

民勤绿洲边缘地下水位变化对植物种群生态位的影响

杨自辉 ,方峨天 ,刘虎俊 ,李爱德 ,徐先英

(甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站 甘肃省治沙研究所,甘肃 武威 733000)

摘要 :在民勤绿洲边缘,利用空间区域不同地下水位(湖区 8~12 m,泉山区 15~17 m,坝区 20~23 m)和时间序列(1984~1992 年)民勤沙井子地区地下水位下降(7.45~11.65 m)梯度,研究地下水位下降对荒漠植物种群生态位的影响。结果表明:空间区域地下水位下降,植物种群生态位宽度均减小,种群退化;时间序列地下水位下降,白刺种群在扩展,其它植物种群在退化。白刺种群生态位宽度在民勤绿洲边缘荒漠植物群落中最大,是该区的建群种。由于白刺种群在地下水位 7.45~11.65 m 范围内扩展,民勤绿洲生态环境治理中地下水位达到该范围是一个主要目标。

关键词 :民勤绿洲边缘,种群生态位,地下水位梯度

文章编号:1000-0933(2007)11-4900-07 中图分类号:Q948 文献标识码:A

Effect of water table to niche of plant population at Minqin oasis fringe

YANG Zi-Hui, FANG E-Tian, LIU Hu-Jun, LI Ai-De, XU Xian-Ying

(Minqin National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem & Gansu Desert Control Research Institute, Wuwei, Gansu 733000, China)

Acta Ecologica Sinica 2007, 27(11): 4900~4906.

Abstract : At Minqin oasis fringe, effects of descending water table to niche of plant population was studied using spatial difference of water table (8—12 m in Huqu region, 15—17 m in Quanshan and 20—23 m in Baqu) and the descending grades of water table during 1984 to 1992 (7.45—11.65 meter) in Sha-jin-zi. The result reveals: with the descending of underground water in different regions, the breadth of niche of plant population decreases, and the population degenerates; with the descending of water table in time grade, *Nitraria tangutorum* population extends, while the others decrease. *Nitraria tangutorum*, with the widest breadth of niche among the desert plant communities at Minqin oasis fringe, is the dominant species in this region. *Nitraria tangutorum* population generally extends at a water table ranging from 7.45 m to 11.65 m, so the critical water table for improving eco-environment of Minqin oasis should be within this scope.

Key Words : fringe of Minqin oasis; niche of population; grads of water table

民勤绿洲位于河西走廊石羊河流域下游,由于流域内人口增加,水资源严重短缺,民勤绿洲大量开采地下水资源,造成地下水位急剧下降^[1],绿洲边缘植被退化,生态平衡破坏^[2],绿洲生存出现危机,民勤生态环境问题在我国干旱区具有典型的代表性^[3],引起了人们的高度关注。

生态位理论研究成果广泛应用于物种间关系、生物多样性、群落结构及演替和种群进化等方面。生态位理论致力于解释生物之间、生物与环境之间相互作用的机理^[4]。国内荒漠植物种群生态位研究有以下几个方面:通过土壤含水量、土壤含盐量、土壤有机质、土壤 pH 值对种群生态位分化研究^[5~8],植物群落恢复演替

基金项目:甘肃省中青年科技基金资助项目(GYS051-A25-009)

收稿日期:2007-01-12;修订日期:2007-08-23

作者简介:杨自辉(1962~)男,甘肃省民乐人,研究员,主要从事荒漠生态研究。E-mail: yangzh@gsdcri.com

Foundation item :The project was financially supported by young and middle-aged scientists fund in Gansu Province (No. 3YS051-A25-009)

Received date 2007-01-12 ; **Accepted date** 2007-08-23

Biography :YANG Zi-Hui, Professor, mainly engaged in desert ecology. E-mail: yangzh@gsdcri.com

过程中种群生态位动态特征研究^[9-12];不同放牧强度对生态位分化研究^[13]等。地下水位变化对种群生态位影响研究未见报道。因此,应用生态位理论,通过对民勤绿洲边缘地下水位不同的地区和同一区域不同年限地下水位的变化,研究民勤绿洲退化植被与地下水位变化的关系,为合理利用资源和绿洲保护提供科学依据。

1 研究方法

1.1 调查取样

研究在巴丹吉林沙漠东南缘民勤绿洲西北边缘进行,地理位置 38°34'~39°N,102°59'~103°25'。该区属于干旱气候,从坝区到湖区多年平均降水量为 113~70 mm,绿洲地表水资源严重短缺,超采地下水使地下水位以年均 0.3~0.5 m 的速度下降^[2]。绿洲边缘由于地形落差的影响,地下水位从湖区到坝区形成降低梯度。地表类型为固定、半固定沙丘,土壤为灰棕漠土和风沙土。

在民勤绿洲边缘,分坝区(地下水位 20~23 m,民勤治沙站西北)、泉山区(地下水位 15~17 m,红沙梁刘家地)、湖区(地下水位 8~12 m,西渠西北)地下水位逐次降低的空间区域研究种群生态位的变化。2005 年选取 3 条样带,每条样带沿绿洲——荒漠隔 400 m 选取样地(100 m×100 m)样地中采用 5 点法设 10 m×10 m 样方进行植被调查,指标有:盖度、高度、植物种等,每条样带设置 10 个样地,调查样方 50 个。

在民勤沙井子地区,利用 1983~1992 年民勤生态定位观测在 100 hm²样地设置的 100 个 4 m×4 m 样方的植被观测数据,作为地下水位下降梯度在时间序列上研究种群生态位变化的依据。地下水位同期观测井 7 个,每月测定地下水位 1 次,全年值为 7 个井 12 次观测值的平均。

1.2 数据处理

通常生态位的测度是测定某些明显的环境变量和生物变量,在植物群落中,通常以取样或取样的组合来研究物种在资源位上的数量特征,采用的数量指标为物种的个体数量、物种的胸高断面面积、生物量和物种重要值等^[4]。Simpson、Shannon-Wiener 以及 Levins 生态位宽度公式均可用于计测绿洲荒漠过渡带植物生态位宽度^[5],本文计算生态位宽度公式为:

Levins 生态位宽度^[6]:

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

式中 BL_i 是物种 i 的 Levins 生态位宽度, p_{ij} 为物种 i 对第 j 资源梯度级的利用占它对全部资源利用的百分率, $p_{ij} = n_{ij}/N_i$, 而 $N_i = \sum n_{ij}$, n_{ij} 为物种 i 在资源梯度级 j 的数量特征值(如盖度、重要值、密度等),本文中为种 i 在第 j 样方的盖度值。 r 为资源等级数,本文中为样方数

Levins 生态位总宽度 BLt 为^[7]:

$$BLt = (\sum BL_j^2)^{1/2} \quad j = 1 \ 2 \ \dots \ m$$

式中 $BL_{j\frac{1}{2}}$ 分别表示植物种群在第 j 个环境梯度(本文指空间区域地下水位和时间序列对应的地下水位)的 Levins 生态位宽度, m 为组成环境变化梯度的数目,本文中空间区域地下水位梯度为 3,时间序列对应的地下水位梯度为 7。

干旱荒漠区资源梯度级对植物种间生态位重叠的影响较小,本文仅探讨生态位宽度与地下水位变化的关系。

2 结果与分析

2.1 民勤绿洲边缘空间区域地下水位变化对种群生态位的影响

民勤绿洲边缘空间区域分坝区(地下水位 20~23 m)、泉山区(地下水位 15~17 m)、湖区(地下水位 8~12 m)地下水位逐次降低的环境梯度、不同土地类型(半固定沙丘、固定沙丘)中各样方植物种的特征量盖度来计算生态位宽度见表 1。随着地下水位的下降,植物种群的生态位随之发生改变。该区年均降水量依次减少,对植物生长影响较小。

在固定沙丘中,湖区地下水位较高的植物群落,植物种群生态位宽度最大者是怪柳(0.500)、白刺(0.481)、芦苇(0.485),其次是五星蒿(0.479)、花花柴(0.464);泉山区植物种群中生态位宽度最大者是怪

柳 (0.500)、红砂 (0.500)、其次是五星蒿 (0.470)、白刺 (0.450);坝区地下水位较低,植物种群生态位宽度最大的是人工栽培梭梭 (0.461),其次是五星蒿 (0.380)。在灌木植物种群中,湖区的柽柳生态位最宽,白刺次之,而坝区白刺生态位宽度较窄;可以看出,在地下水位的環境梯度中,从湖区、泉山区到坝区,固定沙丘植物种群的演变过程是从柽柳到白刺,随着地下水位的下降,固定沙丘灌木植物逐渐退化。

表 1 空间区域不同地下水位、不同地类种群的生态位宽度

Table 1 The breadth of niche at different underground water and populations of different station at special difference

植物种 Species	区域 (地下水水位) Region (Underground water table)					
	湖区 Huqu (8 ~ 12 m)		泉山区 Quanshan (15 ~ 17 m)		坝区 Baqu (20 ~ 23 m)	
	固定沙丘 Fixed sandy dune	半固定沙丘 Semi-Fixed sandy dune	固定沙丘 Fixed sandy dune	半固定沙丘 Semi-Fixed sandy dune	固定沙丘 Fixed sandy dune	半固定沙丘 Semi-Fixed sandy dune
	Bli	Bli	Bli	Bli	Bli	Bli
白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.481	0.639	0.450	0.488	0.250	0.399
沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	0.415	0.530		0.297	0.302	0.492
刺蓬 <i>Salsola ikonnikovii</i>	0.298	0.608		0.341	0.250	0.250
五星蒿 <i>Bassia dasyphyua</i>	0.479	0.544	0.470		0.380	0.250
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	0.284		0.312	0.430	0.252	0.388
芦苇 <i>Phragmites communis</i>	0.485	0.447				0.250
黄花矾松 <i>Limonium bicolor</i>	0.312	0.366			0.250	
梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	0.250	0.750			0.461	
沙拐枣 <i>Calligonum junceum</i>			0.250		0.250	0.250
苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	0.254			0.250		
虫实 <i>Corispermum patellifome</i>		0.300		0.403		
柽柳 <i>Tamarix ramosissim</i>	0.500		0.500			
猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	0.250	0.589				
红砂 <i>Reamuria soongorica</i>			0.500			
沙蒿 <i>Achillea sphaerocephala</i>		0.285				
花花柴 <i>Karelinia caspica</i>	0.464					

在半固定沙丘中,湖区植物种群的生态位宽度最大者是梭梭 (0.756)、白刺 (0.639),其次是刺蓬 (0.608)、猪毛菜 (0.589)、沙米 (0.530)、五星蒿 (0.544);泉山区植物种群最大生态位宽度是白刺 (0.488),其次是碱蓬 (0.430)、虫实 (0.403)、刺蓬 (0.341);坝区的生态位宽度最大的植物种群是沙米 (0.490)、白刺 (0.399),其次是碱蓬 (0.388)。在半固定沙丘的灌木植物种群中,无论是湖区还是泉山区或是坝区,白刺均占有较宽的生态位;在半固定沙丘中,白刺种群生长良好。

以地下水位为环境梯度的湖区、泉山区、坝区,不分土地类型进行植物种群生态位宽度计算,结果见表 2。

在种群生态位宽度的变化中,湖区生态位最宽的植物种是白刺 (0.7468)、沙米 (0.6267)、梭梭 (0.5593);泉山区生态位较宽的植物种群是碱蓬 (0.5718)、白刺 (0.4337);坝区白刺种群生态位最宽 (0.4032),其次是碱蓬 (0.3977)。从湖区、泉山区到坝区植物种群的过渡中,就生态位最大的白刺种群而言,其生态位宽度逐渐变小,沙米、刺蓬、五星蒿这些 1 年生植物生态位宽度均有不同程度的降低。可以看出,依湖区、泉山区、坝区地下水位下降梯度植物种群的生态位宽幅依次降低,植被变化均呈现衰退状态,整个植物种群中,白刺的生态位总宽幅最大 (0.9531),沙米 (0.778)、刺蓬 (0.7217)、五星蒿 (0.6381)、碱蓬 (0.6212)、黄花矾松 (0.5928)次之,除白刺为灌木植物外,其它均是 1 年生植物。白刺种群在该区是主要的建群种,在绿洲边缘防护带中发挥着主要防风固沙作用。

在植物种类的变化中,随着地下水位降低的环境梯度,在湖区,植物种 17 种,泉山区 12 种,坝区为 9 种,植物种类在减少,猪毛菜、花花柴和一些蒿属植物种群在泉山区和坝区已基本消失,苦豆子、虫实在坝区已很

少见。

表 2 空间区域不同地下水位的种群生态位宽度

Table 2 The breadth niche of population at different underground water table at special difference

植物种 Species	区域(地下水位)Region (Underground water table)			
	湖区 Hu-qu (8 ~ 12m)	泉山区 Qu-shan (15 ~ 17m)	坝区 Ba-qu (20 ~ 23m)	生态位总宽度 Total breadth of niche
	Bli	Bli	Bli	BLi
白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.7468	0.4337	0.4032	0.9531
沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>	0.6267	0.2541	0.3863	0.7788
刺蓬 <i>Salsola ikonnikovii</i>	0.5015	0.2276	0.2874	0.7217
五星蒿 <i>Bassa dasyphyua</i>	0.4157	0.3132	0.2838	0.6381
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	0.1891	0.5718	0.3977	0.6212
黄花矾松 <i>Limonium bicolor</i>	0.3647		0.1667	0.5928
梭梭 <i>Halxylon ammodendron</i>	0.5593		0.3071	0.4844
芦苇 <i>Phragmites communis</i>	0.3306		0.1667	0.4712
沙拐枣 <i>Calligonum junceum</i>		0.1667	0.2301	0.4010
虫实 <i>Corispermum patellifome</i>	0.1997	0.2688		0.3703
柽柳 <i>Tamarix ramosissim</i>	0.3330	0.3333		0.3349
苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	0.1690	0.1667		0.3333
红砂 <i>Reamuria soongorica</i>		0.3333		0.2841
沙蒿 <i>Achillea sphaerocephala</i>	0.1897			0.2357
花花柴 <i>Karelinia caspica</i>	0.3096			0.1667
猪毛菜 <i>Salsola collina</i>	0.4844			0.1667

2.2 民勤沙井子地区时间序列地下水位变化对种群生态位的影响

对 1984 ~ 1992 年民勤绿洲边缘(民勤沙井子地区)的固定样方资料统计分析,分别按固定沙丘、半固定沙丘不同地貌类型进行生态位宽度计算,结果如表 3:

在固定沙丘中,随着时间序列地下水位下降,白刺种群生态位宽度逐渐增大,1984 年为 0.2717,1992 年为 0.3800;人工梭梭种群生态位宽度降低,1984 年为 0.1199,1992 年为 0.0833;柽柳的变化不大,它在固定沙丘植被中处于伴生种地位,生态位宽度各年均均为 0.0833;沙蒿的生态位总宽度降低,1984 年为 0.1154,1992 年为 0.0833;花棒在该区域分布较少,到 1992 年时固定沙丘中几乎绝迹;1 年生草本植物五星蒿、刺蓬、沙米、芨芨已逐渐消退。因此,在固定沙丘中,荒漠植被除白刺外其他植物都处于衰退、消亡状态。在这 8a 中,从总生态位宽度看,群落优势种是白刺(0.9081),1 年生草本碱蓬(0.8397)、五星蒿(0.6097)也占有一定的分量。

在半固定沙丘中,白刺生态位宽度逐渐增大,1984 年 0.3962,1992 年 0.5276;碱蓬、沙米、五星蒿、刺蓬、芦苇一年生植物在降水较大的年分有一些生长,降水偏少的年分很少生长;梭梭、沙蒿生态位宽度逐渐降低,其他植物在群落中处于偶见种;白刺的总生态位宽度为 1.2754,在半固定沙丘植物群落中处于绝对优势种地位。

3 结论与讨论

生态位宽度是反映种群生长过程中综合利用环境资源的尺度。在时间序列地下水位下降环境梯度的民勤沙井子地区,地下水位 1984 年 7.45 m,1992 年 11.65 m,该范围内地下水位的下降,白刺种群生态位宽度在增加,白刺种群扩展;其它植物种群生态位宽度在减小,种群在退化。

空间区域地下水位在 8 ~ 23 m 的范围内,随着湖区—泉山区—坝区地下水位下降的梯度,民勤绿洲边缘荒漠植物种群生态位宽度都在减少,植物种类减少,植物种群在退化。

从生态位总宽度来看,整个民勤绿洲边缘白刺种群的生态位总宽度最大(1.2754,0.9531),白刺为该区的建群种,因此,白刺种群具有重要的防风固沙作用。

表 3 民勤沙井子地区地下水位下降对植物种群生态位的影响

Table 3 Effect of descended underground water table to niche of plant population at Sha-jing-zi of Minqin

沙丘类型 Type of dune	年度 (地下水位)Year (Underground water table)							
	1984 (7.45 m)		1985 (7.95 m)		1987 (8.23 m)		1988 (9.0 m)	
	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed
	Bli		Bli		Bli		Bli	
白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.2717	0.3462	0.3471	0.4632	0.3245	0.4201	0.3591	0.5702
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>	0.4298	0.0526	0.4775	0.0774	0.4425	0.0975	0.2722	0.0872
五星蒿 <i>Bassia dasyphyua</i>	0.2725		0.3		0.3649	0.0526	0.2727	0.0526
黄花矾松 <i>Limonium bicolor</i>			0.25		0.2722		0.3	
梭梭 <i>Halxylon ammodendron</i>	0.1199	0.0889	0.1408	0.0991	0.1661	0.0526	0.1425	0.0526
刺蓬 <i>Salsola ikonnikovii</i>			0.3141	0.2516	0.1778	0.2715	0.2222	0.3356
沙蒿 <i>Achillea sphaerocephala</i>	0.1154	0.0886	0.1387	0.1196	0.1174	0.1079	0.1115	0.1012
怪柳 <i>Tamarix ramosissim</i>	0.0833	0.0526	0.0833	0.0526	0.0833	0.0526	0.0833	0.0526
花棒 <i>Hedysarum scoparium</i>	0.0833						0.0833	
沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>			0.0833	0.0526	0.0946	0.2299	0.0833	0.3908
芨芨 <i>Achnatherum splendens</i>			0.0833		0.0833		0.0833	
旋复花 <i>Inula salsoloides</i>		0.0526		0.0526		0.0526		0.0526
沙拐枣 <i>Calligonum junceum</i>					0.0526		0.0526	
芦苇 <i>Phragmites communis</i>								0.0526

沙丘类型 Type of dune	年度 (地下水位)Year (Underground water table)							
	1989 (9.54 m)		1991 (10.87 m)		1992 (11.65 m)		生态位总宽度 Total breadth of niche	
	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed	固定 Fixed	半固定 Semi-fixed
	Bli		Bli		Bli		BLI	
白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	0.3652	0.4960	0.3439	0.5158	0.38	0.5276	0.9081	1.2754
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>					0.15	0.1462	0.8397	0.2031
五星蒿 <i>Bassia dasyphyua</i>							0.6097	0.0744
黄花矾松 <i>Limonium bicolor</i>	0.1667		0.15		0.0833		0.5327	
梭梭 <i>Halxylon ammodendron</i>	0.1333	0.0526	0.1078	0.0526	0.0956	0.0526	0.3473	0.1697
刺蓬 <i>Salsola ikonnikovii</i>							0.4238	0.4997
沙蒿 <i>Achillea sphaerocephala</i>	0.1067	0.0774	0.0833	0.0526			0.2899	0.2298
怪柳 <i>Tamarix ramosissim</i>	0.0833	0.0526	0.0833	0.0526	0.0822		0.2201	0.1289
花棒 <i>Hedysarum scoparium</i>							0.1178	
沙米 <i>Agriophyllum squarrosum</i>							0.1511	0.4565
芨芨 <i>Achnatherum splendens</i>							0.1443	
旋复花 <i>Inula salsoloides</i>		0.0526		0.0526		0.0526		0.1393
沙拐枣 <i>Calligonum junceum</i>	0.0526		0.0526		0.0526			0.1177
芦苇 <i>Phragmites communis</i>								0.0526

地下水位下降梯度中,在一定范围内(7.45~11.65 m)地下水位下降,白刺种群扩展,其它种群衰退,这与以前研究地下水位对白刺群落消长的影响所得出的结论一致^[8],在空间区域中,坝区地下水位降至20~23 m,地下水位下降致使所有的荒漠植物种群均衰退,这一现象为民勤环境治理提供了保持一个地下水位数值范围(7.45~11.65 m),当地下水位在该范围内,保护白刺种群,发挥白刺防风固沙作用,维护绿洲生存具有重要作用,因此,使地下水位达到该范围是民勤绿洲生态环境治理的一个目标。

民勤绿洲边缘,从湖区—泉山区—坝区的地下水位下降梯度中,降水依次增大,降水最大的坝区年平均仅

113 mm,而种群生态位宽度在减少。地下水能够被植物利用的前提下,现有降水在植被生长发育过程中,作用难以显示出来。

地下水是荒漠植物生长发育的主要因素,当地下水较深植物很难利用时,这时降水就会成为植物生长的主导条件。据研究,降水对民勤荒漠植被的生长发育存在一个临界值,当连续两年降水量年均达 140mm 以上时,对植被的生长有促进作用^[8]。近年的实地调查,民勤绿洲边缘荒漠植物从利用地下水资源逐渐过渡到利用有限的降水,该区降水受季节性限制,降水多在 7~9 月份,且降水强度小,多为无效降水,受降水资源的限制,植被大量死亡、稀疏,固定沙丘活化,流沙四起。当多年的降水在沙丘储存积累,沙丘含水量提高时,浅根性、根系发达的木本植物,如白刺、沙拐枣和 1 年生类短命植物利用降水,形成稀疏的雨养植物群落,这是植被变迁的另一个过程。利用有限降水研究植被天然更新机理,为民勤生态建设提供理论依据,是一个急需解决的问题。

民勤绿洲边缘白刺种群在不到 30a 的时间从鼎盛到衰退,说明植物的适应能力很难与环境的快速恶化(地下水位下降过快)相协调,这就凸显出在现阶段民勤绿洲外围荒漠植被保护与固沙造林树种选择中存在难以有效的技术和措施等问题。

References :

- [1] E Y H, Feng Z D, Wang J H, Wang Y L, Yang Z H, GIS-assisted FEFLOW modeling of groundwater moving processes within the minqin oasis in the lower reach of the Shiyang River, Northwest China. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, Science for Society 2004, 7 #614—4617.
- [2] Zhao C L, Yang Z H, et al. Relation between Water Resources Utilization and Eco-system Degeneration in Minqin Oasis. Journal of Desert Research, 2006 26 (1) 90—95.
- [3] Peng H J, Fu B J, Cheng L D, et al. Study on Features of Vegetation Succession and its Driving Force in Gansu Desert Areas. Journal of Desert Research, 2004 24 (5) 628—634.
- [4] Li J, Zhu J Z, Zhu Q K. A review on niche theory and niche metrics. Journal of Beijing Forestry University 2003 25 (1) :100—107.
- [5] Liu J Z, Chen Y N, Zhang Y M. Niche characteristics of plants on four environmental gradients in middle reaches of Tarim River. Chin. J. Appl. Ecol 2004, 15 (4) 549—555.
- [6] Zhang L J, Yue M, Zhang Y D, et al. Analysis on the Niche of the Main Plant Species of Oasis-desert Ecotone in Fukang of Xinjiang. Acta Ecologica Sinica 2002 22 (6) 969—972.
- [7] Yan Y F, Cong P T, Liu X H, et al. Effect Analysis of Environmental Factors on Plant Niche Breadth. Journal of Northeast Forestry University, 1999 27 (1) 35—38.
- [8] Wang R Z. The Niche Breadths and Niche Overlaps of Main Plant Populations in *Leymus Chinensis* Grassland for Grazing. Acta Phytocologica Sinica, 1997 21 (4) 304—311.
- [9] Zhang J Y, Zhao H L, Zhang T H, et al. Niche dynamics of main populations of plants communities in the restoring succession process in Horqin Sandy Land. Acta Ecologica Sinica 2003 23 (12) 2741—2746.
- [10] Liu M Z, Jiang G M, Yu S L, et al. Dynamics of plant community traits during an 18-year natural restoration in the degraded sandy grassland of Hunshandak Sandland. Acta Ecologica Sinica 2004 24 (8) :1731—1737.
- [11] Xu C L, Li Z Z. Changes in interspecific niche relationship of sand-fixing plants in the restoration process of desert ecosystem. Chinese Journal of Ecology 2004 23 (4) 7—12.
- [12] Li R, Zhang K B, Yang J J, et al. The Study on niche in desert grassland region fenced in Yanchi county, Ningxia hui autonomous region. Journal of Land Resources and Environment 2006 20 (4) :171—175.
- [13] Han Y H, Wang S P, Chen Z Z. Responses of the Major Plant Populations of Inner Mongolia Typical Steppe to Grazing Rate Based on Niche Considerations. Acta Agrestia Sinica, 1999 7 (3) 204—210.
- [14] Peng S Q, Wang B S, et al. Forestry Community Analysis IX in Dinghu Mountain. Stability of Community. Research on Forestry Eco-system in Tropic and Sub-tropic Areas, 5th Edition, 1989. 11—16.
- [15] Zhang L J, Yue M, Zhao G F, et al. Comparison of Different Measurements Applied to Oasis-Desert Ecotone. Chinese Journal of Ecology 2002, 21 (4) 71—75.
- [16] Levins R. Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations. Princeton: Princeton University Press, 1968.

- [17] Li D Z, Qin A L, Zang R G. Measure and Analysis of dominant wood populations niche in natural secondary forest in east mountains of northeast China. Quarterly of Chinese Forestry, 1995, 28 (2) 3-12.
- [18] Yang Z H, Gao Z H. Impact of precipitation and underground water level in the edge of oases on growth and decline of *Nitraria tangutorum* community. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11 (6) 923-926.

参考文献:

- [2] 赵翠莲, 杨自辉, 刘虎俊, 等. 民勤绿洲水资源利用与生态系统退化分析. 中国沙漠, 2006, 26 (1) 90-95.
- [3] 彭鸿嘉, 傅伯杰, 陈利顶, 等. 甘肃民勤荒漠区植被演替特征及驱动力研究. 中国沙漠, 2004, 24 (5) 628-634.
- [4] 李洁, 朱金兆, 朱清科. 生态位理论及其测度研究进展. 北京林业大学学报, 2003, 25 (1) 100-107.
- [5] 刘加珍, 陈亚宁, 张远明. 塔里木河中游植物种群在四种环境梯度上的生态位特征. 应用生态学报, 2004, 15 (4) 549-555.
- [6] 张林静, 岳明, 张远东, 等. 新疆阜康绿洲荒漠过渡带主要植物种的生态位分析. 生态学报, 2002, 22 (6) 969-972.
- [7] 颜延芬, 丛沛桐, 刘兴华, 等. 环境因子对植物生态位宽度影响程度分析. 东北林业大学学报, 1999, 27 (1) 35-38.
- [8] 王仁忠. 放牧影响下羊草草地主要植物种群生态位宽度与生态位重叠的研究. 植物生态学报, 1997, 21 (4) 304-311.
- [9] 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. 生态学报, 2003, 23 (12) 2741-2746.
- [10] 刘美珍, 蒋高明, 于顺利, 等. 浑善达克退化沙地恢复演替 18 年中植物群落动态变化. 生态学报, 2004, 24 (8) 1731-1737.
- [11] 徐彩琳, 李自珍. 沙区生态系统恢复演变过程中固沙植物种间生态位关系变化的研究. 生态学杂志, 2004, 23 (4) 7-12.
- [12] 李瑞, 张克斌, 杨俊杰, 等. 宁夏盐池荒漠化草原人工封育区生态位研究. 干旱区资源与环境, 2006, 20 (4) 171-175.
- [13] 韩苑鸿, 汪诗平, 陈佐忠. 以放牧率梯度研究内蒙古典型草原主要植物种群的生态位. 草地学报, 1999, 7 (3) 204-210.
- [14] 彭少麟, 王伯荪. 鼎湖山森林群落分析 IX. 群落的稳定性. 热带亚热带森林生态系统研究, 第五集, 1989, 11-16.
- [15] 张林静, 岳明, 赵桂仿, 等. 不同生态位计测方法在绿洲荒漠过渡带上的应用比较. 生态学杂志, 2002, 21 (4) 71-75.
- [18] 杨自辉, 高志海. 荒漠绿洲边缘降水和地下水对白刺群落消长影响. 应用生态学报, 2000, 11 (6) 923-926.