

# 黄河三角洲植被演替过程种群生态位变化研究\*

白世红<sup>1,2</sup> 马风云<sup>1,2\*\*</sup> 侯栋<sup>1,2</sup> 王迪<sup>1,2</sup>

(1. 山东农业大学林学院 泰安 271018; 2. 农业生态与环境重点实验室 泰安 271018)

**摘要** 对黄河三角洲天然湿地陆生植被和水生植被两种演替序列的种群生态位宽度和生态位重叠进行了调查研究。结果表明: 陆生植被经过翅碱蓬群落、碱蓬柽柳群落、柽柳群落、白茅群落的演替过程, 每个阶段优势种的生态位宽度都较大。翅碱蓬群落阶段优势种翅碱蓬的生态位宽度达 9.99, 碱蓬柽柳群落阶段碱蓬的生态位宽度为 9.72, 柽柳群落阶段柽柳的生态位宽度为 9.20, 白茅群落阶段白茅的生态位宽度为 9.31。水生植被的演替序列为眼子菜金鱼藻群落(沉水植物)阶段、浮萍水鳖群落(浮水植物)阶段、芦苇水烛群落(挺水植物)阶段和杞柳芦苇群落(湿生植物)阶段, 沉水植物阶段优势种眼子菜的生态位宽度为 8.62, 浮水植物阶段优势种浮萍生态位宽度为 9.23, 挺水植物阶段优势种芦苇的生态位宽度为 8.59, 湿生植物阶段优势种杞柳生态位宽度为 7.45。生态位宽度计测结果较好地对应着各种群在群落中的地位和作用, 生态位宽度在演替系列中的动态也较好地反映了种群在群落演替过程的数量动态。各演替阶段生态位重叠计算结果表明, 各阶段种群间的生态位重叠值低, 每一阶段内种群间有较高的生态位重叠。

**关键词** 黄河三角洲 陆生植被 水生植被 演替阶段 生态位宽度 生态位重叠

中图分类号: Q145 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2010)03-0581-07

## Change in population niche during vegetation community succession in the Yellow River Delta

BAI Shi-Hong<sup>1,2</sup>, MA Feng-Yun<sup>1,2</sup>, HOU Dong<sup>1,2</sup>, WANG Di<sup>1,2</sup>

(1. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 2. Key Laboratory for Agricultural Ecology and Environment, Tai'an 271018, China)

**Abstract** Based on the plant ecological survey on main vegetation communities in the Yellow River Delta, the population niche breadth and overlap of succession series of both terrestrial and aquatic vegetation were analyzed. The results show that terrestrial vegetation succession occurs in the following stages: *Suaeda salsa* community → *S. glauca* + *Tamarix chinensis* community → *T. chinensis* community → *Imperata cylindrica* community. The dominant species in each succession stage exhibits a large niche breadth and importantly influences on the community. Niche breadth of *S. salsa* in *S. salsa* community is 9.99, that of *S. glauca* in *S. glauca*+*T. chinensis* community is 9.72, it is 9.20 for *T. chinensis* in *T. chinensis* community, and is 9.31 for *I. cylindrica* in *I. cylindrica* community. The succession stages for aquatic vegetation are: *Potamogeton* spp+*Ceratophyllum demersum* community (immersed vegetation) → *Lemna minor*+*Hydrocharis dubia* community (floating vegetation) → *Phragmites communis* +*Typha angustifolia* community (emergent aquatic vegetation) → *Salix integra*+*P. communis* community (hygrophyte vegetation). Niche breadth of *Potamogeton* spp in immersed vegetation is 8.62, that of *L. minor* in floating vegetation is 9.23, it is 8.59 for *P. communis* in emergent aquatic vegetation, and 7.45 for *S. integra* in hygrophyte vegetation. Niche breadth well corresponds to the role of population in the communities, which changes during succession series in response to population dynamics. The niche overlap is lower among populations in different succession stages, and higher among population inner the same succession stage.

**Key words** Yellow River Delta, Terrestrial vegetation, Aquatic vegetation, Succession stage, Niche breadth, Niche overlap

(Received Jan. 12, 2010; accepted March 23, 2010)

\* 国家自然科学基金项目(30970449)资助

\*\* 通讯作者: 马风云(1965~), 男, 博士, 副教授, 主要从事森林生态学领域的教学和研究工作。E-mail: sdmfy@sda.edu.cn

白世红(1964~), 女, 硕士, 教授, 主要从事林学、生物统计等课程的教学与科研工作。E-mail: bsh@sda.edu.cn

收稿日期: 2010-01-12 接受日期: 2010-03-23

生态位(Niche)概念最早是由 Grinnell<sup>[1]</sup>提出的, 用来表示对栖息地再划分的空间单位。Elton<sup>[2]</sup>对生态位的定义为物种在生物群落中的地位和角色。自从生态位理论提出后, 国外学者首先对其进行了广泛的研究<sup>[3~6]</sup>。国内对生态位理论的研究始于 20 世纪 80 年代, 90 年代以后对生态位的关注迅速增多<sup>[7~14]</sup>。由于生态位理论研究在物种间关系、生物多样性、群落结构及演替和种群进化等方面的应用, 并取得了一定的成果, 生态位研究成为近年来种群和群落生态学研究中非常活跃的领域, 对理论生态学的发展产生了巨大的推动作用。生态位理论包括两个最主要方面的方面: 生态位宽度(Niche breadth or niche width)和生态位重叠(Niche overlap), 关于生态位的定量计测有多种方法, 尽管对生态位定量研究的具体方法还存有争议, 但通过测算植物种群的生态位宽度及生态位重叠来反映环境梯度变化对生态位分化的作用仍不失为一种有效的手段。本研究对黄河三角洲两种演替系列的种群生态位宽度和生态位重叠进行了研究, 目的在于了解演替系列过程中各种群生态位的动态变化以及生态位的重叠状况, 从而了解环境梯度变化对植物种群生态位分化的作用, 为黄河三角洲的湿地管理提供科学依据。

## 1 研究地概括和研究方法

### 1.1 研究地概括

研究地点位于山东省东营市境内。该区位于山东省北部黄河三角洲地区, 属暖温带半湿润地区, 大陆性季风气候, 年平均气温 12.3 ℃, 极端最高气温 41.9 ℃, 极端最低气温 -23.3 ℃, 平均无霜期 210 d, 降水量 542.3~842.0 mm, 多集中在夏季(占 63.9%), 年蒸降比 3.6 : 1。区内人少地多, 土地广袤, 土壤以滨海盐土和滨海潮土为主, 土壤盐渍化严重, 主要是氯化物盐土和氯化物潮化盐土, 土壤组成以泥沙为主, 养分含量低。地下水埋深一般 2~3 m, 距海近者仅 0.5~1.5 m, 受海水盐分和蒸发浓缩的影响, 地下水矿化度高, 一般 10~40 g · L<sup>-1</sup>, 高者达 200 g · L<sup>-1</sup>。受高矿化度地下水的影响, 土壤极易返盐退化。

### 1.2 研究方法

**野外调查:** 本研究采用生态学中常用的以空间代替时间的研究方法, 从靠近海边的翅碱蓬群落向内陆延伸, 在各个演替不同阶段的典型地段设置样地, 每个典型演替阶段设置 10 块样地, 样方面积 10 m × 10 m, 每个样方内设置 6 个小样方, 面积 1 m × 1 m, 调查样方内的植物种类、盖度、高度、频度、多

度等指标, 根据调查结果计算各植物种类的重要值:

$$\text{重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对平度} + \text{相对多度}) / 3 \quad (1)$$

生态位宽度和生态位重叠计算:

$$BL_i = 1 / (\sum P_{ij}^2) \quad j = 1, \dots, r \quad (2)$$

$$O_{ik} = n_{ij}n_{kj}/(\sum n_{ij}^2 \sum n_{kj}^2)^{1/2} \quad j = 1, \dots, r \quad (3)$$

式(2)中,  $BL_i$  是物种  $i$  的 Levins 生态位宽度,  $P_{ij}$  为物种  $i$  对第  $j$  资源的利用占其对全部资源利用的百分率,  $P_{ij} = n_{ij} / N_i$ ,  $N_i = \sum n_{ij}$ ,  $n_{ij}$  为物种  $i$  在资源梯度级  $j$  的数量特征值(重要值等指标), 本文中为种  $i$  在第  $j$  样方的重要值,  $r$  为资源等级数。式(3)中,  $O_{ik}$  为 Pianka 物种  $i$  和物种  $k$  的生态位重叠值,  $n_{ij}$  和  $n_{kj}$  为种  $i$  和种  $k$  在资源梯度级  $j$  的数量特征值。

## 2 结果与分析

### 2.1 陆生植被演替过程种群生态位动态变化

#### 2.1.1 种群生态位宽度

黄河三角洲地区陆生植被经过了翅碱蓬群落、碱蓬柽柳群落、柽柳群落、白茅群落的演替过程。表 1 为不同演替阶段种群生态位的变化。在翅碱蓬群落阶段, 由于陆地刚刚被抬升, 还经常受海水侵袭, 土壤盐度非常大, 这时只有十分耐盐的植物翅碱蓬群落能生存, 有些地方甚至只是单优翅碱蓬群落; 此阶段翅碱蓬种群的生态位宽度是 9.99, 同样耐盐的碱蓬种群也开始逐步侵入, 生态位宽度为 3.60。演替的第 2 阶段为碱蓬柽柳群落, 碱蓬和柽柳迅速增多, 生态位宽度分别达到 9.72 和 9.02, 翅碱蓬的生态位宽度有所下降, 但仍达到 9.32; 此阶段芦苇和盐角草开始进入, 但生态位宽度较低, 分别为 6.81 和 4.0。演替的第 3 个阶段是柽柳群落, 该阶段柽柳种群的生态位宽度达 9.20, 碱蓬种群生态位宽度略有下降, 为 9.09, 芦苇的生态位宽度略有上升, 达 6.95, 盐角草的生态位宽度则略有下降, 为 3.77, 其他一些新入侵种群的生态位宽度在 2.96~6.73 之间; 这一阶段主要表现为优势种群柽柳的生态位宽度增加的过程, 有些群落中柽柳的盖度达 80%以上; 该阶段也表现为新种群的侵入, 如獐毛、罗布麻、蒙古鸦葱、狗牙根、芦竹、鹅绒藤、地梢瓜、茵陈蒿、苦买菜等。演替进入到白茅群落阶段, 柽柳的生态位宽度下降较快, 从柽柳群落阶段的 9.20 下降到白茅群落的 3.93, 碱蓬种群生态位宽度也下降到 6.20, 翅碱蓬种群生态位宽度在白茅群落阶段只有 3.26; 此阶段有更多的新种入侵, 狗尾草、泥胡菜、补血草、西来稗、东方蓼、灰藜等, 生态位较高的种有白茅、狗尾草、稗、茵陈蒿、苦买菜、泥胡菜、灰藜等, 盐角草、翅碱蓬、柽柳、白刺等生态位较小。

表 1 黄河三角洲地区陆生植被不同演替阶段种群生态位宽度

Tab. 1 Niche breadths of populations in different succession stages of terrestrial vegetation in the Yellow River Delta

序号 Code	种名 Species name	演替阶段 Succession stage			
		翅碱蓬群落 <i>Suaeda salsa</i> community	碱蓬柽柳群落 <i>S. glauca + Tamarix chinensis</i> community	柽柳群落 <i>T. chinensis</i> community	白茅群落 <i>Imperata cylindrica</i> community
1	翅碱蓬 <i>S. salsa</i>	9.99	9.32	5.73	3.26
2	碱蓬 <i>S. glauca</i>	3.60	9.72	9.09	6.20
3	柽柳 <i>T. chinensis</i>	—	9.02	9.20	3.93
4	芦苇 <i>Phragmites communis</i>	—	6.81	6.95	5.72
5	盐角草 <i>Salicornia europaea</i>	—	4.00	3.77	2.27
6	獐毛 <i>Aeluropus littoralis</i>	—	—	6.00	5.22
7	白刺 <i>Nitraria sibirica</i>	—	—	2.96	4.04
8	罗布麻 <i>Apocynum venetum</i>	—	—	5.38	5.40
9	蒙古鸦葱 <i>Scorzonera mongolica</i>	—	—	4.55	6.68
10	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	—	—	3.78	6.28
11	芦竹 <i>Arundo donax</i>	—	—	4.56	4.41
12	鹅绒藤 <i>Cynanchum chinense</i>	—	—	4.07	4.37
13	地梢瓜 <i>C. thesioides</i>	—	—	4.77	6.91
14	茵陈蒿 <i>Artemisia capillaris</i>	—	—	4.00	7.81
15	苦荬菜 <i>Ixeris chinensis</i>	—	—	3.57	7.57
16	荻 <i>Misanthus sacchariflorus</i>	—	—	6.73	4.60
17	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	—	—	—	9.31
18	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	—	—	—	8.04
19	泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>	—	—	—	7.81
20	西来稗 <i>Echinochloa crusgalli</i>	—	—	—	7.95
21	补血草 <i>Limonium bicolor</i>	—	—	—	5.41
22	东方蓼 <i>Polygonum orientale</i>	—	—	—	4.50
23	灰藜 <i>Chenopodium album</i>	—	—	—	7.72

黄河三角洲陆生植被演替的主要动力为盐分和水分的变化, 在海水后退初期, 新形成的光板地盐分极高, 这时几乎没有任何植物种类生存。随着陆地的不断抬升, 光板地上开始有极耐盐的翅碱蓬种群入侵, 伴随少量碱蓬出现, 该阶段翅碱蓬是优势种, 也是建群种, 因此此阶段翅碱蓬的生态位宽度极高, 几乎达到 1。在演替的下一阶段碱蓬柽柳群落阶段, 海水影响力有所下降, 土壤盐分也有所降低, 此阶段碱蓬、柽柳生态位宽度迅速提高, 翅碱蓬的生态位宽度下降幅度不大, 但盖度下降较大, 这时建群种为碱蓬和柽柳。演替到柽柳群落阶段, 水分和盐分继续下降, 柽柳的生态位宽度最大, 碱蓬次之, 一些新的种群在盐分较小的地块上入侵, 但生态位宽度较小。在白茅群落阶段, 随着土壤盐分的进一步下降, 一些不能在盐分较高的土壤上生存的草本植物相继入侵, 生态位宽度逐步提高, 耐盐植物的生态位宽度减小, 这时的优势种为白茅、狗尾草、西来稗等。如果无人为干扰, 随着湿地生境水分的不断变化, 黄河三角洲湿地最终会向着该地区地带性植被森林群落发展, 最终由湿地完全变成森林。生态位宽度研究结果表明, 在黄河三角洲天然

湿地演替序列每个阶段优势种有较大作用, 它们在每个阶段的生态位宽度均较大。生态位宽度计测结果较好地对应着各种群在群落的地位和作用, 因此可用生态位宽度的测量将其进行数量化的表达。种群生态位宽度在演替系列的动态也较好地反映了种群在群落演替过程的数量动态, 由此可以解释演替过程群落环境的演变、物种的环境适应性和种间关系等生态过程的变化。

### 2.1.2 种群生态位重叠

当两个物种利用同一资源或共同占有某一资源因素(食物、营养成分、空间等)时, 就会出现生态位重叠现象<sup>[15]</sup>。生态位重叠较大的种群要么有相近的生态特性, 要么对生境因子有互补性的要求, 即生态位重叠是两个种在其与生态因子联系上的相似性<sup>[16]</sup>。从表 2 可以看出, 演替第 1 阶段优势种翅碱蓬和其他种之间的生态位重叠值较低。演替第 2 阶段的优势种碱蓬和其他种的生态位重叠值稍高于翅碱蓬。柽柳和演替第 2 阶段与第 3 阶段出现的一些伴生种生态位重叠值较高, 和第 4 阶段的其他种之间的生态位重叠值则较低。芦苇与各种间的生态位重叠值较高。演替第 4 阶段新出的一些种之间的生



态位重叠值极高, 与第3阶段的一些种也有较高的生态位重叠值, 但与第1阶段的优势种翅碱蓬、第2阶段的优势种碱蓬和第3阶段的优势种柽柳之间的生态位重叠值较低。黄河三角洲陆生植被演替过程中变化最明显的环境因子是水分盐分, 随着水分和盐分的变化, 组成群落的植物种类也发生变化, 反映到种间的生态位重叠值上, 就是能够利用同样水盐资源的物种生态位重叠值高, 不能适应同样水盐环境的物种生态位重叠值低。芦苇在黄河三角洲湿地的各演替阶段都有较广泛的分布, 因而和其他种之间有较高的生态位重叠值。

## 2.2 水生植被演替过程生态位动态变化

### 2.2.1 种群生态位宽度

调查结果表明, 黄河三角洲天然湿地水生植被的演替序列为眼子菜金鱼藻群落阶段、浮萍水鳖群落阶段、芦苇水烛群落阶段和杞柳芦苇群落阶段, 表3为不同演替阶段种群生态位宽度的变化。在水生植物群落演替的第1阶段, 由于地表有较多的水, 首先是一些沉水植物出现, 为眼子菜金鱼藻群落,

群落中生态位宽度最高的是眼子菜和金鱼藻, 分别达到8.62和7.31, 其他一些水生植物也有零星分布, 如茨藻、狐尾藻、浮萍、槐叶萍、紫萍、芦苇等, 生态位在1.32~5.66之间。演替的第2阶段是浮水植物阶段, 为浮萍水鳖群落, 优势种群是浮萍和水鳖, 生态位宽度分别为9.23和7.45, 一些挺水植物也开始入侵, 如久雨花、水烛、香蒲、泽泻、慈姑、黑三棱等, 但数量较少, 生态位宽度在1.13~4.33之间。演替进行到挺水植物阶段, 优势种群为芦苇、水烛等, 生态宽度分别为8.59和6.76, 该阶段积水较多的地方还有一些浮水植物, 生态位宽度较低。在杞柳芦苇群落阶段, 优势种主要为一些湿生的植物种类, 如杞柳的生态位宽度为7.45, 该阶段由于地表水大量减少, 挺水植物数量降低, 生态位也在下降, 一些湿生和中生的植物种群开始出现, 如白茅、狗尾草、西来稗、东方蓼、灰藜、野大豆等, 生态位宽度在1.13~4.67之间。从生态位宽度的计测可以看出, 水生植物演替过程中群落优势种的生态位变化对应着群落演替的变化。

表3 黄河三角洲水生植被不同演替阶段种群生态位宽度

Tab. 3 Niche breadths of populations in different succession stages of aquatic vegetation in the Yellow River Delta

序号 Code	种名 Species name	演替阶段 Succession stage			
		眼子菜金鱼藻群落 <i>Potamogeton</i> spp+ <i>Ceratophyllum</i> <i>demersum</i> community	浮萍水鳖群落 <i>Lemna mi-</i> <i>nor+Hydrocharis</i> <i>dubia</i> community	芦苇水烛群 <i>P. communis</i> + <i>Typha</i> <i>angustifolia</i> commu- nity	杞柳芦苇群落 <i>Salix integra</i> + <i>P.</i> <i>communis</i> com- munity
1	眼子菜 <i>Potamogeton</i> spp	8.62	—	—	—
2	金鱼藻 <i>C. demersum</i>	7.31	1.22	—	—
3	茨藻 <i>Najas</i> spp	5.42	—	—	—
4	狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	5.66	—	—	—
5	浮萍 <i>Lemna minor</i>	3.85	9.23	2.54	—
6	槐叶萍 <i>Salvinia natans</i>	2.11	6.55	—	—
7	紫萍 <i>Spirodela polyrrhiza</i>	2.23	7.21	—	—
8	芦苇 <i>P. communis</i>	1.32	2.38	8.59	3.65
9	水鳖 <i>Hydrocharis dubia</i>	—	7.45	3.38	—
10	久雨花 <i>Monochoria korsakowii</i>	—	4.33	5.55	—
11	水烛 <i>Typha angustifolia</i>	—	3.56	6.76	—
12	香蒲 <i>T. orientalis</i>	—	3.25	4.36	3.28
13	泽泻 <i>Alisma plantago-aquatica</i>	—	2.36	3.54	—
14	慈姑 <i>Sagittaria sagittifolia</i>	—	2.12	3.67	—
15	黑三棱 <i>Sparganium stoloniferum</i>	—	1.13	2.67	1.32
16	香附 <i>Cyperus rotundus</i>	—	—	4.35	1.12
17	杞柳 <i>Salix integra</i>	—	—	—	7.45
18	鹅绒藤 <i>C. chinense</i>	—	—	—	4.23
19	地梢瓜 <i>C. thesioides</i>	—	—	—	2.93
20	茵陈蒿 <i>A. capillaris</i>	—	—	—	3.83
21	荻 <i>M. sacchariflorus</i>	—	—	—	4.54
22	白茅 <i>I. cylindrical</i>	—	—	—	1.13
23	狗尾草 <i>S. viridis</i>	—	—	—	2.23
24	西来稗 <i>E. crusgalli</i>	—	—	—	3.26
25	东方蓼 <i>P. orientale</i>	—	—	—	3.41
26	灰藜 <i>C. album</i>	—	—	—	4.67
27	野大豆 <i>Glycine soja</i>	—	—	—	4.66



### 2.2.2 水生植被演替过程种群生态位重叠

表4为水生植被演替过程中种群生态位重叠值。水生植被演替的第1阶段是沉水植物,沉水植物之间的生态位重叠值较高,沉水植物与浮水植物及挺水植物的生态位重叠值较低,与芦苇水烛群落及杞柳芦苇群落阶段的生态位重叠值几乎为零。浮水植物阶段优势种与挺水植物有较高的生态位重叠值,和其他阶段的植物生态位重叠值较小。挺水植物阶段的芦苇、香蒲和黑三棱与浮水植物阶段和湿生植物阶段的群落有较高的生态位重叠值。黄河三角洲水生植被演替系列主要的驱动力是水分的变化。在积水多的初期阶段,只有在水中能生活的沉水植物生态位有重叠,后期有少量浮水植物出现,但与沉水植物重叠较小;沉水植物阶段和浮水植物阶段明显的特征是在局部水域有很多单优植物群落,其他植物种类很少;演替到水分较少的湿生植物群落阶段,新的植物种类之间生态位重叠值较高,与其他阶段的水生植物生态位重叠较少。与陆生植被相比,水生植被演替系列在黄河三角洲所占面积较少,只分布在黄河水流经过的区域,受黄河水季节和年际变动的影响较大。

### 3 结论

在黄河三角洲天然湿地陆生植被演替序列每个阶段优势种都有较重要的地位和作用,它们在每个阶段的生态位宽度也较大。在翅碱蓬群落阶段优势种翅碱蓬的生态位宽度达到9.99,碱蓬柽柳群落阶段碱蓬的生态位宽度为9.72,柽柳群落阶段柽柳的生态位宽度是9.20,白茅群落阶段白茅的生态位宽度是9.31。生态位宽度计测结果较好地对应着各种群在群落的地位和作用,种群生态位宽度也较好地反映了种群在群落演替过程的数量动态。黄河三角洲陆生植被演替过程中变化最明显的环境因子是水分和盐分,随着水分和盐分的变化,组成群落的植物种类在发生变化,反映到种间的生态位重叠值上,即能够利用同样水盐资源的物种生态位重叠值高,不能适应同样水盐环境的物种生态位重叠值低。

黄河三角洲天然湿地水生植被的演替序列为眼子菜金鱼藻群落阶段、浮萍水鳖群落阶段、芦苇水烛群落阶段和杞柳芦苇群落阶段,演替的第1阶段优势种眼子菜的生态位宽度为8.62,第2阶段优势

种浮萍生态位宽度为9.23,第3阶段是挺水植物阶段,优势种芦苇的生态位宽度为8.59,第4阶段优势种杞柳生态位宽度为7.45。水生演替序列每阶段的优势种也有较大的生态位宽度,表明它们在各阶段有较重要的地位和作用。从生态位的重叠来看,各阶段种群间的生态位重叠值低,每阶段出现的种间有较高的生态位重叠。

### 参考文献

- [1] Grinnell J. The niche-relationship of California thrasher[J]. Auk, 1919, 34: 427–433
- [2] Elton C. Animal ecology[M]. New York: Macmillan, 1957: 209–232
- [3] Pielou E C. Niche width and niche overlap: A method for measuring them[J]. Ecology, 1972, 53(4): 687–692
- [4] Leibold M A. The niche concept revisited: Mechanistic models and community context[J]. Ecology, 1995, 76(5): 1371–1382
- [5] Shugart H H, Bonan G B. Niche theory and community organization[J]. Can J Bot, 1998, 66: 2634–2639
- [6] Thompson K, Gaston K J, Band S R. Range size, dispersal and niche breadth in the herbaceous flora of central England[J]. Ecology, 1999, 87: 155–158
- [7] 王刚, 赵松岭, 张鹏云, 等. 关于生态位定义探讨及生态位重叠计测公式改进研究[J]. 生态学报, 1984, 4(2): 119–127
- [8] 王刚. 生态位理论若干问题探讨[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 1990, 26(2): 109–113
- [9] 黄英姿. 生态位理论研究中的数学方法[J]. 应用生态学报, 1994, 5(3): 331–337
- [10] 张光明, 谢寿昌. 生态位概念演变与展望[J]. 生态学杂志, 1997, 16(6): 46–51
- [11] 林开敏, 郭玉硕. 生态位理论及其应用研究进展[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(3): 283–287
- [12] 袁志忠, 何丙辉. 生态位理论及其在植物种群研究中的应用[J]. 福建林业科技, 2004, 31(2): 123–127
- [13] 李文龙, 张彦宇, 李自珍, 等. 高寒草地植物生态位适宜度与生产力和多样性的关系及其对放牧的响应[J]. 兰州大学学报, 2007, 43(2): 53–57
- [14] 张继义, 赵哈林, 张铜会, 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): 2741–2746
- [15] 王伯荪, 李鸣光, 彭少麟. 植物种群学[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1995: 132–148
- [16] 王刚, 赵松岭, 张鹏云, 等. 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(2): 119–126