

荒漠化草原人工封育区植物生态位研究

——以宁夏盐池为例

李 瑞¹, 张克斌¹, 杨晓晖², 杨俊杰¹, 乔 峰¹

(1. 北京林业大学水保学院, 北京 100083; 2. 中国林科院林研所, 北京 100091)

摘要: 运用 Levins 生态宽度指数及 Pianka 生态位重叠指数对宁夏盐池荒漠草原人工封育区 2002 年及 2003 年生态位宽度及生态位重叠进行计量。结果表明: 2002 年封育区茵陈蒿、狗尾草生态位宽度值最大, 分别为 0.758、0.505, 是 2002 年封育区的优势种; 2003 年封育区的优势种是茵陈蒿、狗尾草、老瓜头、苦豆子, 其生态位宽度值分别为 0.868, 0.567, 0.563, 0.552。最大生态位重叠值 2002 年与 2003 年均未出现在优势种之间, 2002 年出现在赖草与叉枝鸢葱、新疆猪毛菜与志远之间; 2003 年出现在沙珍珠豆与中亚虫实、沙珍珠豆与狭叶米口袋、中亚虫实与狭叶米口袋之间。

关键词: 盐池; 封育区; 生态位宽度; 生态位重叠

中图分类号: S 812

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)02-0213-04

The Studies on Vegetable Niche of Prohibited Grassland in Desertification Region

——Taking Yanchi County, Ningxia Hui Autonomous as an Example

LI Rui¹, ZHANG Ke-bin¹, YANG Xiao-hui², YANG Jun-jie¹, QIAO feng¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Forest, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: The niche breadth and niche overlapping in desertification grassland region prohibited in Yanchi county, Ningxia Hui Autonomous were measured in 2002 and 2003 by means of using Levins (1968) niche breadth and Pianka niche overlapping indexes. The results show as follow: the niche breadth of *Artemisia capillaries* and *Setaria viridis* were bigger than other species in the region in 2002. In 2003, the dominant species were *Artemisia capillaries*, *Setaria viridis* and *Cynanchum komarovii* etc. Their niche breadth indexes were 0.868, 0.567, and 0.563. The biggest niche overlapping did not appear among dominant species. In 2002, the biggest niche overlapping appeared among *L. secalinus* and *Scorzonera divaricata*, *Salsola sinkiangensis* A. J. Li and *Polygala tenuifolia*. In 2003, the biggest niche overlapping appeared among *Oxytropis pasmmocharis* and *Corispermum heptapotamicum* Iljin, *Oxytropis pasmmocharis* and *Gueldenstaedtia stenophylla* Bge etc.

Key words: Yanchi; closing region; niche breadth; niche overlapping

Grinnell 1917 年最早给出了生态位定义, 认为生态位是由一物种或亚种占据的最后单元。此后国外许多学者又提出了多种生态位定义^[1-3], 并对生态位称宽度测度、植物种群对资源的分割利用、生态位在不同资源条件下的变化与适应、物种生态位关系与种间竞争和共存的关系等方面进行了深入研究^[4-6]; 国内学者王刚等对生态位及测度方法^[7,8]也进行了研究。目前, 各种植被类型的生态位研究如高寒草甸^[10]均有报道, 而关于干旱半干旱区荒漠植物种群生态位方面的研究较少。

本文结合宁夏盐池荒漠化监测项目, 以荒漠化草原人工封育区 20 多种植物为研究对象, 探讨它们的生态位变化情况, 揭示干旱荒漠环境下植物生态位变化规律, 为进一步研究生态系统稳定性提供依据。

1 研究区自然概况

盐池县位于宁夏回族自治区东部, 北纬 37°04' ~ 38°10', 东经 106°30' ~ 107°41'。盐池县北与毛乌素沙漠相连, 南靠黄土高原, 在地理位置上属于一个典型的过渡地带。即: 自南向北地形上是从黄土高原向鄂尔多斯台地(沙地)过渡地带, 在气候上是从半干旱区向干旱区的过渡地带, 在植被上是从干草原向荒漠的过渡地带, 在资源利用上是从农区向牧区过渡地带。这种地理上的过渡性造成了本县自然条件资源的多样性和脆弱性特点。

盐池县主要为剥蚀的准平原地形, 全县地势南高北低, 海拔高度在 1 295 ~ 1 951 m 之间, 南北明显地分为黄土丘陵和鄂尔多斯缓坡丘陵两大地貌单元。该县属于典型中温带大陆性气候, 年均气温为 8.1℃, 极端最高均温为 34.9℃, 极端最

① 收稿日期: 2005-04-08

基金项目: 国家林业局项目(盐池荒漠化定位监测 660550); 国家自然科学基金(30171205)

作者简介: 李瑞(1979-), 男, 博士在读, 主要研究方向为荒漠化防治与监测。

低温为 -24.2℃, 年均无霜期为 165 d; 年降水仅 250~350 mm, 从南向北, 从东南向西北递减。土壤类型以灰钙土为主, 其次是黑垆土和风沙土, 此外有黄土, 少量的盐土、白浆土等。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地植被和荒漠植被。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大, 分布也广。草原分干草原和荒漠草原, 群落中常见植物种类以旱生和中旱生类型为主。

2 研究方法

2.1 样地布设及取样

本文结合国家荒漠化定位监测项目, 依据当地主要土地利用(荒漠化)类型和主要荒漠化治理工程种类, 按照典型性、代表性和科学性的设置原则, 选择有代表性地段, 采用 GPS 定位, 分别设置固定样地, 进行定位监测。封育区按照封育区核心、封育区边缘、封育区外围(对照)划分成三条样带, 样带间隔 2 km。在每个样带 200 m × 200 m 的范围内随机布设 4 个 1.5 m × 1.5 m 的样方, 计 12 个。调查内容主要包括: 植物名称、植物种数、株数、盖度、高度、生物量(鲜重)等。调查时间选择在每年的 7~8 月(植物生长季节), 考虑到 2002 年与 2003 年的总降雨量相当(分别为 399.1 mm、352.1 mm), 故选择 2002、2003 两年的数据进行盐池人工封育区生态位研究。

2.2 数据处理方法

2.2.1 重要值计测

采用日本学者沼田真^[9](1979)的计测方法:

重要值 = (相对多度 + 相对盖度 + 相对频度 + 相对高度) / 400

2.2.2 生态位宽度计测

采用 Levins^[10](1968)生态位宽度计算公式:

$$B_L = 1/r \sum_{j=1}^r P_{ij}^2$$

式中: B_L ——物种的生态位宽度; p_{ij} ——物种 i 在第 j 资源位上的重要值占它所在全部资源位上重要值的比例; r ——样方数(文中 $r=12$)。

2.2.3 生态位重叠计测

采用 Pianka^[11]生态位重叠指数:

$$O_p = \frac{\sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj}}{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \sum_{j=1}^r P_{kj}^2}$$

式中: O_p ——物种 i 与物种 k 的重叠值, 其它符号含义同 2.2.2。

3 结果分析

3.1 生态位宽度

2002 年、2003 年宁夏盐池荒漠草原人工封育区植物生态位宽度计算结果见表 1、表 2。从表 1 可以看出, 2002 年封育区生态位 Levins 宽度值从大到小排列顺序为: 茵陈蒿、狗尾草、苦豆子、虎尾草、蒙古虫实、达乌里胡枝子、老瓜头、草木樨状黄芪……其中茵陈蒿和狗尾草的生态位宽度最大, 分别为 0.758 和 0.505, 是封育区的优势种。茵陈蒿又名绒蒿, 为菊科多年生草本植物, 高 40~100 cm; 具有耐严寒、耐涝、耐旱等生物学特性, 故其生活力极强, 对环境资源利用能力较强, 在封育区分布较为均匀, 是一种泛化种。2002 年封育区生态位宽度最小的几种植物为: 新疆猪毛菜、远志、平卧碱蓬、狭叶米口袋、绳虫实等, 其生态位宽度皆为 0.083, 表现出较窄的生态位, 都只在一个样方中出现, 说明这 5 种植物在封育区空间分布极不均匀, 适宜生存的生境较少, 对群落

生境的要求苛刻, 是封育区的特化种。

从表 2 可以看出, 2003 年封育区生态位 Levins 宽度值从大到小排列的顺序为: 茵陈蒿、狗尾草、老瓜头、苦豆子、雾冰藜、新疆猪毛菜、丝叶山苦荚……其中茵陈蒿、狗尾草、老瓜头、苦豆子等四种植物生态位宽度值最大, 分别为 0.868、0.567、0.563、0.552, 是 2003 年封育区的优势种群, 这 4 种植物中又以茵陈蒿为代表, 其生态位宽度值远远大于封育区其他植物, 在 2003 年外业调查的 12 个样方中均有茵陈蒿分布。2003 年由于阿尔泰狗娃花、中亚细柄茅分布相对较为集中, 使其生态位宽度值不大(分别为 0.312、0.242), 但他们的重要值却很高, 这表明了物种的生态位宽度大小与其在群落中的优势度不成正相关。

调查中发现, 2003 年在 2002 年基础上封育区主要建群种的多项指标均有增加。对照表 1、表 2 不难看出, 封育区主要建群种的生态位 Levins 宽度值均有提高, 如茵陈蒿从 0.758 提高到 0.868、狗尾草从 0.505 提高到 0.567, 可见封育对荒漠地区植被恢复极为有利; 由于采取了封育措施, 避免了放牧、开采、挖掘等人为干扰, 使得封育区资源环境得到改善, 从而给其他植物的入侵创造了有利的资源条件, 如雾冰藜、蒙疆苓菊、藜、乳浆大戟等 8 种植物侵入封育区。同时, 2002 年生态位较窄的特化种叉枝鸦葱、平卧碱蓬、小画眉草、绳虫实、虎尾草等 5 种植物由于资源环境的改变、其他植物的侵入等多种原因而导致其消失, 但这并没有影响封育区物种多样性的增加。

3.2 生态位重叠

2002 年、2003 年生态位重叠计测结果见表 3、表 4。从表 3 可知, 2002 年封育区生态位重叠最大的是赖草与叉枝鸦葱、新疆猪毛菜与志远, 他们之间的 Pianka 生态位重叠指数计算值都为 1(事实上只是它们对资源的利用无限接近, 而不能完全一致, 故重叠值只是无限接近 1 而不能达到 1), 而茵陈蒿等优势种与其他物种的重叠值都不高, 最大生态位重叠值是和狗尾草之间的重叠, 也仅 0.87。由此可以判定: 生态位宽度大的物种不一定和其他物种有大的重叠值, 反之亦然。

2003 年的重叠情况和 2002 年类似, 最大值也没有发生在生态位较大的几种优势种之间, 而是出现在沙珍珠豆与中亚虫实、沙珍珠豆与狭叶米口袋、中亚虫实与狭叶米口袋之间, 分别是 0.97、0.97、1。

4 结论与讨论

(1) 生态位宽度是反映物种对环境资源利用状况的尺度, 它不仅与物种的生态学和进化生物学特征有关, 而且与种间的相互适应与相互作用有密切的联系。生态位宽度越大表明物种对环境的适应能力越强, 对各种资源的利用较为充分, 而且在群落中往往处于优势地位。茵陈蒿的生物、生态学特性决定了它在该区的优势地位, 2002 年、2003 年其生态位宽度远远高于其它物种(为 0.758 和 0.868), 并且继续保持上升趋势。

(2) 生态位重叠反映种群之间对资源利用的相似程度和竞争关系。较高的生态位重叠意味着种群之间对环境资源具有相似的生态学要求, 因而可能存在着激烈的竞争^[12]。多数关于生态位的研究认为, 较大的生态位宽度常常伴随着较高的生态位重叠^[13~16]。宁夏盐池荒漠草原人工封育区生态位研究结果表明, 较高的生态位宽度和较高的生态位重叠之间并不存在直接的线性关系, 2002 年、2003 年较高的 Pianka 生态位重叠值都出现在生态位宽度较小的物种之间, 这一现象从另外一个角度说明植被恢复过程环境资源存在着高度的空间异质性。All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 宁夏盐池荒漠草原 2002 年人工封育区生态位宽度表

植物名称	重要值比例												生态位宽度
	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	P_{i5}	P_{i6}	P_{i7}	P_{i8}	P_{i9}	P_{i10}	P_{i11}	P_{i12}	
1 茵陈蒿	0.08		0.17	0.04	0.07	0.11	0.09	0.13	0.04	0.14	0.08	0.05	0.758
2 赖草	0.81	0.19											0.120
3 狗尾草	0.04	0.07	0.26		0.08	0.08	0.16	0.2		0.11			0.505
4 阿尔泰狗娃花	0.24			0.09	0.27		0.41						0.271
5 叉枝鸦葱	0.81	0.19											0.120
6 虎尾草	0.09	0.09		0.21	0.23	0.3	0.09						0.395
7 草木樨状黄芪	0.39	0.24					0.23				0.14		0.294
8 蒙古虫实	0.35	0.1		0.19				0.28			0.09		0.327
9 沙珍棘豆	0.51				0.26		0.23						0.219
10 中亚细柄茅		0.49		0.05	0.18					0.22	0.06		0.255
11 苦豆子		0.06		0.05	0.03	0.08			0.28	0.14	0.09	0.27	0.432
12 达乌里胡枝子		0.36			0.07	0.05	0.26	0.25					0.310
13 新疆猪毛菜		1											0.083
14 远志		1											0.083
15 平卧碱蓬			1										0.083
16 丝叶山苦菜				0.31	0.69								0.146
17 小画眉草				0.13					0.36		0.34	0.17	0.285
18 老瓜头					0.19	0.19					0.29	0.34	0.306
19 狭叶米口袋					1								0.083
20 绳虫实							1						0.083
21 地锦									0.71		0.29		0.142

表 2 宁夏盐池荒漠草原 2003 年人工封育区生态位宽度表

植物名称	重要值比例												生态位宽度
	P_{i1}	P_{i2}	P_{i3}	P_{i4}	P_{i5}	P_{i6}	P_{i7}	P_{i8}	P_{i9}	P_{i10}	P_{i11}	P_{i12}	
13 新疆猪毛菜	0.14	0.17	0.09	0.27		0.33							0.349
1 茵陈蒿	0.046	0.088	0.037	0.031	0.079	0.103	0.054	0.077	0.116	0.135	0.123	0.111	0.868
4 阿尔泰狗娃花	0.35	0.31	0.04	0.14			0.16						0.312
3 狗尾草	0.14	0.12		0.25	0.09		0.09	0.14			0.08	0.09	0.567
2 赖草	0.42		0.32	0.26									0.241
7 草木樨状黄芪	0.37		0.12				0.11	0.4					0.258
23 雾冰藜	0.68			0.32									0.493
11 苦豆子		0.13	0.1		0.11			0.16	0.18	0.2	0.12		0.552
16 丝叶山苦菜		0.26					0.26				0.17	0.31	0.319
18 老瓜头			0.136	0.123	0.157		0.092		0.137		0.171	0.184	0.563
10 中亚细柄茅			0.49			0.1	0.28					0.13	0.242
12 达乌里胡枝子			0.57				0.43						0.163
14 远志			0.31	0.24			0.45						0.233
24 蒙疆苓菊			1										0.083
9 沙珍棘豆			0.2					0.8					0.123
25 鳢蓟				1									0.083
26 砂蓝刺头				1									0.083
27 沙鞭					0.64		0.36						0.154
28 披针叶黄华					0.41	0.28				0.16		0.15	0.282
8 蒙古虫实						0.81		0.19					0.120
9 乳浆大戟							0.44			0.56			0.164
22 中亚虫实								1					0.083
19 狭叶米口袋								1					0.083
21 地锦									1				0.083

表 3 宁夏盐池荒漠草原 2002 人工封育区生态位重叠表

物种代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	0.24	0.87	0.43	0.24	0.48	0.36	0.47	0.39	0.27	0.44	0.39	0	0	0.12	0.24	0.31	0.43
2		1	0.14	0.42	1.00	0.24	0.82	0.72	0.81	0.20	0.03	0.16	0.23	0.23	0	0	0	0
3			1	0.43	0.14	0.36	0.32	0.38	0.31	0.31	0.16	0.60	0.17	0.17	0	0.18	0	0.14
4				1	0.42	0.55	0.64	0.36	0.84	0.17	0.05	0.44	0	0	0.16	0.51	0.04	0.11
5					1	0.24	0.82	0.72	0.81	0.20	0.03	0.16	0.23	0.23	0	0	0	0
6						1	0.32	0.35	0.45	0.37	0.23	0.37	0.20	0.20	0.46	0.64	0.11	0.42
7							1	0.64	0.77	0.41	0.12	0.53	0.45	0.45	0	0	0.17	0.15
8								1	0.57	0.22	0.11	0.41	0.20	0.20	0.38	0.15	0.20	0.10
9									1	0.13	0.03	0.24	0	0	0	0.38	0	0.15
10										1	0.29	0.64	0.86	0.86	0.09	0.32	0.09	0.17
11											1	0.12	0.14	0.14	0.11	0.11	0.77	0.61
12												1	0.69	0.69	0	0.12	0	0.08
13													1	1	0	0	0	0
14														1	0	0	0	0
15															1	0.41	0.24	0
16																1	0.10	0.33
17																	1	0.56
18																		1
19																		
20																		
21																		

注: 物种代号同表 1。

表 4 2003 年宁夏盐池荒漠草原人工封育区主要建群种生态位重叠表

物种代号	13	1	4	3	2	7	23	11	16	18	10	12	14	24	9	25	26	27	28	8	29	22	19	21
13	1	0.44	0.57	0.57	0.55	0.23	0.49	0.164	0.18	0.24	0.27	0.15	0.32	0.18	0.05	0.55	0.55	0	0.35	0.55	0	0	0	0
1		1	0.36	0.57	0.22	0.33	0.29	0.82	0.58	0.70	0.32	0.20	0.23	0.12	0.27	0.10	0.87	0.31	0.59	0.38	0.45	0.25	0.25	0.37
4			1	0.68	0.65	0.52	0.73	0.22	0.46	0.19	0.21	0.25	0.38	0.08	0.02	0.27	0.27	0.15	0	0	0.19	0	0	0
3				1	0.55	0.54	0.61	0.39	0.49	0.57	0.16	0.14	0.44	0	0.35	0.65	0.65	0.32	0.24	0.08	0.14	0.37	0.37	0
2					1	0.58	0.83	0.14	0	0.33	0.45	0.43	0.46	0.54	0.13	0.44	0.44	0	0	0	0	0	0	0
7						1	0.65	0.34	0.10	0.12	0.27	0.29	0.26	0.21	0.73	0	0	0.09	0	0.16	0.12	0.70	0.70	0
23							1	0	0	0.46	0	0	0.58	0	0	0.42	0.44	0	0	0	0	0	0	0
11								1	0.27	0.51	0.21	0.21	0.13	0.26	0.46	0	0	0.25	0.37	0.09	0.40	0.41	0.41	0.46
16									1	0.56	0.38	0.31	0.38	0	0	0	0	0.25	0.17	0	0.31	0	0	0
18										1	0.51	0.43	0.49	0.35	0.09	0.32	0.32	0.47	0.44	0	0.15	0	0	0.36
10											1	0.95	0.79	0.83	0.20	0	0	0.23	0.15	0.17	0.29	0	0	0
12												1	0.87	0.80	0.19	0	0	0.29	0	0	0.37	0	0	0
14													1	0.52	0.13	0.40	0.40	0.37	0	0	0.46	0	0	0
24														1	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9															1	0	0	0	0	0.22	0	0.97	0.97	0
25																1	1	0	0	0	0	0	0	0
26																	1	0	0	0	0	0	0	0
27																		1	0.66	0	0.30	0	0	0
28																			1	0.50	0.23	0	0	0
8																				1	0	0.23	0.23	0
29																					1	0	0	0
22																						1	1	0
19																							1	0
21																								1

注: 物种代号同表 2。

(3) 植被恢复的过程就是群落的建立和演替过程, 核心是物种的更替。物种更替是群落环境演变、物种的环境适应性、竞争作用等种间关系几方面共同作用的结果和集中表现, 这几方面的变化是互动的^[17]。茵陈蒿独特的生物、生态学特性, 使其迅速在封育后的短短几年(2000 年封育) 成为封育区的优势种。茵陈蒿群落的建立改变了封育区群落环

境, 为其他种群的侵入和壮大创造了稳定的基质基础, 此后群落将继续演替。预计经过 5-10 年或更长时间的演替封育区植物群落接近于地带性稳定, 生态位重叠程度有所下降, 种群之间经过竞争排除作用等生态过程产生了一定程度的生态位分化, 种间关系和群落结构趋于稳定。

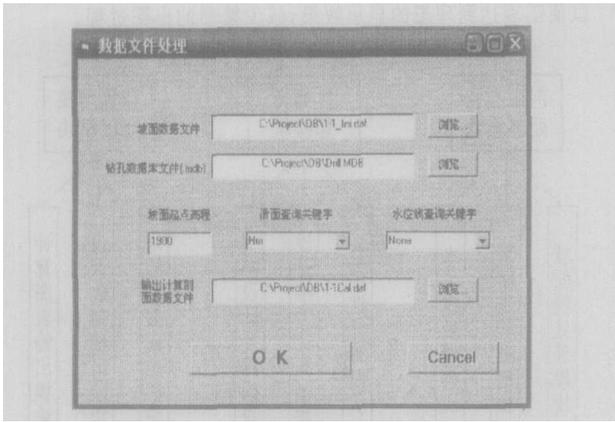


图 2 生成剖面数据文件界面

桩内力如图 3。

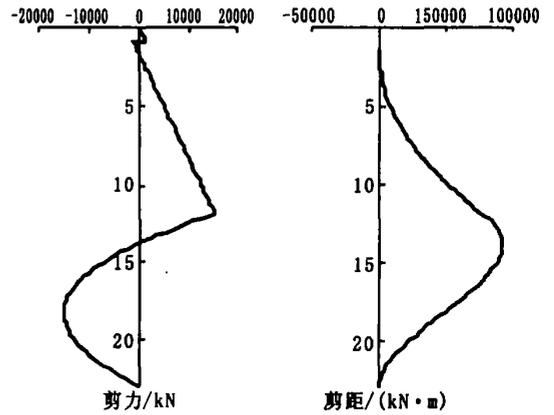


图 3 桩身内力图

(4) 计算数据导出。当计算工作完成后, 该软件能导出计算输入数据和计算结果数据, 程序利用 Excel 直观地、便于分析的表格功能, 对滑坡计算的基础数据, 通过 ActiveX 功能形成 Excel 表格文件, 通过建立的模板文件, 计算书文件可以自动生成, 不需要经过修改。

(5) 绘制抗滑桩桩身内力图。推力计算完后, 依据推力进行抗滑桩内力计算抗滑桩内力是设计抗滑桩结构的依据。建立一个美观、实用的模板, 和导出计算数据相通, 将桩身内力数据导入, 通过 ActiveX 调用 Excel 的图表功能, 形成锚拉

参考文献:

[1] 王霞敏. ActiveX 技术的研究与应用[J]. 微型电脑应用, 2003, 19(2): 63- 64.
 [2] 肖玉华. 基于 ActiveX 技术的 AutoCAD 与 Excel 软件之间的通信[J]. 福建电脑, 2002, (11): 34- 35.
 [3] 荣冰, 徐炜民. 使用 DAO 访问 Access 数据表的 Binary 字段[J]. 计算机工程, 1999, 25(10): 67- 68.
 [4] 陈祖耀. 岩质高边坡稳定分析方法与软件系统[J]. 水利发电, 1998, (3): 48- 51.

4 结 论

利用 VB 编程功能, 结合 AutoCAD、Excel 的 ActiveX 功能, 进行滑坡稳定性计算与治理工程设计的软件开发, 具有界面友好, 实用性强, 操作简便, 可以快速输入和输出数据, 通过利用该软件对某滑坡稳定性进行计算与治理工程设计, 表明了该软件能大量节省滑坡稳定性计算与治理工程设计的时间, 提高计算效率, 运用到工程实践上是行之有效的。

(上接第 216 页)

参考文献:

[1] 余世孝. 数学生态学导论[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1995. 23- 25.
 [2] Krebs C J. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance[M]. New York: Fairfield Graphics. 1978. 225- 228.
 [3] Sylvain D, Daniel C, Clementine G C. Niche separation in community analysis: A new method[J]. Ecology, 2000, 81(10): 2914- 2927.
 [4] Arbams P A. Alternative models of character displacement and niche shift 1. Adaptive shifts in resource use when there is competition for nutritionally nonsubstitutable resources[J]. Evolution, 1987, 41(3): 651- 661.
 [5] Berendse F. Inter - specific competition and niche differentiation between Plantago lanceolata and Anthoxanthum odoratum in a natural hayfield[J]. J Ecol, 1983, 71: 379- 390.
 [6] Odum E P. Basic Ecology[M]. CBS College Publishing, 1982. 401- 407.
 [7] 王刚. 植物群落中生态位重叠的计测[J]. 植物生态学与地植物学从刊, 1984, 8(4): 329- 335.
 [8] 王刚. 关于生态位定义的探讨及生态位重叠计测公式改进的研究[J]. 生态学报, 1984, 4(4): 119- 127
 [9] 戈峰. 现代生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 263.
 [10] 魏志琴, 等. 珍稀濒危植物群落主要种群生态位特征研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(1): 1- 4.
 [11] 毕润成, 等. 山西南部脱皮榆种群生态位的研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(7): 1266- 1271.
 [12] Silvertown J W. Plants in limestone pavements: tests of species interaction and niche separation[J]. J. Ecol., 1983, 71: 819- 828.
 [13] 张林静, 岳明, 赵桂仿. 生态位不同计测方法在绿洲荒漠交错带应用的比较分析[J]. 生态学杂志, 2002, 21(4): 71- 75.
 [14] Walker B. Conserving biological diversity through ecosystem resilience[J]. Conser. Biol., 1995, 9: 747- 752.
 [15] 陈波, 周兴民. 三种高草群落中若干植物种的生态位宽度与重叠分析[J]. 植物生态学报, 1995, 19: 158- 169.
 [16] 郭全邦, 刘玉成, 李旭光. 缙云山森林次生演替序列优势种群生态位[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1997, 22: 73- 78.
 [17] 张继义, 赵哈林, 等. 科尔沁沙地植物群落恢复演替系列种群生态位动态特征[J]. 生态学报, 2003, 23 (12): 1241- 1246.