

# 西鄂尔多斯高原北缘四合木群落 优势灌木种群生态位研究

王彦阁<sup>1</sup>, 杨晓晖<sup>2,①</sup>, 于春堂<sup>2</sup>, 胡哲森<sup>1</sup>

(1. 福建农林大学, 福建 福州 350002; 2. 中国林业科学研究院林业研究所 国家林业局林木培育实验室, 北京 100091)

**摘要:** 利用 Shannon - Wiener 生态位宽度、生态位相似比例及 Pianka 生态位重叠值等指标对西鄂尔多斯高原北缘四合木 (*Tetraena mongolica* Maxim.) 群落内的 11 种优势灌木种群进行研究。结果表明, 群落中主要种类的生态位宽度均较高, 其中绵刺 (*Potaninia mongolica* Maxim.) 和四合木的生态位宽度分别为 1.702 6 和 1.532 8; 各种类的生态位相似比例均较小; 绵刺与其他种类的生态位重叠值较高, 四合木和其他种类的生态位重叠值较低。表明四合木群落内许多耐干旱灌木逐渐占据较宽的生态位, 群落层次结构比较单一, 四合木与其他种类间的相互作用强度不高, 整个群落抵御外来干扰的能力较弱, 四合木种群有衰退的趋势。

**关键词:** 四合木群落; 生态位宽度; 生态位重叠

**中图分类号:** S718.5   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1004-0978(2007)01-0001-05

**Study on niche of dominant shrub populations of *Tetraena mongolica* Maxim. community on the North Ordos Plateau** WANG Yan-ge<sup>1</sup>, YANG Xiao-hui<sup>2,①</sup>, YU Chun-tang<sup>2</sup>, HU Zhe-sen<sup>1</sup> (1. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Research Institute of Forestry, the Chinese Academy of Forestry, Silvicultural Laboratory of Forestry Administration, Beijing 100091, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2007, 16(1): 1-5

**Abstract:** The niche characteristics of eleven shrub populations in *Tetraena mongolica* Maxim. community on the North Ordos Plateau were analyzed by using Shannon-Wiener coefficient of niche breadth, similarity of niche breadth and Pianka of niche overlap. The results showed that main species in the community had broad niche breadth, in which niche breadth values of *Potaninia mongolica* Maxim. and *T. mongolica* were 1.702 6 and 1.532 8 respectively. Niche similarity of interspecies was lesser. The niche overlap value between *P. mongolica* and other species was bigger than that of *T. mongolica*. It indicated that niche breadth of some shrubs which endure arid environment in the community were more and more broad, the hierarchy of *T. mongolica* community was single, and the competition between *T. mongolica* and other species was weaker. It was concluded that the ability to resisted disturbance of whole community was weaker, and the population of *T. mongolica* inclined to decay.

**Key words:** *Tetraena mongolica* Maxim.; community; niche breadth; niche overlap

生态位是一个生物单位(个体、种群或物种)的生存条件或适应性的总集合体<sup>[1,2]</sup>。自 1917 年 Grinnell 首次使用生态位概念以来,其理论已逐渐成为生态学中重要的基础理论之一,也是物种多样性、物种竞争、群落结构和功能及演替与种群进化、群落物种积聚原理的基础<sup>[3,4]</sup>。生态位既是群落种间关系的结果,又是群落特性的发生与发展、种系进化、种间竞争和协同进化的动力和原因<sup>[4]</sup>。群落内种间关系的研究均涉及生态位的研究,只有通过生态位的研究,才能深入认识种群在群落中的地位和作用以及群落的结构和特征<sup>[5]</sup>。生态位研究已成

为近代生态学理论的重要内容,种的生态位宽度和种间生态位重叠被认为是物种多样性及群落结构的决定因素,反映了种群对资源的利用能力及其所在群落的稳定性<sup>[6]</sup>。对优势种群的生态位进行研究,是生态学家比较感兴趣的问题之一。

四合木 (*Tetraena mongolica* Maxim.) 为蒺藜科

收稿日期: 2006-08-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30571529)

作者简介: 王彦阁(1983-),女,内蒙古乌盟人,硕士研究生,主要从事景观生态学与荒漠化防治方面的研究工作。

① 通讯作者 E-mail: yangxh@forestry.ac.cn

强旱生小灌木,世界范围内仅集中分布于内蒙古西鄂尔多斯草原化荒漠区,分布面积极其狭小,约2 700 km<sup>2</sup>[7],是国家二级濒危保护物种[8],也是内蒙古一级珍稀濒危保护物种[9]。四合木是典型的西鄂尔多斯地区的特有属、特有种和特有群系。目前,城市化建设使四合木种群分布区不断破碎化,各种群的面积和数量也在不断减少,而且种群内幼龄个体极少,更新困难,濒危状况日益严重。作者以濒危植物四合木为主要研究对象,对其群落内的优势灌木种群的生态位进行研究,不仅可以了解群落内各种群对资源的利用情况,而且有助于掌握种间的竞争机制和规律,为四合木群落的结构和演替研究以及采取合理的保护措施提供科学依据。

## 1 研究地概况及研究方法

### 1.1 研究地概况

四合木及其群落主要分布在鄂尔多斯高原西北部,库布齐沙漠以南,桌子山的山麓地带。地处东经106°40'~107°44',北纬39°13'~40°11'之间,海拔1 600~2 000 m,为草原化荒漠区,年降水量低于200 mm,湿润系数小于0.13,年平均气温7.1℃至9.2℃。植物种类贫乏,以超旱生灌木和半灌木占优势[10]。调查区位于巴拉贡镇和乌海市之间。

### 1.2 研究方法

1.2.1 调查取样 在调查区内设36个面积为10 m×50 m的样方,分别记录样方内灌木的种类、数量和盖度,植物种类的鉴定均参考《内蒙古植物志》[11]。

1.2.2 数据处理 用TWINSPAN软件对样方进行聚类分析,并根据各群系内各种类的相对密度、相对频度和相对优势度计算物种的重要值[12],再以物种重要值计算生态位宽度和生态位重叠值。

1.2.3 生态位宽度的计算 应用Shannon-Wiener函数计算生态位宽度[13]:  $B_i = -\sum_{j=1}^r (p_{ij} \ln p_{ij})$ 。式中, $p_{ij} = n_{ij}/Y_i$ ;  $n_{ij}$ 是第*i*个物种在第*j*个群落中的重要值; $Y_i$ 是物种*i*利用全部资源位的重要值之和; $r$ 是资源位数。

1.2.4 生态位相似比例的计算 生态位相似比例计算公式为: $C_{ih} = 1 - 1/2 \sum_{j=1}^r |p_{ij} - p_{hj}| = \sum_{j=1}^r (p_{ij} p_{hj})$ 。式中, $C_{ih}$ 表示物种*i*与*h*的相似程度, $p_{ij}$ 和 $p_{hj}$ 分别是

物种*i*和*h*在资源*j*上的重要值百分率[14]。

1.2.5 生态位重叠值的计算 生态位重叠是指一定资源序列上,2个物种利用同等级资源而相互重叠的情况,Pianka生态位重叠值的计算公式为:

$$N_o = \frac{\sum (n_{ij} n_{kj})}{\sqrt{\sum n_{ij}^2 \sum n_{kj}^2}}$$

式中, $N_o$ 为生态位重叠值, $n_{ij}$ 和 $n_{kj}$ 为种*i*和*k*在资源*j*上的优势度。

## 2 结果和分析

### 2.1 主要优势灌木种类分析

调查分析结果表明,四合木群落的36个样方内共出现灌木及半灌木11种,包括四合木、霸王(*Zygophyllum xanthoxylon* Bunge)、绵刺(*Potaninia mongolica* Maxim.)、沙冬青[*Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim. ex Kom.) Cheng f.]、唐古特白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.)、红砂[*Reaumuria soongorica* (Pall.) Maxim.]、内蒙古旱蒿(*Artemisia xerophytica* Krasch.)、油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch.)、狭叶锦鸡儿(*Caragana stenophylla* Pojark.)、细枝盐爪爪(*Kalidium gracile* Fenzl)和戈壁天门冬(*Asparagus gobicus* Ivan.)。

根据聚类分析结果,可将这些种类分为6个群系,即四合木群系、四合木+霸王+绵刺群系、四合木+霸王+沙冬青群系、四合木+唐古特白刺+红砂群系、四合木+唐古特白刺+霸王群系和四合木+唐古特白刺群系。各种类在6个群系中的重要值见表1。

### 2.2 生态位宽度分析

西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中各优势灌木种群的生态位宽度值见表2。由表2可以看出,在四合木群落中,各主要物种的生态位宽度都较大且差异不明显,其中绵刺的生态位宽度最大,沙冬青的生态位宽度最小。生态位宽度是度量植物种群对环境资源利用状况的尺度,表征了它们的生态适应性和分布幅度,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和相互作用有密切联系[15]。四合木分布区内的土壤干旱、贫瘠,环境较为严酷,种内和种间相互作用强度均不高,种群空间分布格局的形成主要依赖于物种的生态适应性、繁殖对策及其与小生境斑块的耦合性。由于绵刺具有克隆性特征,使其在种群增长扩散过程中表

现出极大的可塑性,且比四合木具有更强的抗旱能力,在调查区内分布广泛,是主要的建群种,所以绵刺的生态位宽度最大;四合木的生态位宽度仅次于绵刺,四合木作为该群落的建群种,在所调查的样方内均有分布,且居于灌木层,因此具有较大的生态位

宽度;霸王、红砂和戈壁天门冬等种类的生态位宽度也较大,表明它们在群落中也处于优势地位,生存机会较大,分布范围也较广<sup>[16]</sup>;沙冬青的生态位宽度最小,这可能与对该地区环境的适应性较弱、在样方中出现的频度较小有关。

表1 西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中主要优势灌木种类在各群系中的重要值

Table 1 The importance values of dominant shrub species in different formations of *Tetraena mongolica* Maxim. community on the North Ordos Plateau

种类 Species	在各群系中的重要值 <sup>1)</sup> Importance value in different formations <sup>1)</sup>					
	I	II	III	IV	V	VI
绵刺 <i>Potania mongolica</i> Maxim.	28.120	18.960	17.210	11.900	8.653	31.250
内蒙古旱蒿 <i>Artemisia xerophytica</i> Krasch.	12.180	32.220	29.700	5.554	-	-
红砂 <i>Reaumuria soongorica</i> (Pall.) Maxim.	15.410	4.508	-	15.910	17.550	-
四合木 <i>Tetraena mongolica</i> Maxim.	14.130	19.800	-	14.430	25.580	38.750
霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylon</i> Bunge	9.743	9.165	23.950	5.950	11.170	-
油蒿 <i>Artemisia ordosica</i> Krasch.	3.165	5.714	10.620	-	-	-
狭叶锦鸡儿 <i>Caragana stenophylla</i> Pojark.	-	4.894	-	-	3.885	12.620
细枝盐爪爪 <i>Kalidium gracile</i> Fenzl	9.201	-	-	6.596	6.530	-
戈壁天门冬 <i>Asparagus gobicus</i> Ivan.	4.874	4.739	7.197	4.996	-	15.790
唐古特白刺 <i>Nitraria tangutorum</i> Bobr.	3.165	-	-	34.660	26.630	-
沙冬青 <i>Ammopiptanthus mongolicus</i> (Maxim. ex Kom.) Cheng f.	-	-	11.320	-	-	1.587

<sup>1)</sup> I: 四合木群系 Form. *Tetraena mongolica*; II: 四合木 + 霸王 + 绵刺群系 Form. *Tetraena mongolica* + *Zygophyllum xanthoxylon* + *Potania mongolica*; III: 四合木 + 霸王 + 沙冬青群系 Form. *Tetraena mongolica* + *Zygophyllum xanthoxylon* + *Ammopiptanthus mongolicus*; IV: 四合木 + 唐古特白刺 + 红砂群系 Form. *Tetraena mongolica* + *Nitraria tangutorum* + *Reaumuria soongorica*; V: 四合木 + 唐古特白刺 + 霸王群系 Form. *Tetraena mongolica* + *Nitraria tangutorum* + *Zygophyllum xanthoxylon*; VI: 四合木 + 唐古特白刺群系 Form. *Tetraena mongolica* + *Nitraria tangutorum*.

表2 西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中各优势灌木种类的生态位宽度

Table 2 The niche breadths of dominant shrub species in *Tetraena mongolica* Maxim. community on the North Ordos Plateau

种类 Species	生态位宽度 Niche breadth	种类 Species	生态位宽度 Niche breadth
绵刺 <i>Potania mongolica</i> Maxim.	1.702 6	四合木 <i>Tetraena mongolica</i> Maxim.	1.532 8
内蒙古旱蒿 <i>Artemisia xerophytica</i> Krasch.	1.206 8	霸王 <i>Zygophyllum xanthoxylon</i> Bunge	1.491 0
红砂 <i>Reaumuria soongorica</i> (Pall.) Maxim.	1.293 9	沙冬青 <i>Ammopiptanthus mongolicus</i>	0.372 9
唐古特白刺 <i>Nitraria tangutorum</i> Bobr.	0.846 8	(Maxim. ex Kom.) Cheng f.	
狭叶锦鸡儿 <i>Caragana stenophylla</i> Pojark.	0.958 6	油蒿 <i>Artemisia ordosica</i> Krasch.	0.985 7
细枝盐爪爪 <i>Kalidium gracile</i> Fenzl	1.085 1	戈壁天门冬 <i>Asparagus gobicus</i> Ivan.	1.474 9

### 2.3 生态位相似比例分析

西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中各优势灌木种群的生态位相似比例见表3。由表3可知,四合木群落中各优势灌木种群的生态位相似比例不高,大于0.8的只有2对,分别是内蒙古旱蒿和油蒿以及红砂和细枝盐爪爪,说明这2对物种对生境的需求极其相似;大于0.5的共有21对,其中四合木和其他种类的生态位相似比例大于0.5的有5对,说明它们的生态适应范围有一定的差异,且四合木群落内的小生境也具有一定的异质性。

### 2.4 生态位重叠分析

在群落中,复杂的生态关系使各种群的生态位通常表现为非离散型,总是倾向于分享其他种群的基础生态位部分,导致两个或更多的植物种群对某些资源的共同需求,使不同种群的生态位常处于不同程度的重叠状态。当两个物种利用同一资源或共同占有某一资源(食物、营养成分及空间等)时,就会出现生态位重叠现象<sup>[17,18]</sup>。生态位重叠实质上可能是物种对资源利用具有相同的形式<sup>[19]</sup>。按照 Gause 的竞争排斥原理,两个物种的生态位发生重叠,必然

导致二者之间发生竞争。这意味着生态位重叠值越大,2个物种间发生的竞争可能越剧烈。

西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中各优势灌木种群的 Pianka 生态位重叠值见表4。从生态位重叠的分析结果可以看出,西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中各优势灌木种群的生态位重叠值差异较大,其中重叠值最大的是红砂和细枝盐爪爪,说明它们的生物生态学特性和对环境的适应能力有很大的相似性。具有较大生态位宽度的绵刺与其他灌木的生态位重叠值较大,而同样具有较大生态位宽度的建群种——四合木与其他灌木的生态位重叠值却不是很大,主要原因是它们的生态学特性和对环境的适

应能力有很大差异。

在严酷的生境中,种群分布格局的形成主要依赖于物种的生态适应性、繁殖对策及其与小生境斑块的耦合性。绵刺以特化的形态和遇干旱时假死的习性适应严酷的荒漠环境,比四合木具有更强的抗旱能力;且绵刺的结实率高于四合木;另外,绵刺还具有2种典型的克隆生长构型,以确保其以不同的繁殖方式延续后代<sup>[20]</sup>。因此,绵刺在调查区内分布较为广泛,竞争能力较强,与其他种类的生态位重叠值较大。相对而言,四合木对环境适应性较弱,群落层次结构比较单一,种类组成简单,物种较少,盖度较低,群落下层光资源较为充足,避免了对光资源

表3 西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中各优势灌木种群的生态位相似比例<sup>1)</sup>  
Table 3 The niche similarity of dominant shrub species in *Tetraena mongolica* Maxim. community on the North Ordos Plateau<sup>1)</sup>

种群号 Population	生态位相似比例 Niche similarity									
	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
s1	0.534 2	0.503 7	0.734 9	0.637 2	0.473 9	0.507 0	0.419 3	0.775 5	0.226 1	0.271 2
s2		0.307 1	0.370 8	0.748 3	0.818 8	0.228 7	0.222 6	0.516 8	0.118 8	0.372 9
s3			0.564 9	0.532 3	0.246 7	0.266 0	0.876 6	0.346 9	0.675 9	0
s4				0.563 6	0.301 1	0.701 1	0.480 4	0.723 4	0.404 1	0.123 0
s5					0.714 4	0.334 4	0.447 8	0.546 3	0.334 5	0.399 4
s6						0.228 7	0.162 3	0.447 1	0.049 1	0.544 7
s7							0.181 6	0.546 1	0.181 6	0.123 0
s8								0.262 5	0.637 0	0
s9									0.182 0	0.314 4
s10										0

<sup>1)</sup> s1: 绵刺 *Potaninia mongolica* Maxim.; s2: 内蒙古旱蒿 *Artemisia xerophytica* Krasch.; s3: 红砂 *Reaumuria soongorica* (Pall.) Maxim.; s4: 四合木 *Tetraena mongolica* Maxim.; s5: 霸王 *Zygophyllum xanthoxylon* Bunge; s6: 油蒿 *Artemisia ordosica* Krasch.; s7: 狭叶锦鸡儿 *Caragana stenophylla* Pojark.; s8: 细枝盐爪爪 *Kalidium gracile* Fenzl; s9: 戈壁天门冬 *Asparagus gobicus* Ivan.; s10: 唐古特白刺 *Nitraria tangutorum* Bobr.; s11: 沙冬青 *Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim. ex Kom.) Cheng f.

表4 西鄂尔多斯高原北缘四合木群落中各优势灌木种群的 Pianka 生态位重叠值<sup>1)</sup>  
Table 4 The Pianka of niche overlap of dominant shrub species in *Tetraena mongolica* Maxim. community on the North Ordos Plateau<sup>1)</sup>

种群号 Population	Pianka 生态位重叠值 Pianka of niche overlap									
	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
s1	0.650 3	0.585 0	0.850 9	0.661 9	0.593 4	0.719 8	0.586 4	0.911 5	0.325 0	0.416 2
s2		0.321 3	0.357 3	0.836 8	0.941 8	0.244 4	0.248 3	0.512 9	0.115 1	0.642 0
s3			0.633 4	0.557 6	0.208 8	0.223 9	0.966 1	0.318 6	0.851 3	0
s4				0.420 5	0.232 8	0.895 1	0.552 0	0.807 2	0.514 6	0.099 0
s5					0.896 2	0.207 4	0.511 1	0.502 6	0.403 7	0.785 1
s6						0.159 2	0.178 7	0.494 3	0.018 3	0.843 6
s7							0.137 8	0.818 8	0.167 6	0.124 5
s8								0.308 5	0.753 6	0
s9									0.223 0	0.483 0
s10										0

<sup>1)</sup> s1: 绵刺 *Potaninia mongolica* Maxim.; s2: 内蒙古旱蒿 *Artemisia xerophytica* Krasch.; s3: 红砂 *Reaumuria soongorica* (Pall.) Maxim.; s4: 四合木 *Tetraena mongolica* Maxim.; s5: 霸王 *Zygophyllum xanthoxylon* Bunge; s6: 油蒿 *Artemisia ordosica* Krasch.; s7: 狭叶锦鸡儿 *Caragana stenophylla* Pojark.; s8: 细枝盐爪爪 *Kalidium gracile* Fenzl; s9: 戈壁天门冬 *Asparagus gobicus* Ivan.; s10: 唐古特白刺 *Nitraria tangutorum* Bobr.; s11: 沙冬青 *Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim. ex Kom.) Cheng f.

的竞争,种内和种间相互作用强度均不高,两个种类利用同一资源的可能性较小,因此,四合木与群落中其他优势灌木种类的生态位重叠值均较绵刺低。

### 3 讨论和结论

1) 四合木群落中,各物种的生态位宽度差异不明显。绵刺和四合木在调查区域内分布广泛,在样方中出现的频度较大,且居于灌木层,是主要的建群种,所以生态位宽度较大。由于绵刺在生态适应性和繁殖对策等方面都优于四合木,因而比四合木有更大的生态位宽度。由于沙冬青对该地区环境的适应性较弱,在样方中出现的频度较小,所以它的生态位宽度最小。

2) 内蒙古旱蒿和油蒿以及红砂和细枝盐爪爪对生境有相似的需求,其生态位重叠值较大。而四合木和其他种类的生态位相似比例相对较小,说明这些种类的生态适应范围有一定的差异,且四合木群落内的小生境也具有一定的异质性。

3) 各优势灌木种群的生态位重叠值差异较大,主要原因是它们的生物生态学特性和对环境的适应能力均有很大差异。绵刺在抗旱能力、结实率及繁殖对策等方面都优于四合木,竞争能力较强,与其他种类的生态位重叠值较大。相对而言,四合木对环境适应性较弱,群落层次结构比较单一,群落下层光资源较为充足,避免了对光资源的竞争,种内和种间相互作用强度均不高,2个种类利用同一资源的可能性较小,因此与其他种类的生态位重叠值较小。

4) 在四合木群落中,一些适应能力较强的种类逐渐繁殖增多并占据较宽的生态位,这势必会影响四合木种群的更新和生长,尽管植物本身的生物学特性以及生态适应性是导致这一现象的重要原因,但是人为干扰(开矿、放牧以及城市化建设等)引起的地下水位下降以及土壤严重沙化等问题也是不可忽略的因素。因此,要保护四合木这一濒危物种,就必须杜绝滥牧、滥挖和滥砍伐,控制城市化建设规模,将有限的水资源主要用于维护生态平衡的生态

工程建设中。

#### 参考文献:

- [1] 蔡晓明, 尚玉昌. 普通生态学(下)[M]. 北京: 北京大学出版社, 1995.
- [2] 赵惠勋. 群体生态学[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990.
- [3] 尚玉昌, 蔡晓明. 普通生态学(上)[M]. 北京: 北京大学出版社, 1992.
- [4] 周纪伦, 郑师章, 杨 持. 植物种群学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [5] 何 平, 李俊敏. 濒危植物缙云黄芩种群生态位研究[J]. 重庆林业科技, 2003(4): 1-7.
- [6] 刘秀珍, 张金屯. 天龙山植物群落优势种群生态位研究[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2004, 27(4): 418-423.
- [7] 张颖娟, 杨 持. 濒危物种四合木与其近缘种霸王遗传多样性的比较研究[J]. 植物生态学报, 2000, 24(4): 425-429.
- [8] 国家环境保护局, 中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危保护植物名录(第一册)[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] 赵一之. 内蒙古珍稀濒危植物图谱——四合木[M]. 北京: 中国农业出版社, 1991.
- [10] 张颖娟, 杨 持. 西鄂尔多斯特有种四合木种群遗传多样性及遗传分化研究[J]. 生态学报, 2001, 21(3): 506-511.
- [11] 马毓泉. 内蒙古植物志[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989.
- [12] 骆东玲, 张金屯, 陈林美. 白羊草群落优势种群生态位研究[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2003, 26(1): 76-80.
- [13] Ludwig J A. 统计生态学[M]. 李育中译. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1991. 70-79.
- [14] 奚为民. 怀柔山区灌丛群落优势种群生态位的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 324-330.
- [15] 张 峰, 上官铁梁. 翅果油树群落优势种群生态位分析[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1): 70-74.
- [16] 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(2): 119-127.
- [17] 史作民, 程瑞梅, 刘世荣. 宝天曼落叶林种群生态位特征[J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 256-269.
- [18] 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.
- [19] 张大勇. 理论生态学研究[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 170-171.
- [20] 刘果厚, 高润宇, 赵培英. 珍稀濒危植物沙冬青、四合木、绵刺和半日花等四种旱生灌木在环境胁迫下的生存对策分析[J]. 内蒙古农业大学学报, 2001, 22(3): 66-69.