过流沙,随着气候环境的变暖变湿,演变为固定沙地。该区森林草原的地带,主要是由于 1901~1911 年沙俄修筑中东铁路,沿滨洲线大肆砍伐森林,除用于修建铁路外,在铁路修好后又进行了掠夺性开发,1931~1945 年间日本侵略者再次进行了破坏性的掠夺,导致了沙质荒漠化发生,现今在嵯岗—赫尔洪德—完工—海拉尔一线的草原上尚有残遗的樟子松疏林或孤树,许多古树长势不良、干形不好,据当地老人讲,是俄日“拔大毛”式的乱伐残留下来的,这些疏林古树已成为历史的见证;该区的沙漠化过程以固定沙丘的活化为主,沙漠化土地的形态特征是固定的抛物线形沙丘迎风坡重新受到风蚀,呈斑块状活化;在整个沙地的上风,乌尔逊河以西,风蚀草原砾质化,在这两种类型之间有吹扬灌丛沙堆发育^[2,3]。

科尔沁沙地位于东北平原西部,沙地主体处于西辽河下游干支流沿岸的冲积平原,北部沙地零散分布于大兴安岭山前冲积台地上^[4]。行政区划包括内蒙古赤峰市东部、哲里木盟中部和南部、兴安盟的西南部、辽宁省西北部和吉林省西部。地质上该区为深厚沙层的第四纪沉积盆地,沉降中心(开鲁)第四系中更新统白色沙层厚达 300m;沙质草原上固定沙丘、半固定沙丘多东西向分布,或平行河流分布(如老哈河东岸、乌尔吉木伦河西南岸),丘间平地开阔,形成坳甸相间的沙区地貌,从大尺度景观来看,沿西辽河流域呈连绵不断的沙带,科尔沁沙地沙化速度达 8.93 万 hm^2/a 。

2 研究方法

采用 Hill 的多样性指数序列(H_0, H_1)、Hill 的均匀度 E_h ^[5]、Renyi 的多样性指数(N_0, N_1)、Renyi 的均匀度 E_1 ^[6~9]、Hill 指数的均匀度 E'_1 ^[6]、Simpson 指数即生态优势度 λ ^[10]、Heip 修正的均匀度 E_p 、Alatalo 修正的均匀度 E'_h ^[1,8,11,12],对植物群落样地及部分植被分类单位层次进行多样性指数的计算,群丛多样性指数由各样地求算的平均值、群系的多样性值为所含群丛多样性指数的平均值。

3 结果与分析

根据前述多样性指数公式编制计算程序,依据组成群落的物种的综合重要值,计算出各群落的(不包括早春植物)多样性指数(表 1)。

表 1 东北西部沙质荒漠化地区 55 个群丛的多样性指数

Table 1 The index of diversity of 55 pieces of association in sandy desertification region in western part of northeast China

群丛 Pieces	λ	E_1	E'_1	E_p	E_h	E'_h	HO	H_1	NO	N_1
1	0.279	0.625	0.363	0.318	0.663	0.587	3.907	2.443	15	5.446
2	0.626	0.472	0.388	0.266	0.686	0.449	2.585	1.220	6	2.329
3	0.221	0.700	0.413	0.381	0.575	0.513	4.248	2.973	19	7.849
4	0.333	0.608	0.400	0.336	0.723	0.635	3.397	2.067	11	4.240
5	0.315	0.679	0.454	0.402	0.609	0.512	3.629	2.488	13	5.965
6	0.296	0.680	0.427	0.384	0.555	0.469	3.850	2.621	15	6.218
7	0.104	0.852	0.638	0.620	0.722	0.699	4.392	3.739	21	13.410
8	0.141	0.839	0.652	0.625	0.779	0.753	3.854	3.235	15	9.699
9	0.195	0.757	0.527	0.491	0.695	0.647	3.807	2.883	14	7.378
10	0.138	0.852	0.669	0.646	0.723	0.692	3.907	3.327	15	10.040
11	0.096	0.864	0.666	0.648	0.782	0.765	4.322	3.735	20	13.31
12	0.106	0.855	0.643	0.625	0.698	0.674	4.392	3.756	21	13.51
13	0.909	0.276	0.605	0.211	0.908	0.473	1	0.276	2	1.211
14	0.449	0.559	0.379	0.301	0.653	0.509	3.17	1.771	9	3.412
15	0.152	0.866	0.726	0.698	0.822	0.797	3.459	2.997	11	7.982
16	0.680	0.722	0.825	0.649	0.892	0.725	1	0.722	2	1.649
17	0.238	0.797	0.655	0.606	0.802	0.755	3	2.390	8	5.243
18	0.265	0.724	0.539	0.484	0.747	0.683	3.293	2.398	10	5.458
19	0.604	0.628	0.743	0.542	0.875	0.666	1.500	1.061	3	2.314
20	0.548	0.522	0.37	0.28	0.617	0.420	3	1.565	8	2.959
21	0.735	0.376	0.496	0.235	0.787	0.448	1.904	0.872	5	2.030
22	0.157	0.942	0.886	0.870	0.898	0.881	3	2.826	8	7.091
23	0.554	0.607	0.580	0.440	0.778	0.610	2	1.214	4	2.319
24	0.177	0.774	0.560	0.524	0.774	0.738	3.7	2.865	13	7.286
25	0.365	0.676	0.496	0.431	0.636	0.538	3.133	2.119	9	4.399
26	0.509	0.598	0.487	0.384	0.673	0.502	2.585	1.547	6	2.923
27	0.369	0.669	0.466	0.407	0.581	0.467	3.322	2.222	10	4.664
28	0.399	0.992	0.991	0.987	0.991	0.987	1.585	1.572	3	2.974
29	0.514	0.549	0.384	0.298	0.597	0.419	3.131	1.734	10	3.477
30	0.498	0.558	0.399	0.313	0.629	0.460	3	1.675	8	3.194
31	0.211	0.733	0.462	0.43	0.569	0.510	4.167	3.056	18	8.318
32	0.692	0.477	0.477	0.425	0.556	0.452	3.459	2.393	11	5.252
33	0.077	0.946	0.854	0.847	0.849	0.839	4.17	3.943	18	15.38
34	0.249	0.681	0.445	0.401	0.701	0.635	3.804	2.601	14	6.3195
35	0.543	0.834	0.848	0.779	0.903	0.817	1.293	1.037	3	2.053
36	0.938	0.206	0.577	0.153	0.925	0.435	1	0.206	2	1.153
37	1	0.001	1	1	1	1	0.001	0.001	1	1
38	0.281	0.720	0.499	0.454	0.594	0.513	3.585	2.583	12	5.990
39	0.247	0.715	0.472	0.431	0.614	0.545	3.807	2.724	14	6.608
40	0.190	0.866	0.757	0.722	0.868	0.842	3	2.598	8	6.055
41	0.304	0.679	0.429	0.389	0.51	0.42	3.907	2.687	15	6.442
42	0.447	0.584	0.369	0.305	0.551	0.404	3.459	2.021	11	4.06
43	0.125	0.972	0.940	0.933	0.948	0.941	3.170	3.081	9	8.46
44	0.291	0.784	0.638	0.586	0.673	0.593	3	2.352	8	5.105
45	0.780	0.324	0.345	0.173	0.762	0.408	2.293	0.759	5	1.712
46	0.265	0.978	0.970	0.960	0.973	0.963	2	1.956	4	3.881
47	0.385	0.685	0.583	0.491	0.806	0.725	2.5	1.710	6	3.359
48	0.432	0.611	0.409	0.343	0.566	0.425	3.322	2.031	10	4.087
49	0.228	0.793	0.621	0.579	0.707	0.65	3.322	2.634	10	6.207
50	0.830	0.334	0.481	0.222	0.834	0.46	1.585	0.53	3	1.444
51	0.978	0.087	0.531	0.062	0.962	0.356	1	0.087	2	1.062
52	0.938	0.206	0.577	0.153	0.925	0.435	1	0.206	2	1.153
53	0.219	0.882	0.795	0.761	0.82	0.78	2.807	2.477	7	5.568
54	0.881	0.216	0.337	0.117	0.841	0.385	2.000	0.433	4	1.350
55	0.181	0.321	0.095	0.861	0.374	2	0.363	4	1.286	

3.1 群落多样性与生态因子的关系

用各群丛的地理因子(经度 B_1 、纬度 B_2 、海拔 B_3)、气象因子(年均有效积温 B_4 、年均降水量 B_5 、年均 8 级以上大风日数 B_6)、水热综合指数(吉良龙夫的温暖指数 B_7 、寒冷指数 B_8 、湿润系数 B_9 、冷暖指数 B_{10} 、*Thornthwaite* 指数 B_{11})、地形因子(微地形:坡度 B_{12} 、坡位 B_{13})、土壤因子(土壤类型 B_{14} 、土壤质地 B_{15} 、土壤有机质 B_{16} 、土壤腐殖质层 B_{17} 、盐碱化程度 B_{18} 、15~30cm 土壤含水量 B_{19})、水文因子(地下水位及排水状况 B_{20})、干扰因子(放牧程度、樵采 B_{21})等 21 个指标作为因变量,选多样性指数 λ 、 E_1 、 E'_1 、 E_p 、 E_h 、 E'_h 、 H_0 、 H_1 、 N_0 、 N_1 ,进行双重筛选逐步回归分析,分别得到如下回归模型:

$$\lambda = 0.7516 - 0.0954B_{20} \text{ (偏相关系数, } -0.464, F_{\alpha(0.01)} = 2.53, F_{\beta(0.01)} = 3.38)$$

$$E_1 = 0.3812 + 0.0729B_{20} \text{ (偏相关系数, } 0.388, F \text{ 值同上)}$$

$E'_1 = 0.6682 + 0.0002B_3 + 0.0013B_5 - 0.0842B_9 - 0.0621B_{21}$ (复相关系数为 0.567, 偏相关系数依次为 0.149, 0.180, -0.241, -0.460, F 值同上)

$E_p = 0.5480 + 0.0342B_{11} + 0.0566B_{20} - 0.0706B_{21}$ (复相关系数为 0.530, 偏相关系数依次为 0.193, 0.299, -0.394, F 值同上)

$E_h = 1.0104 + 0.0016B_3 + 0.0069B_5 - 0.6038B_9 + 0.0083B_{11}$ (复相关系数为 0.952, 偏相关系数依次为 0.557, 0.444, -0.678, 0.491, F 值同上)

$E'_h = -2.3569 + 0.0790B_2 - 0.0335B_7 - 0.0273B_{10} + 0.2451B_{11} - 0.0582B_{21}$ (复相关系数为 0.889, 偏相关系数依次为 0.559, -0.570, -0.639, 0.645, -0.208, F 值同上)

$H_0 = -20.273 + 0.4095B_2 - 0.1332B_7 - 0.1226B_{10} + 1.1104B_{11} - 0.3050B_{16} + 0.0582B_{21}$ (复相关系数为 0.840, 偏相关系数依次为 0.504, -0.420, -0.529, 0.539, -0.161, 0.180, F 值同上)

$H_1 = -11.028 + 0.2478B_2 - 0.0813B_7 - 0.0847B_{10} + 0.7613B_{11} + 0.3809B_{20}$ (复相关系数, 0.749, 偏相关系数依次为 0.429, -0.355, -0.502, 0.509, 0.274, F 值同上)

$N_0 = -5.2015 + 0.1196B_{11} + 1.846B_{20} + 1.054B_{21}$ (复相关系数为 0.958, 偏相关系数依次为 0.526, 0.437, 0.326, F 值同上)

$N_1 = -2.3895 + 0.3600B_{11} + 0.9459B_{20} + 0.3216B_{21}$ (复相关系数为 0.998, 偏相关系数依次为 0.946, 0.364, 0.163, F 值同上)

由上述回归分析可知,在科尔沁沙地、呼伦贝尔沙地,1)对植物群落的生态优势度 λ 、Renyi 的均匀度 E_1 ,有显著影响的生态因子是群落分布的地下水位,由此可见,地下水位是影响沙地植物分布的重要因子;2)对植物群落 Hill 的多样性指数、Hill 的均匀度 E_h 、Hill 指数的均匀度 E'_1 ,有显著影响的生态因子是海拔、湿润系数、*Thornthwaite* 指数、降水量、地下水位、放牧干扰等;3)对植物群落 Renyi 的多样性指数、Heip 修正的均匀度 E_p 、Alatalo 修正的均匀度 E'_h ,有经度、温暖指数、冷暖指数、*Thornthwaite* 指数、土壤有机质、地下水位、放牧等干扰。

3.2 群落多样性与 DCA 排序轴的关系

将多样性指数 λ 、 E_1 、 E'_1 、 E_p 、 E_h 、 E'_h 、 H_0 、 H_1 、 N_0 、 N_1 ,与 DCA 排序的第 1、2、3、4 轴,进行双重筛选逐步回归分析,分别得到如下回归模型:

$\lambda = -0.10153 + 0.00027Ax_2 + 0.00122Ax_3 + 0.00034Ax_4$ (复相关系数为 0.338, 偏相关系数依次为 0.211, 0.186, 0.201, $F_{\alpha(0.05)} = 3.14, F_{\beta(0.05)} = 2.36$)

$$E_1 = 1.21362 - 0.00032Ax_2 - 0.00178Ax_3 \text{ (复相关系数 } 0.410, \text{ 偏相关系数 } -0.292, -0.307, F \text{ 同上)}$$

$$E'_1 = 0.84214 + 0.00011Ax_1 - 0.00147Ax_3 \text{ (复相关系数 } 0.410, \text{ 偏相关系数 } 0.193, -0.298, F \text{ 同上)}$$

$$E_p = 1.06596 - 0.00036Ax_2 - 0.00197Ax_3 \text{ (复相关系数 } 0.433, \text{ 偏相关系数 } -0.314, -0.331, F \text{ 同上)}$$

$$E_h = 0.75573 - 0.00014Ax_1 \text{ (复相关系数 } 0.333, \text{ 偏相关系数依次 } 0.324, F \text{ 同上)}$$

$$E'_h = 1.07989 - 0.00021Ax_2 - 0.00137Ax_3 \text{ (复相关系数 } 0.373, \text{ 偏相关系数 } -0.244, -0.300, F \text{ 同上)}$$

$$H_0 = 3.84478 - 0.00092Ax_1 - 0.00154Ax_4 \text{ (复相关系数 } 0.331, \text{ 偏相关系数 } -0.267, -0.216, F \text{ 同上)}$$

$N_0 = 14.50551 - 0.00462Ax_1 - 0.00877Ax_4$ (复相关系数 0.337, 偏相关系数 -0.258, -0.236, F 同上)

由上述回归分析可知, 1) 科尔沁沙地、呼伦贝尔沙地植物群落的生态优势度 λ 与 DCA 排序的第 2、3、4 轴显著相关; 2) 植物群落的 Renyi 均匀度 E_1 、Heip 修正的均匀度 E_p 、Alatalo 修正的均匀度 E'_h 与 DCA 排序的第 2、3 轴显著相关; 3) 笔者定义的 Hill 指数均匀度 E'_1 与 DCA 排序的第 1、3 轴显著相关; 4) 植物群落的 Hill 均匀度 E_h 与 DCA 排序的第 1 轴显著相关; 5) 植物群落 Hill 的多样性指数 N_0 、Renyi 的多样性指数 H_0 与 DCA 排序的第 1、4 轴显著相关, 因此, 下文可以根据这些研究结果进行群落多样性分析。

3.3 群落多样性与沙质荒漠化过程的关系

植被在特定时空尺度上的稳定性(抗干扰能力)是有限的, 当外界干扰超过群落正常波动范围时, 就会导致群落结构紊乱和功能的失调, 其表现形式是多样性丧失。首先表现出地带性植物群落的优势种与建群种及其种群的破坏、衰退甚至消失, 引起群落生境的退化, 导致群落伴生种和依赖种及其种群的退化和消失, 进一步群落内外的随遇种、广布种或喜好和适应某种生境的种类如喜阳、耐旱、耐瘠薄、耐水湿、耐盐碱的物种迅速侵入, 扩大生态空间, 导致原有物种的进一步退化和丧失, 环境的迅速退化。

在呼伦贝尔沙地的完工-海拉尔沙带, 由于历史上沙俄的掠夺式砍伐, 在科尔沁沙地由于明清以来的移民开垦、清朝末期的烧炭造成的乱伐、50 年代建国初期的水利工程建设(科尔沁沙地西部红山水库工程), 加之牧区定居樵采、垦植等干扰, 造成沙地森林覆被率的大大降低, 导致沙丘的活化, 即生境片段化, 引起沙地环境由“湿凉效应”向“干热效应”的转化, 喜阳、适应干热、短寿命、风力传播型、耐沙植物等一些先锋植物和一些随遇种迅速、大量侵入群落内。另一方面, 原来的一些成分, 既失去了它们所适应的“湿凉”条件, 又面临着新入侵成分的强烈竞争而使种群迅速退化, 进而导致物种流失。

过渡放牧影响下, 首先是偏中生植物和不耐践踏的丛生禾草在草原中消失, 种类组成简单化; 而一些耐旱、耐践踏的植物比例不断, 接着是高度、盖度和生产量有规律的降低。

呼伦贝尔沙地的完工-海拉尔沙带的沙地樟子松林、羊草草甸草原, 科尔沁沙地油松林、羊草草甸草原或丛生禾草典型草原具有较高的多样性(从调查的封育的樟子松疏林、草场可以证明见图 1), 随着沙质荒漠化过程的逐渐加剧, 物种多样性指数急剧降低, 其递减趋势在 DCA 排序第 1 轴上, 植被群系明显地分为 3 个系列, 即旱生沙化系列(图 1, I) 湿生沙化系列(图 1, II) 盐生-水生系列(图 1, III) 其递减顺序, 可分为 6 个级别(由 10 个多样性指数, 逐步聚类分析, 6 个级别以大写英文字母标于 DCA 排序图上, 图 1), A) 沙地温性油松林、沙地阔叶杂木林、典型草甸草原 > B) 沙地湿生阔叶林、沙地寒温性樟子松林、典型草原(冰草草原) > C) 类沙化草原(粘隐子草草原)、类沙化草甸 > D) 草类沙地灌丛(小红柳灌丛、草类小叶锦鸡儿灌丛、草类差巴嘎蒿半灌丛)、盐生草甸 > E) 沙化灌丛(沙蓬小叶锦鸡儿灌丛、雾冰藜差巴嘎蒿半灌丛、小黄柳灌丛)、沙化灌草丛、沙化草原(百里香草原)、沙化草甸(杂类草黄蒿草甸、寸草苔草甸、马蔺草甸) > F) 沙地草塘、沙地沼泽、沙地短命植物群丛。上述 6 个级别代表了稳定沙地(A、B)、固定沙丘(C)、半固定沙丘(D)、半流动沙丘(E)、流动沙丘(F)。

4 小结与讨论

4.1 植物群落的多样性指数分别与 DCA 排序的轴有显著的相关关系, 因而可以利用其进行群落物种多样性的分析。

4.2 在科尔沁沙地、呼伦贝尔沙地, 1) 对植物群落的生态优势度 λ 、Renyi 的均匀度 E_1 , 有显著影响的生态因子是群落分布的地下水位, 由此可见, 地下水位是影响沙地植物分布的重要因子; 2) 对植物群落 Hill 的多样性指数、Hill 的均匀度 E_h 、笔者定义的 Hill 的指数均匀度 E'_1 , 有显著影响的生态因子是海拔、湿润系数、Thornthwaite 指数、降水量、地下水位、放牧干扰等; 3) 对植物群落 Renyi 的多样性指数、Heip 修正的均匀度 E_p 、Alatalo 修正的均匀度 E'_h , 有经度、温暖指数、冷暖气指数、Thornthwaite 指数、土壤有机质、地下水位、放牧等干扰。

4.3 呼伦贝尔沙带的完工-海拉尔沙带, 樟子松林、羊草草甸草原, 科尔沁沙地油松林、羊草草甸草原或丛生禾草典型草原具有较高的多样性, 随着沙质荒漠化过程的逐渐加剧, 物种丰富度急剧降低, 其递减趋势,

按植物群系分为旱生沙化系列、湿生沙化系列、盐生-水生系列,按物种丰富度分为递减顺序可分为 6 个级别,分别代表了稳定沙地(A、B),固定沙丘(C),半固定沙丘(D),半流动沙丘(E),流动沙丘(F),因此,群落多样性指数可作为沙质荒漠化过程评价的重要指标。

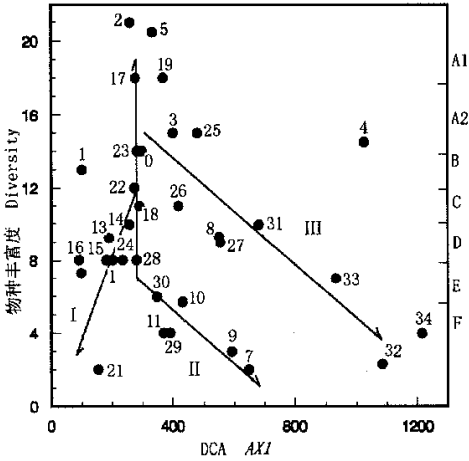


图 1 东北西部沙质荒漠化地区 34 个群落的物种丰富度(DCA 排序第 1 轴)

Fig. 1 The species richness of 34 pieces of formation of sandy desertification region in western part of northeast China. (The axis of No. 1 of DCA ordination)

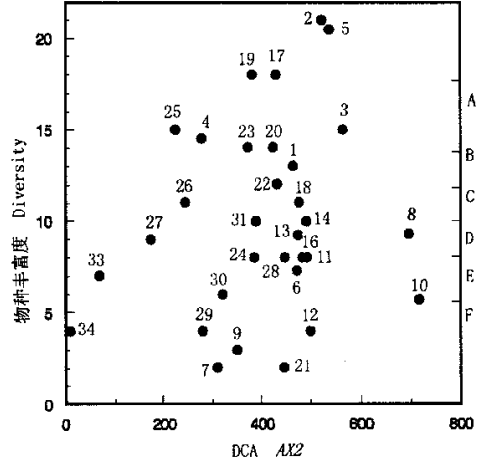


图 2 东北西部沙质荒漠化地区 34 个群落的物种丰富度(DCA 排序第 2 轴)

Fig. 1 The species richness of 34 pieces of formation of sandy desertification region in western part of northeast China. (The axis of No. 2 of DCA ordination)

参考文献

[1] 马克平. 生物群落多样性的测度方法. 见:钱迎倩、马克平主编. 生物多样性研究的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社. 1994.

[2] 朱震达,陈广庭,等著. 中国土地沙质荒漠化,北京:科学出版社. 1994.

[3] 吴 正. 风沙地貌学. 北京:科学出版社. 1987.

[4] 刘新民,赵哈林. 赵爱芬主编. 科尔沁沙地风沙环境与植被. 北京:科学出版社.

[5] Hill M O. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 1973, **54**(2): 427~432.

[6] 关文彬. 中国东北地区植被生物多样性的研究(I)寒温带针叶林区域垂直植被组成的多样性分析. *应用生态学报*, 1997, **8**(5): 465~470.

[7] He X S & Orloci L. Comparative diversity analysis of Vegetation. *Abstracta Botanica* 1993, **17**(1~2): 79~86.

[8] Ludwig J A and Reynolds J F. *Statistical Ecology*. Wiley, New York, 1988.

[9] Orloci L. Entropy and Information. *Ecological computations Sevies (ECS)*: vol. 3 SPB Academic Publishing bv, The Hague, 1991.

[10] 王伯荪,彭少麟. 鼎湖山森林群落分析(IV)生态优势度. *中山大学学报*. 1986, (2): 93~97.

[11] 马克平,刘灿然,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 III. 几种类型森林群落的种-多度关系. *生态学报*, 1997, **7**(6): 573~583.

[12] 叶万辉,关文彬. 关于群落物种多样性测试的时空尺度问题. *生物多样性研究进展*. 北京:中国科学技术出版社. 1995.