

黑河流域甘州区湿地植物物种多样性研究

闫春鸣, 占玉芳, 滕玉凤

(张掖市林业科学研究院, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 以芦苇群落和西藏嵩草两个群落为对象, 研究了两个群落的植物物种及组成特征。结果表明, 芦苇群落以芦苇为优势种, 以西藏嵩草为亚优势种, 二者重要值之和为 0.434 2; 西藏嵩草群落以西藏嵩草为优势种, 重要值为 0.187 6。物种多样性分析表明, 两群落的物种多样性指数(H)和均匀度指数(J)均波动幅度较大, 优势度(D)值波动幅度较小; 芦苇和西藏嵩草群落的多样性指数与均匀度指数呈现出显著的正相关关系, 但与物种丰富度指数无明显相关, 而与生态优势度指数呈明显的负相关关系; 两群落 H 、 D 、 J 和丰富度指数(S)值的差异并不显著; 芦苇和西藏嵩草群落的共有种有 14 种, 相似性系数为 51.85%, 说明西藏嵩草群落和芦苇群落的群落组成相近, 它们存在一定的内在联系。

关键词: 物种多样性; 湿地植物; 黑河流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)02-0246-05

中图分类号: Q948

Plant Species Diversity of Wetlands at Ganzhou District of Heihe River Basin

YAN Chun-ming, ZHAN Yu-fang, TENG Yu-feng

(Zhangye Academy of Forestry Science, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: Plant species and composition characteristics were investigated in *Phragmites communis* community and *Kobresia tibetica* community. The results show that *Phragmites communis* and *Kobresia tibetica* were the dominant and the subdominant species in *Phragmites communis* community, with important values of 0.434 2 as in sum. *Kobresia tibetica* was the dominant species in *Kobresia tibetica* community, with an important value of 0.187 6. Species diversity analysis showed that in the two communities, the Shannon—Wiener index(H) and the Pielou(evenness) index(J) varied with large amplitudes of fluctuation, while the Simpson(dominance) index(D) showed much less variations. The diversity index was significantly correlated positively with the evenness index and negatively with the ecological dominance index, while not with the species richness index(S). The H , D , J and S values were not significant different in the two communities, each consisted of 14 species. The similarity coefficient between the two communities was 51.85%. Thus, the community composition of *Phragmites communis* community was closely related with that of *Kobresia tibetica* community.

Keywords: species diversity; wetland plants; Heihe River basin

湿地是陆地表层独特而重要的生态系统, 与森林、草地、农田生态系统共同维系着陆地表层生物多样性和生态平衡, 是功能独特、不可替代的自然综合体。湿地是自然界最富生物多样性和生态功能最高的生态系统之一。然而, 人类对湿地盲目地开发和利用, 导致湿地数量锐减和质量急剧退化, 生态环境受到严重破坏。特别是西北干旱、半干旱地区普遍发生河流下游湿地消失、湖面退缩、水位下降、水量锐减、湖水咸化、甚至干涸消亡等状况。因此, 湿地研究得到了国际上许多科学家的广泛关注, 其中湿地生物物种多样性是湿地研究的重要内容。

黑河是我国西北地区第二大内陆河, 流经青海、甘肃、内蒙古三省, 战略地位十分重要。近年来, 随着流域人口的逐渐增加及其对自然资源的掠夺性开发, 致使黑河流域湿地严重退化, 从而对湿地植物的生物多样性产生极为不利的影响。本研究应用丰富度指数、多样性指数和均匀度指数等, 对甘州区城北郊草本沼泽湿地植被的物种多样性进行了分析, 并定量地对各个多样性指数进行了比较, 旨在为湿地植被的物种多样性保护和恢复利用提供理论依据。

收稿日期: 2011-04-20

修回日期: 2011-06-11

资助项目: 张掖市林科院与中国科学院兰州分院科技合作项目“黑河流域湿地(张掖段)植物资源调查与保护技术研究”

作者简介: 闫春鸣(1970—), 男(汉族), 河南省沁阳市人, 工程师, 主要从事林业科研及经济林栽培推广工作。E-mail: yancunming@126.com。

通信作者: 占玉芳(1970—), 女(汉族), 甘肃省民勤县人, 学士, 高级工程师, 主要从事林果花科研推广工作。E-mail: zyf700104@sina.com。

1 研究区概况

试验地选在河西走廊中部黑河流域张掖市甘州区城北郊湿地,地理位置 $100^{\circ}06' - 100^{\circ}52'$, 北纬 $38^{\circ}32' - 39^{\circ}24'$, 该区属温带大陆性气候, 平均海拔 1 474 m, 年均降水量 113 ~ 120 mm, 蒸发量 2 047 mm, 日照时数 308.5 h, 无霜期 138 ~ 179 d, 具有日照时间长, 昼夜温差大的特点, 降雨多集中在 7—9 月份。湿地植物群落以芦苇 (*Phragmites communis*) 群落和西藏嵩草 (*Kobresia tibetica*) 群落为主, 植被盖度一般在 40% ~ 50%。土壤类型主要有草甸土、潮土、淤积土、草甸盐土、沼泽土。大部分为湖积堆积物, 系黄褐色、灰绿色的淤泥质土, 表层零星分布黄黏土或富含腐殖质的淤泥层。经调查, 张掖市分布的湿地共有 2 大类 4 个类型 13 个类别, 总面积 $2.10 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 仅占到该市土地总面积的 5.02%。湿地内栖息的野生动物共 229 种, 高等植物 84 科 399 属 1 044 种。

2 研究方法

2.1 取样方法

调查以样带结合样方法进行。沿湿地边缘等距离 (50 m) 分别在 2 个群落设置采样点, 每个采样点设置平行样带 4 条, 根据地形样带南北走向, 样带均垂直于水陆交界线, 每条样带等距离 (10 m) 布置 3 个样方 ($1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$), 每个植物群落 12 个样方, 共计 24 个样方。记录样方内植物的种类、株数、株高、盖度、优势种等。调查时间为 2008 年 8—9 月。

2.2 生物多样性指数

用于描述物种多样性的指数很多, 本研究主要采用常用的 α 多样性指数^[1-3], 以探讨黑河流域城北郊湿地的物种多样性基本特征。

物种重要值 (IV)^[4]:

$$IV = \text{相对密度 (RH)} + \text{相对盖度 (RC)} + \text{相对频度 (RF)}$$

式中: RH——相对密度, 是群落中某种植物的密度占群落总密度的百分比, 它在一定程度上决定着种群的能流、生产力及资源利用; RC——相对盖度, 是群落中某种植物的盖度占总盖度的百分比, 它可以反映植物种群在地面上的生存空间, 在一定程度上是植物利用环境及影响环境程度的反映; RF——相对频度, 是群落中某种植物出现的频度占群落植物出现总频度的百分比。重要值, 是评价某一植物种群在群落中作用的综合性数量指标。

丰富度指数 (R): $R = S$

多样性指数 (H) 采用 Shannon—Wiener 多样性指数:

$$H = \log_2 N - \sum_{i=2}^n \frac{n_i}{N} \times \log_2 (n_i) / N$$

均匀度指数 (J) 采用 Pielou 均匀度指数:

$$J = H / \lg S$$

优势度 (D):

$$D = \sum_{i=1}^n (n_i - 1) / (N - 1)$$

式中: S ——物种数; N ——样方中所有种的个体总数; n_i ——样方中第 i 个种的个体总数。

相似性指数 (I) 采用 Srensen 指数:

$$I = 2c / (a + b) \times 100$$

式中: a ——芦苇群落中物种数; b ——西藏嵩草群落中物种数; c ——两群落中共有的物种数。

采用单因子方差分析对两群落物种多样性的差异性进行检验。以群落特征为自变量, 以群落的 H , D 和 J 为因变量; 采用 Pearson 相关分析法分析 H , D , J 和 S 之间的相关关系。

3 结果与分析

3.1 植物种类及其组成特征

在对芦苇群落 12 个样方的定量调查中, 共收集高等植物 24 种, 隶属于 14 科 22 属。其中禾本科 3 种, 菊科 5 种, 藜科 3 种, 石竹科 2 种, 莎草科 2 种, 其它为毛茛科、木贼科、龙胆科、蔷薇科、柳叶菜科、虎耳草科、豆科、蓼科、水麦冬科各 1 属 1 种。在对西藏嵩草群落植物 12 个样方的定量调查中, 共收集高等植物 27 种, 隶属于 14 科 26 属, 其中禾本科 7 种, 菊科 4 种, 藜科 2 种, 十字花科 2 种, 莎草科 2 种, 其它为石竹科、毛茛科、香蒲科、水麦冬科、车前科、豆科、百合科、蓼科、龙胆科、虎耳草科等各 1 属 1 种 (表 1)。物种重要值可以较全面地表达不同物种在群落中的功能地位和分布格局^[5]。由表 1 可知, 芦苇群落和西藏嵩草群落不仅在物种的种类和数量上存在一定的差异, 而且 2 群落物种的重要值分布序列也发生了变化。由此可知, 芦苇群落和西藏嵩草群落在组成结构和物种分布格局上存在明显差异。

3.2 群落物种多样性

在群落多样性的研究中, Shannon—Wiener 多样性指数 (H) 被认为是一种能较好地反映出个体密度、生境差异、群落类型、演替阶段的指数; Pielou 均匀度指数 (J) 是一种反映个体数量分布均匀程度的良好指标; Simpson 指数 (D) 被认为是反映群落优势度较好的指标^[6]。

从图 1 可知, 两个群落的 H 和 J 值均波动幅度较大, D 值波动幅度较小。无论是芦苇群落还是西藏嵩草群落, 各自的物种多样性指数和均匀度指数均表现出相同的变化趋势, 与生态优势度指数的变化正好相反。

表 1 芦苇和西藏嵩草群落的物种种类、类群及其重要值

典型湿地	植物名称	学名	科别	重要值
草本沼泽湿地	芦苇*	<i>Phragmites australis</i>	禾本科	0.232 9
	西藏嵩草*	<i>Kobresia tibetica</i>	莎草科	0.201 3
	滨麦*	<i>Leymus mollis</i>	禾本科	0.105 7
	珍珠*	<i>Salsola passerina</i>	藜科	0.076 5
	节节草	<i>Equisetum ramosissimum</i>	木贼科	0.068 0
	黄戴戴*	<i>Halerpestes ruthenica</i>	毛茛科	0.058 0
	水蓼	<i>Polygonum hydropiper</i>	蓼科	0.041 3
	苦苣菜*	<i>Sonchus oleraceus</i>	菊科	0.039 6
	狗尾草*	<i>Setaria viridis</i>	禾本科	0.030 4
	灰绿藜*	<i>Chenopodium glaucum</i>	藜科	0.021 1
	当药*	<i>Swertia diuta</i>	龙胆科	0.020 0
	线茎虎耳草*	<i>Saxifraga filicaulis</i>	虎耳草科	0.019 6
	青甘蒿苣	<i>Chaetosaris roborowskii</i>	菊科	0.012 7
	沼生柳叶菜	<i>Epilobium palustre</i>	柳叶菜科	0.011 8
	鹅绒萎陵菜	<i>Potentilla anserina</i>	蔷薇科	0.011 4
	旋覆花*	<i>Inula japonica</i>	菊科	0.008 5
	苦豆子	<i>Sophora alopecuroides</i>	豆科	0.008 0
	蒲公英	<i>Taraxacum mongolicum</i>	菊科	0.007 9
	苦苣菜*	<i>Ixeris denticulata</i>	菊科	0.005 2
	褐穗莎草	<i>Cyperus fuscus</i>	莎草科	0.004 6
漆姑草	<i>Sagina japonica</i>	石竹科	0.003 9	
拟漆姑*	<i>Spergularia marina</i>	石竹科	0.003 9	
内陆盐沼湿地	水麦冬*	<i>Triglochin palustre</i>	水麦冬科	0.003 9
	蔷薇猪毛菜	<i>Salsola rosacea</i>	藜科	0.003 9
	西藏嵩草*	<i>Kobresia tibetica</i>	莎草科	0.187 6
	滨麦*	<i>Leymus mollis</i>	禾本科	0.106 5
	芦苇*	<i>Phragmites australis</i>	禾本科	0.102 4
	拟漆姑*	<i>Spergularia marina</i>	石竹科	0.096 7
	黄戴戴*	<i>Halerpestes ruthenica</i>	毛茛科	0.089 6
	苦苣菜*	<i>Sonchus oleraceus</i>	菊科	0.062 0
	扁杆蔗草	<i>Schoenoplectus planiculmis</i>	莎草科	0.059 2
	短星菊	<i>Brachyactis cilliata</i>	菊科	0.040 3
	狗尾草*	<i>Setaria viridis</i>	禾本科	0.034 7
	灰绿藜*	<i>Chenopodium glaucum</i>	藜科	0.026 7
	车前	<i>Plantago asiatica</i>	车前科	0.023 7
	长苞香蒲	<i>Typha angustata</i>	香蒲科	0.023 4
	光头稗子	<i>Echinochloa colona</i>	禾本科	0.020 8
	珍珠*	<i>Salsola passerina</i>	藜科	0.013 7
	宽叶独行菜	<i>Lepidium latifolium</i>	十字花科	0.013 4
	篇蓄	<i>Polygonum aviculare</i>	蓼科	0.012 8
	刺儿菜	<i>Cirsium setosum</i>	菊科	0.011 2
	苍耳	<i>Xanthium sibiricum</i>	菊科	0.010 3
	水麦冬*	<i>Triglochin palustre</i>	水麦冬科	0.010 2
	筒状隐花草	<i>Crypsis schoenoides</i>	禾本科	0.008 4
	旋覆花*	<i>Inula japonica</i>	菊科	0.007 9
	独行菜	<i>Lepidium apetalum</i>	十字花科	0.007 3
	华灰早熟禾	<i>Poa botryoides</i>	禾本科	0.005 1
	画眉草	<i>Eragrostis pilosa</i>	禾本科	0.004 2
	苦苣菜*	<i>Ixeris denticulata</i>	菊科	0.003 9
	唐古韭	<i>Allium tanguticum</i>	百合科	0.003 7
	野苜蓿	<i>Medicago falcata</i>	豆科	0.003 7
	当药*	<i>Swertia diluta</i>	龙胆科	0.003 5
艾蒿	<i>Artemisia argyi</i>	菊科	0.003 5	
线茎虎耳草	<i>Saxifraga filicaulis</i>	虎耳草科	0.003 4	

注: * 为两个群落的共有种。

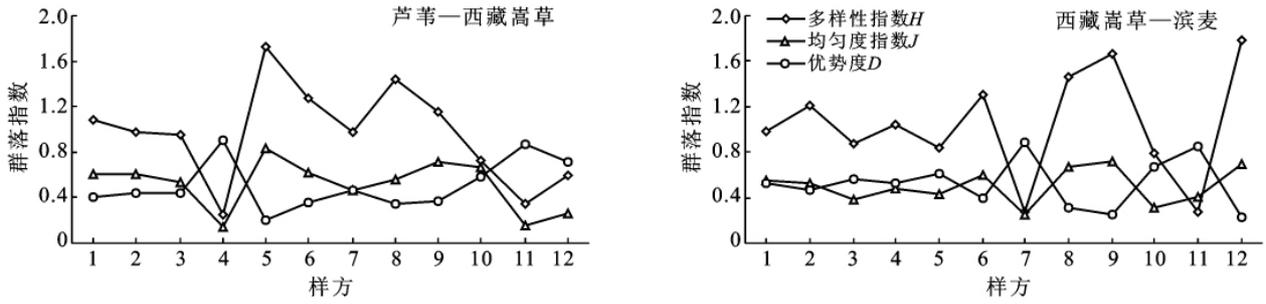


图 1 芦苇群落和西藏嵩草群落 3 种指数的波动

由表 2 可以看出, 芦苇群落的 H 最大值为 2.483 0, 最小值仅为 0.361 8; 西藏嵩草—滨麦群落的 H 最大值为 2.399 4, 最小值为 0.403 3; 均相差 1 倍多, 这说明两群落在物种组成和结构上均存在较大差异。由表 2 可知, 芦苇群落的 H, D, J 和 S 值的平均值分别为 $1.383 1 \pm 0.200 1, 0.508 4 \pm 0.059 9, 0.739 6 \pm$

$0.025 9$ 和 $7.250 0 \pm 0.737 1$; 西藏嵩草群落的 H, D, J 和 S 值的平均值分别为 $1.505 1 \pm 0.171 1, 0.524 4 \pm 0.007 7, 0.723 0 \pm 0.036 8$ 和 $8.250 0 \pm 0.890 7$ 。表明两群落在组成结构上有些不同, 西藏嵩草群落中, 其物种相对更丰富一些, 分布更均匀一些。

表 2 芦苇和西藏嵩草群落的物种多样性

群落类型	样方	种数	总株数	优势度 D	多样性指数 H	均匀度指数 J
芦苇—西藏嵩草群落	1	6	746	0.409 7	1.564 0	0.872 9
	2	5	617	0.442 1	1.406 2	0.873 7
	3	6	584	0.437 7	1.379 7	0.770 1
	4	6	830	0.906 8	0.361 8	0.201 9
	5	8	2 027	0.198 8	2.483 0	1.194 1
	6	8	2 479	0.361 2	1.842 0	0.885 8
	7	8	1 368	0.459 8	1.406 3	0.676 3
	8	13	1 592	0.348 4	2.081 2	0.811 4
	9	5	938	0.368 3	1.663 9	1.033 9
	10	3	622	0.584 6	1.048 6	0.954 5
	11	9	10 502	0.873 5	0.495 6	0.225 6
	12	10	1 345	0.709 7	0.864 6	0.375 5
西藏嵩草—滨麦群落	1	6	911	0.527 6	1.422 0	0.793 6
	2	10	970	0.467 1	1.746 2	0.758 4
	3	10	1 230	0.566 8	1.261 9	0.548 0
	4	9	881	0.523 4	1.510 2	0.687 3
	5	7	1 314	0.605 9	1.215 3	0.624 5
	6	9	841	0.390 2	1.883 5	0.857 2
	7	3	3 463	0.881 7	0.395 6	0.360 1
	8	9	879	0.317 3	2.115 2	0.962 7
	9	10	993	0.254 3	2.399 4	1.042 1
	10	11	1 729	0.675 7	1.135 5	0.457 0
	11	2	859	0.852 1	0.403 3	0.581 9
	12	13	944	0.231 0	2.572 8	1.003 0

表 3 为两个群落 4 个指数的相关性分析结果。由表 3 可以看出, 芦苇和西藏嵩草群落的多样性指数与均匀度指数呈现出显著的正相关关系(芦苇群落: $H = 1.691 3J + 0.132 2, n = 12, r = 0.859 3,$

$p < 0.01$; 西藏嵩草群落: $H = 2.873 9J - 0.572 7, n = 12, r = 0.407 5, p < 0.01$); 但与物种丰富度指数无明显相关, 而与生态优势度指数呈明显的负相关(芦苇群落: $H = 2.784 1 - 2.756 0D, n = 12, r = -0.968 4,$

$p < 0.01$; 西藏嵩草群落: $H = 1.6662 - 0.3073D$, $n = 12$, $r = -0.9943$, $p < 0.01$ 。这说明芦苇和西藏嵩草群落物种的多样性与均匀度相一致,而与丰富度的关系不明显,与优势度呈负相关关系。

表 3 多样性指数(H)、Pielou 均匀度指数(J)、Simpson 指数(D)和丰富度(S)的相关性

项目	芦苇群落				西藏嵩草群落			
	D	H	J	S	D	H	J	S
优势度(D)	1				1			
多样性指数(H)	-0.9684	1			-0.9943	1		
均匀度指数(J)	-0.9197	0.8593	1		-0.9250	0.4075	1	
丰富度指数(R)	-0.0394	0.2206	-0.2698	1	-0.7710	0.8016	0.5054	1

分析调查数据可知,西藏嵩草群落在 4 个指数上均略高于芦苇群落。Simpson 指数与其它几个多样性指数的变化趋势相反。Simpson 指数通常又称为生态优势度,从其表达式和描述的生态学意义上看,它所反映的是优势种在群落中的地位和作用的大小^[7]。如果某个或某几个优势种在群落中占有突出地位,那么 D 值就较低^[8]。其它几个物种多样性指数则呈现出近乎相同的变化趋势,可以看出多样性指数受物种丰富度和均匀度的共同影响。因此,一个具有较低物种丰富度指数和较高均匀度指数的群落,其多样性指数可能和一个物种丰富度指数较高而均匀度指数较低的群落相同^[9],而它们的多样性指数差异不显著。

经对芦苇和西藏嵩草群落的 H 、 D 、 J 和 S 值的方差分析(表 4),结果表明两群落 H 、 D 、 J 和 S 值的差异并不显著,表明上述组成结构上的不同并不是很明显,也即是两个群落的结构并没有发生很大的变化,这说明群落间既存在着差异性,也存在着连续性^[10]。

表 4 芦苇和西藏嵩草群落 4 个指数的方差分析

项目	来源	自由度	均方	F 值	F_{α}
优势度(D)	模型	1	0.0015	0.0336	2.95
	机误	22	0.0460		
多样性指数(H)	模型	1	0.0893	0.0790	2.95
	机误	22	1.1304		
均匀度指数(J)	模型	1	0.0017	0.0226	2.95
	机误	22	0.0736		
丰富度指数(R)	模型	1	6.0000	0.6857	2.95
	机误	22	8.7500		

3.3 群落相似性

对群落相似性的分析,不仅考虑到群落内各物种的存在度,同时也考虑到物种的丰富度。两群落的共有种有 14 种,相似性系数为 51.85%,由此可见,西藏嵩草群落和芦苇群落的群落组成相近,它们有一定的内在联系。

4 结论

(1) 黑河流域甘州区城北郊湿地植物群落的物

种丰富度很高,仅调查的 24 个样方就收集到高等植物 41 种,隶属于 19 科 36 属。另外,从物种组成特征来看,西藏嵩草群落中,优势种所占比例小于芦苇群落,物种分布更均匀,但不能认为西藏嵩草比芦苇群落稳定。至于甘州区城北郊湿地植物群落物种多样性和稳定性之间的关系,还需要进一步的研究。

(2) 芦苇群落以芦苇为优势种,以西藏嵩草为亚优势种;西藏嵩草群落以西藏嵩草为优势种。芦苇群落和西藏嵩草群落不仅在物种的种类和数量上存在一定的差异,而且在组成结构和物种分布格局上存在明显差异。

(3) 物种多样性分析表明,芦苇和西藏嵩草群落的 H 和 J 值均波动幅度较大, D 值波动幅度较小;两群落的多样性指数与均匀度指数呈现出显著的正相关关系,但与物种丰富度指数无明显相关,而与生态优势度指数呈明显的负相关关系。

(4) 两群落 H 、 D 、 J 和 S 值的差异并不显著。这说明两个群落间既存在着差异性,也存在着连续性。

(5) 通过对两群落的相似性分析可知,相似性系数为 51.85%,西藏嵩草群落和芦苇群落的群落组成相近,它们有一定的内在联系。

(6) 物种多样性指数、生态优势度指数和均匀度指数是反映群落组成结构特征的定量指标。一般来说,物种多样性与物种丰富度、均匀度呈正相关,与生态优势度呈负相关^[11]。研究结果显示,除丰富度与多样性的相关关系不太明显外,与上述结论基本一致。这说明物种多样性指数、生态优势度指数和均匀度指数可以作为定量指标应用到湿地生态系统中来反映群落的结构组成特征。至于将来随着气候变化,植被的物种多样性将如何变化,仍需进一步深入研究。

(下转第 254 页)

研究,减缓砂田退化的进度。

[参 考 文 献]

- [1] 强力. 砂田生态效益及主栽作物西瓜的水肥耦合效应研究[D]. 宁夏 银川: 宁夏大学, 2008.
- [2] 胡景田. 宁夏中部干旱区压砂利用对土壤质量的影响研究[D]. 宁夏 银川: 宁夏大学, 2010.
- [3] 许强, 吴宏亮, 康建宏. 旱区砂田肥力演变特征研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 37-41.
- [4] 杜延珍. 砂田在干旱地区的水土保持作用[J]. 中国水土保持, 1993(4): 35-39.
- [5] 王雄师. 疏勒河项目区土壤结构分类及对盐碱地改良的影响[J]. 甘肃水利水电技术, 1998(3): 66-69.
- [6] 白晓宁. 香山压砂瓜节水补灌技术应用研究[D]. 宁夏 银川: 宁夏大学, 2010.
- [7] 许强, 强力, 吴宏亮, 等. 砂田水热及减尘效应研究[J]. 宁夏大学学报, 2009, 30(2): 179-182.
- [8] 李卓, 冯浩, 吴普特. 砂粒含量对土壤水分蓄持能力影响模拟试验研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3): 204-207.
- [9] Li Xiang. Gravel-sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of Northwest China [J]. Catena, 2003, 52(2): 105-127.
- [10] 原翠萍. 砂石覆盖对蒸发和入渗产流过程影响的试验研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [11] 王金牛, 谢忠奎, 郭志鸿, 等. 砂田退化对土壤温度和蒸发影响的模拟研究[J]. 中国沙漠, 2010, 30(2): 388-393.
- [12] 陈士辉, 谢忠奎, 王亚军, 等. 砂田西瓜不同粒径砂砾石覆盖的水分效应研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 432-436.
- [13] 原翠萍, 张心平, 雷廷武, 等. 砂石覆盖粒径对土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 25-28.
- [14] Corey A T, Kemper W D. Conservation of soil water by gravel mulches [D]. Fort Collins: Colorado State University, 1968.
- [15] 宋日权. 绿洲农田表层掺砂、覆砂对土壤水盐运移的影响[D]. 新疆 石河子: 石河子大学, 2010.
- [16] 许强, 吴宏亮, 康建宏. 旱区砂田肥力演变特征研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 37-41.
- [17] 梁建林, 张梦宇. 不同入渗条件下土壤脱盐效果的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(3): 116-117.
- [18] 张峰. 山西南方红豆杉森林群落的生态优势度分析[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 1988(3): 82-87.
- [19] 张峰, 上官铁梁. 山西绵山森林植被的多样性分析[J]. 植物生态学报, 1998, 22(5): 461-465.
- [20] 阎桂琴, 赵桂仿, 胡正海. 秦岭太白红山群落特征及其物种多样性的研究[J]. 西北植物学报, 2001, 21(3): 497-506.
- [21] 张峰, 张金屯, 上官铁梁. 历山自然保护区猪尾沟森林群落植物多样性研究[J]. 植物生态学报, 2002, 26(S): 46-51.
- [22] 彭少麟, 周厚诚, 陈天杏, 等. 广东森林群落的组成数量特征[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(1): 10-17.

(上接第 250 页)

[参 考 文 献]

- [1] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 17-21.
- [2] 岳天祥. 生物多样性模型研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 377-380.
- [3] 董鸣, 王义凤, 孔繁志, 等. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996: 13-16.
- [4] 蒋政权, 洪剑明, 胡东. 北京市杨镇湿地植物群落多样性及优势种重要值的研究[J]. 湿地科学, 2004, 2(3): 214.
- [5] 娄彦景, 赵魁义, 胡金明. 三江平原湿地典型植物群落物种多样性研究[J]. 生态学杂志, 2006, 25(4): 364-368.
- [6] 马克平. 生物群落多样性的测度方法, 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: