

中国大陆青冈分布区东缘大金山岛种群种子形态变异

陈艳¹, 沈浪^{1,2}, 应向阳¹

(1. 华东师范大学 环境科学系, 上海 200062; 2. *Department of Plant Biology, University of Georgia, Athen USA*)

摘要: 在大陆青冈分布区东缘的大金山岛种群中按不同坡向取样,旨在揭示相对均一条件下青冈种子的形态变异及变异的来源,以从不同侧面研究环境对形态变异的作用。大金山岛种群青冈种子的长度、直径和重量分别为 1.557 ± 0.128 cm、 1.175 ± 0.112 cm、 1.321 ± 0.310 g,处于青冈种子正常分布范围内。单颗种子的长度、直径符合正态分布,而重量则明显偏离正态分布。不同坡向青冈种子间差异很小,表明微地形的影响较小;种群变异的来源株内和株间约各占一半,说明种子表型具有一定的可塑性,主要由于种子处于植株不同部位的缘故。

关键词: 种子; 形态变异; Gini 指数; 青冈; 大金山岛

中图分类号: Q944.59 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)04-0555-05

Morphological variation of *Cyclobalanopsis glauca* seeds in Dajinshan Island, eastern edge of its distribution in mainland, China

CHEN Yan¹, SHEN Lang^{1,2}, YING Xiang-Yang¹

(1. *Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;*

2. *Department of Plant Biology, University of Georgia, Athen USA*)

Abstract: The authors focus on such environment which is uniform in some way, to discuss the relationships between the morphological variation and environment. The morphological variation of *Cyclobalanopsis glauca* seeds in Dajinshan Island, located at the eastern edge of distribution in mainland China, was studied. Means of length, diameter and weight of seeds collected from 41 *C. glauca* trees were 1.557 ± 0.128 cm, 1.175 ± 0.112 cm and 1.321 ± 0.310 g, respectively. Normal distribution of seeds was observed in length and diameter, but not in weight. No distinct difference was found among seeds collected from different slope aspects, due to relative homogenous habitats. Gini coefficient showed that about half of the variation was partitioned within individual tree, indicating that microhabitats within individual tree might had a modification effect on the morphological characteristics of *C. glauca* seeds.

Key words: seed; morphological variation; Gini coefficient; *Cyclobalanopsis glauca*; Dajinshan Island

种子是高等植物有性繁殖的主要方式之一,其形态特征受遗传控制较强(Baskin等,2001),但长期生存在不同地方,在选择压力下也会表现出适应性分化(Wheeler等,2001),即使在同一地方,由于环境饰变作用,在形态上也会表现出一定差异,因而种子形态多态性普遍存在于自然界的被子植物中。由于上述种种因素,植物种子形态多态性不仅仅是

表现在物种间,同一物种也会因地理位置(蔡永立等,1999;窦全丽等,2005)、更新策略(陈小勇,1994)、演替阶段(Werner等,1976)等而表现出形态差异。对种子多态性研究有助于揭示遗传及外部因素在物种形态特征适应及分化中的作用(Khalil,1984),而广布种从不同尺度为这种研究提供了平台。

青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)是中亚热带常

收稿日期: 2005-11-20 修回日期: 2006-07-23

基金项目: 华东师范大学“211”重点建设学科项目 [Supported by Key Subjects Development Item of “211” Program of East China Normal University]

作者简介: 陈艳(1970-),女,四川省西昌市人,副教授,在读硕士,主要研究方向遗传及分子生态学。

绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林主要优势种之一,广泛分布于我国长江流域,分布区气候、土壤等环境条件变化很大。在这样广泛分布的地区内,以青冈为优势种构成的群落类型多样,种类组成差别也很大,但青冈以风媒传粉为主,种群间基因流较大,因而种群间遗传分化程度很低(陈小勇等,1997a);而在较大的地理尺度上,不同地区种子的形态仍存在较大差异(蔡永立等,1999)。黄山的研究也表明,在干扰较小的坡地和受洪水影响较大的沟谷种群之间种子的形态特征存在明显的分化(陈小勇,1994),并分别形成了以种子繁殖和无性系繁殖为主的格局(陈小勇等,1997b)。但在相对均一的生境中种子形态特征的变化情况,目前尚不清楚,而这对于了解形态变异与遗传分化以及环境之间的关系,进而了解环境对形态可塑性的影响是十分重要的。

本文以地形较简单、环境相对均一的上海市大金山岛原生青冈种群为例,研究种子形态变异程度,并阐释形态变异的分配,为形态变异的遗传和环境解释提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究地点

大金山岛位于杭州湾北部,地理坐标为 $121^{\circ}24'48.7'' \sim 121^{\circ}25'25.3''$ E, $30^{\circ}41'21.3'' \sim 30^{\circ}41'36.3''$ N,它是青冈在我国大陆分布区的东缘,地处中亚热带,岛上保存着较为完好的常绿阔叶林。该岛原与大陆相连,明朝时期因海浸逐渐与大陆分离,现岛上分布有较多以青冈和红楠(*Machilus thunbergii*)为优势种的常绿阔叶林。

大金山岛面积较小,仅有 0.229 km^2 ,全岛约有 $50 \sim 60$ 株青冈成树($\text{DBH} \geq 15 \text{ cm}$),幼苗也很多,但几乎没有小树和幼树。我们于种子成熟季节,在岛上采集青冈种子,每株收集数十至 100 多颗不等,共采集了 41 株成熟青冈个体的种子,用浮选法去除发育不良、虫蛀的种子,自然风干后测量。

1.2 形态参数测量

青冈种子卵形,我们以长度、最大直径(以后简称直径)和重量为其形态指标。长度和直径采用游标卡尺测定,重量采用分析天平测定,精确到小数点后三位。

1.3 数据处理

1.3.1 Gini 系数 Gini 系数是分析样本变异性的一

个重要参数,尤其是对于分析变异的分配十分有效。

其计算公式如下: Gini 系数 $= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |\chi_i - \chi_j|}{2n^2 \bar{x}}$

其中 χ_i 、 χ_j 为第 i 、 j 棵种子的形态参数值(如长度、重量), n 为种子数, \bar{x} 为种子形态参数的平均值。

1.3.2 形态差异的分配 由于有: $G_{\text{种群}} = G_{\text{株间}} + G_{\text{株内}}$

(其中: $G_{\text{株内}} = \sum_{i=1}^n G_{\text{单株}}/n$)。则: $G_{\text{株间}} = G_{\text{种群}} - G_{\text{株内}}$ 。

可以用 $D_{\text{株间}} = G_{\text{株间}}/G_{\text{种群}}$ 来表示单株间差异对种群差异的贡献。

同理 $D_{\text{种群间}} = G_{\text{种群间}}/G_{\text{总种群}}$ 可以用来衡量种群间的差异对总种群差异的贡献。尽管东、南、西、北未形成独立种群,我们用类似种群的方法对之进行处理,以反映微地形差异对种群异质性的贡献。

1.3.3 种子形态特征分布拟合和显著性 采用 Kolmogorov-Smirnov 检验进行,在 R2.1.1 平台上完成;特征间的线性回归分析也在该平台上完成。聚类分析采用 SPSS 软件进行。

2 结果

41 棵青冈植株种子的基本数据见表 1。总体长度、直径和重量分别为 $1.557 \pm 0.128 \text{ cm}$ 、 $1.175 \pm 0.112 \text{ cm}$ 、 $1.321 \pm 0.310 \text{ g}$ 。各植株上种子的长度和直径的变化相对较小,平均最大值分别是最小值的 1.37 倍和 1.54 倍。但重量相差较大,单株最大种子平均重量是最小值的 3.08 倍(表 1)。如从单颗种子来看,差异更大,达到 6.23 倍(具体数据略)。对种子形态特征分布进行拟合,大金山岛青冈种子长度、直径符合正态分布, Kolmogorov-Smirnov 检验表明达到极显著程度(图 1a、b),而重量偏离正态分布,表现为偏向低重量,并且峭度很大(图 1c)。三个参数之间存在极显著的相关关系,其中以种子重量与宽度的相关性最高,达到 0.9273 。

青冈各植株株内种子长度的变异范围为 $2.2\% \sim 7.8\%$,变异幅度最大的是个体北 4,最小的为西 8 号个体(表 1),从 Gini 系数也可以得出相同的结论(表 1);单株平均长度最大的为东 13 号个体(1.747 cm),是最小的 1.37 倍(南 4 号个体)。宽度的变化幅度比长度大, $2.7\% \sim 15.5\%$,单粒种子宽度变化幅度最大的是北 5,达 1.83 倍。而重量的变化幅度最大,变幅为 $6.6\% \sim 30.8\%$,单粒变化最大的为东 5 号个体,达 2.43 倍。显著性检验表明,3 个参数反

表 1 大金山岛青冈种子形态参数
Table 1 Morphological characteristics of *Cyclobalanopsis glauca* seeds of Dajinshan Island

编号 No.	样本数 No. of sample	长度 Length (cm)				直径 Diameter (cm)				重量 Weight (g)			
		均值 Average	标准差 Standard variation	CV (%)	Gini 系数 Gini coe- fficient	均值 Average	标准差 Standard variation	CV (%)	Gini 系数 Gini coe- fficient	均值 Average	标准差 Standard variation	CV (%)	Gini 系数 Gini coe- fficient
东 1	92	1.475	0.078	5.3	0.0298	1.171	0.076	6.5	0.0366	1.344	0.214	15.9	0.0888
东 2	20	1.441	0.082	5.7	0.0311	1.085	0.046	4.3	0.0231	0.986	0.122	12.4	0.0684
东 3	20	1.556	0.051	3.3	0.0181	1.161	0.070	6.1	0.0333	1.318	0.184	14.0	0.0771
东 4	20	1.568	0.048	3.1	0.0169	1.193	0.044	3.7	0.0198	1.369	0.128	9.3	0.0504
东 5	20	1.490	0.088	5.9	0.0326	0.991	0.109	10.9	0.0602	0.884	0.272	30.8	0.1667
东 6	20	1.661	0.086	5.2	0.0267	1.129	0.085	7.5	0.0413	1.322	0.244	18.4	0.1013
东 7	20	1.632	0.057	3.5	0.0187	1.102	0.064	5.8	0.0292	1.204	0.182	15.1	0.0784
东 8	18	1.728	0.098	5.7	0.0307	1.395	0.077	5.5	0.0291	1.922	0.294	15.3	0.0811
东 9	20	1.548	0.067	4.3	0.0238	1.096	0.070	6.4	0.0355	1.148	0.190	16.6	0.0912
东 10	18	1.299	0.047	3.6	0.0197	1.043	0.049	4.7	0.0253	0.724	0.073	10.1	0.0542
东 11	20	1.664	0.058	3.5	0.0181	1.213	0.050	4.2	0.0216	1.460	0.151	10.4	0.0550
东 12	20	1.664	0.053	3.2	0.0178	1.178	0.050	4.3	0.0234	1.371	0.141	10.3	0.0533
东 13	20	1.747	0.058	3.3	0.0178	1.245	0.038	3.1	0.0166	1.484	0.123	8.3	0.0446
东 14	20	1.705	0.068	4.0	0.0202	1.068	0.041	3.9	0.0214	1.119	0.117	10.4	0.0574
东 15	20	1.423	0.037	2.6	0.0139	0.992	0.066	6.7	0.0300	0.835	0.063	7.5	0.0409
南 1	20	1.533	0.074	4.8	0.0256	1.214	0.075	6.2	0.0340	1.320	0.231	17.5	0.0943
南 2	20	1.543	0.048	3.1	0.0171	1.303	0.066	5.0	0.0262	1.541	0.213	13.8	0.0696
南 3	20	1.595	0.048	3.0	0.0164	1.224	0.040	3.3	0.0181	1.494	0.120	8.0	0.0436
南 4	20	1.275	0.063	4.9	0.0269	0.906	0.065	7.2	0.0372	0.638	0.143	22.4	0.1118
南 5	40	1.703	0.056	3.3	0.0177	1.282	0.048	3.8	0.0207	1.748	0.164	9.4	0.0514
南 6	20	1.607	0.051	3.2	0.0174	1.223	0.045	3.7	0.0202	1.482	0.129	8.7	0.0482
南 7	20	1.660	0.051	3.1	0.0169	1.372	0.039	2.8	0.0155	1.894	0.155	8.2	0.0446
西 1	20	1.546	0.066	4.3	0.0235	1.255	0.045	3.6	0.0195	1.531	0.159	10.4	0.0576
西 2	29	1.729	0.071	4.1	0.0202	1.261	0.069	5.4	0.0295	1.615	0.216	13.3	0.0734
西 3	20	1.560	0.054	3.5	0.0176	1.178	0.051	4.3	0.0237	1.264	0.116	9.1	0.0495
西 4	20	1.308	0.066	5.0	0.0278	1.181	0.063	5.3	0.0298	1.156	0.134	11.6	0.0628
西 5	20	1.709	0.064	3.7	0.0204	1.342	0.036	2.7	0.0150	1.824	0.120	6.6	0.0369
西 6	20	1.442	0.057	4.0	0.0192	1.249	0.075	6.0	0.0328	1.376	0.174	12.6	0.0687
西 7	20	1.675	0.098	5.8	0.0319	1.076	0.050	4.6	0.0259	1.218	0.155	12.7	0.0692
西 8	20	1.610	0.035	2.2	0.0120	1.088	0.039	3.6	0.0201	1.130	0.096	8.5	0.0470
西 9	20	1.474	0.080	5.4	0.0299	1.163	0.054	4.7	0.0253	1.228	0.145	11.8	0.0630
西 10	20	1.566	0.038	2.4	0.0133	1.224	0.047	3.9	0.0206	1.461	0.110	7.5	0.0412
西 11	24	1.550	0.064	4.1	0.0228	1.264	0.063	5.0	0.0277	1.537	0.182	11.8	0.0661
西 12	20	1.693	0.103	6.1	0.0338	1.235	0.069	5.6	0.0306	1.519	0.263	17.3	0.0954
西 13	20	1.597	0.070	4.4	0.0239	1.026	0.053	5.1	0.0283	0.975	0.110	11.3	0.0631
北 1	20	1.586	0.059	3.7	0.0204	1.138	0.060	5.3	0.0287	1.231	0.162	13.1	0.0721
北 2	20	1.331	0.070	5.3	0.0282	1.281	0.065	5.1	0.0281	1.420	0.188	13.3	0.0737
北 3	20	1.628	0.067	4.1	0.0228	1.378	0.109	7.9	0.0440	1.962	0.353	18.0	0.0996
北 4	20	1.302	0.102	7.8	0.0389	1.035	0.066	6.4	0.0295	1.049	0.216	20.6	0.0979
北 5	20	1.549	0.074	4.8	0.0258	1.122	0.174	15.5	0.0503	1.091	0.150	13.7	0.0713
北 6	20	1.404	0.054	3.9	0.0211	1.176	0.085	7.2	0.0404	1.176	0.206	17.5	0.0950
均值 Average			1.557±0.128				1.175±0.112				1.321±0.310		
偏斜度 Skewness			-0.6664				-0.1164				0.0381		
Gini 系数 Gini coefficient			0.0226				0.0285				0.0701		

映的各坡向青冈种子形态差异不明显。

以 Gini 系数分析种群种子形态特征不等性的分配(表 2)可看到,尽管 3 个性状的差异程度不同,特别是重量与其他二者之间,但就不同部分对异质

性的贡献而言,三性状具相似的规律,株间和各单株内部差异对种群种子性状不等性的贡献约各占一半,株间差异的贡献略大;而东南西北四个坡向间却没有明显差异,对总种群不等性的贡献不到 4%,与

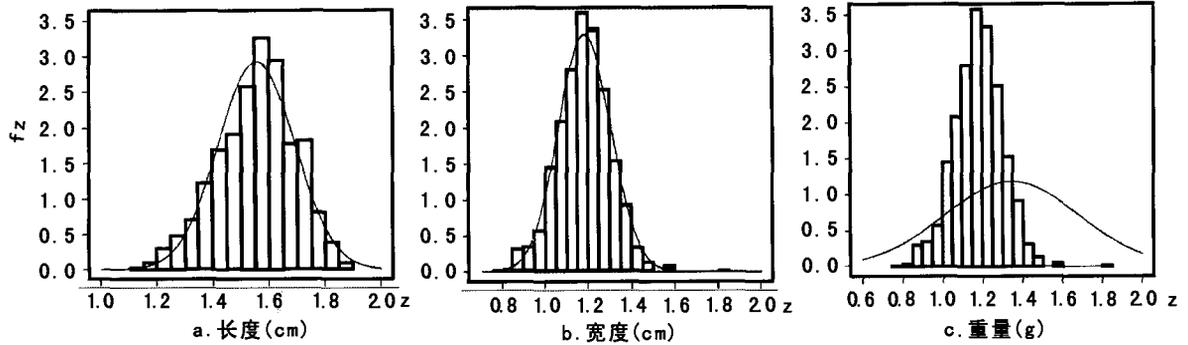


图 1 青冈种子长度(a)、宽度(b)和重量(c)的分布特征和正态分布拟合结果(纵坐标为分布密度)

Fig. 1 Distribution and the predicted normal distribution of length(a), diameter(b) and weight(c) of *Cyclobalanopsis glauca* seeds (Y-axis is density)

显著性检验的结论相符。对各个体青冈种子分别以长度、宽度和长度/宽度的聚类结果(图略),也表明不存在按岛屿方位分布的格局,同于显著性检验和 Gini 系数的结果,说明不存在明显的微地形效应。

表 2 大金山青冈种子形态差异分配

Table 2 Distribution of morphological variation of *Cyclobalanopsis glauca* seeds in Dajinshan Island

项目 Item		长度 Length	直径 Diameter	重量 Weight
坡向 Slope	G 总种群	0.0498	0.0576	0.1410
	G 东坡	0.0495	0.0541	0.1405
	G 南坡	0.0477	0.0591	0.1450
	G 西坡	0.0472	0.0482	0.1135
	G 北坡	0.0487	0.0599	0.1436
	G 坡内	0.0483	0.0553	0.1357
	G 坡间	0.0015	0.0022	0.0053
	D 坡间 (%)	2.999	3.882	3.794
单株 Tree	G 株内	0.0226	0.0285	0.0701
	G 株间	0.0278	0.0297	0.0729
	D 株间 (%)	54.60	50.55	50.26

3 讨论

大金山岛青冈种子长度和直径符合正态分布,而重量显著偏离正态分布。由于重量取决于体积和比重,因此,其原因可能是由于不同种子的比重存在一定差异,尽管在本研究中已采用浮选法去除了发育不良、虫蛀的种子,但种子比重的差异仍然存在;另外长度和直径方面分布与正态分布也有少许差异,这种差异在体积的分布方面可能很明显。从 3 个参数的相关性看,重量与直径的相关性最高,表明在后期种子的发育主要体现在直径的增加方面,长度的变化相对较小,这与 Chen 等(1998)在红树植

物秋茄胎生苗后期发育得出的营养积累规律一致。

尽管大金山岛处于我国大陆青冈分布区的东缘,并且与其它种群隔离,但其种子形态与其他种群没有多大差异,处于其他种群种子形态变异范围之内(蔡永立等,1999;陈小勇,1994)。大金山岛青冈种群种子形态的变异较小,如以 Gini 指数反映的变异来看,不管是最大值,还是平均值,均低于黄山两个青冈种群的种子形态变异,黄山种群 Gini 指数最大值和均值分别为 0.201 和 0.106(陈小勇,1994)。这与青冈所处群落的结构及其在群落中的地位有关,黄山的物理环境异质性高,群落类型及优势种较多,青冈种子主要采集于青冈为共优种的群落中,层次复杂,乔木层密度大,个体间枝条交错,不同部位受光程度差异大,使得生长于不同高度、部位的种子形态差异较大,光照较充足的部位,种子较大。而大金山岛海拔较低,坡度不大,地形较简单,常绿阔叶林乔木层只有红楠和青冈,除在北坡有部分混生外,均为单优种,乔木层盖度一般低于 50%,青冈的位置比较突出,枝条分散,各方位基本上均能接收到较充足的阳光,因而种子形态的变异相对较小。

从变异的分配看,大金山岛青冈种群种子性状不等性有近一半来源于株内,加上各植株种子较小的 Gini 系数,反映了表型差异主要是由于环境饰变引起,遗传因素在大金山岛青冈种群种子表型变异的作用不突出,这是由于大金山岛环境条件相对一致,选择所起的作用较小;加上青冈为风媒传粉,混合类型的交配系统,株间基因流很强,即使微地形差异带来一些选择作用,很强的基因流也会使其对种子形态的影响降低。邓洪平等(2002)在四川大头茶中同样发现在种群内,株内种子形态差异大于株间差异;同样缙云山川鄂连蕊茶种子重量的差异也主要存在于株

内,可能与它们在树冠中的不同部位有关(操国兴等, 2003)。这表明,虽然种群内种子形态变异幅度不大,但环境条件异质性对种子性状还是有一定影响,反映了种子表型发育的可塑性。而在秦岭冷杉中,球果与种子形态变异 85% 来自于株间和株内,物种球果及种子的性状更多受遗传控制,环境影响相对较小(孙玉玲等, 2005),这可能与秦岭冷杉为濒危种,种群内个体数较少,受漂变、近交等影响较大的缘故。

参考文献:

- Baskin C C, Baskin J M. 2001. *Seeds, Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* [M]. San Diego, CA: Academic Press
- Cai YL(蔡永立), Wang XH(王希华), Song YC(宋永昌). 1999. Variation of fruit size and its shape of *Cyclobalanopsis glauca* in the eastern subtropical zone, China(中国东部亚热带青冈果实形态变异的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **19**(4): 581-586
- Cao GX(操国兴), Zhong ZC(钟章成), Xie DT(谢得德), et al. 2003. A preliminary study on the morphological variation of seeds of *Camillia rosthornina* populations in Mt. Jinyun(缙云山川鄂连蕊茶种子形态变异的初步研究)[J]. *J Southwest Agric Univ*(西南农业大学学报), **25**(2): 105-107
- Chen X Y, Lin P. 1998. A comparison of hypocotyl morphological and seedling growth between normal and albino propagules of *Kandelia candel* (L.) Druce, re-evaluation of the roles of vivipary in mangroves[C]//Morton B(ed). *The Marine Biology of the South China Sea III*. Hong Kong: Hong Kong University; 83-90
- Chen XY(陈小勇), Wang XH(王希华), Song YC(宋永昌). 1997a. Genetic diversity and differentiation of *Cyclobalanopsis glauca* populations in East China(华东地区青冈种群的遗传多样性与遗传分化)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **39**(2): 149-155
- Chen XY(陈小勇), Song YC(宋永昌). 1997b. Influence of flood disturbance on the regeneration of *Cyclobalanopsis glauca* populations(洪水干扰对青冈更新的影响)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), **5**(1): 53-58
- Chen XY(陈小勇). 1994. A preliminary study on the morphological variation of seeds of *Cyclobalanopsis glauca* in Mt. Huangshan(黄山青冈种子形态变异的初步研究)[J]. *Seed*(种子), **5**: 16-19
- Deng HP(邓洪平), He P(何平), Chen YF(陈亚飞). 2002. The studying of seeds morphological differentiation among individuals of *Gordonia acuminata* from different geographical provenance and successiving communities(不同地理种源及演替群落的四川大头茶个体水平上种子形态分化研究)[J]. *J Southwest China Normal Univ(Nat Sci)*(西南师范大学学报(自然科学版)), **27**(6): 950-954
- Dou QL(窦全丽), He P(何平), Xiao YA(肖宜安), et al. 2005. Morphological differentiation of fruits and seeds of the endangered plant *Euonymus chloranthoides* (濒危植物缙云卫矛果实、种子形态分化研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **25**(3): 219-225
- Khalil M A K. 1984. Genetics of cone morphology of black spruce (*Picea mariana* (Mill. B. S. P.) in Newfoundland, Canada[J]. *Silvae Genetica*, **33**: 101-109
- Sun YL(孙玉玲), Li QM(李庆梅), Yang JY(杨敬元), et al. 2005. Morphological variation in cones and seeds in *Abies chensiensis* (秦岭冷杉球果与种子的形态变异)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **25**(1): 176-181
- Wheeler NC, Guries RP. 1982. Population structure, genic diversity, and morphological variation in *Pinus contorta* Dougl [J]. *Canadian J Fore Res*, **12**: 595-606
- Werner D A, Platt W J. 1976. Ecological relationships of co-occurring goldenrods (*Solidago*: Compositae) [J]. *The American Naturalist*, **110**: 959-971
-
- (上接第 542 页 Continue from page 542)
- Zhang YC(章英才), Zhang JN(张晋宁). 2004. Studies on morphological structure characteristics of leaves of *Lycium ruthenicum* in two salinity environments(两种盐浓度环境中的黑果枸杞叶的形态结构特征研究)[J]. *J Ningxia Univ(Nat Sci Edi)*(宁夏大学学报(自然科学版)), **25**(4): 365-367
- Zhao CX(赵翠仙), Huang ZC(黄子琛). 1981. A preliminary study of xeromorphism of some important xerophytes growing in Tungeli Desert(腾格里沙漠主要旱生植物旱生结构的初步研究)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **23**(4): 278-283
- Zhao MR(赵曼容), Jia HX(贾恢先). 1990. A Scanning Electron Microscopic observation of surface of the stems and leaves in some typical saline plants(几种典型盐地植物茎叶表面的扫描电镜观察)[J]. *J Gansu Agric Univ*(甘肃农业大学学报), **25**(2): 146-151
- Zhou S(周三), Han JL(韩军丽), Zhao KF(赵可夫). 2001. Advance of study on recretohalophytes(泌盐盐生植物研究进展)[J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), **7**(5): 496-501
- Zhu J(祝建), Zhang H(张泓), Ma DZ(马德滋). 1992. Anomalous secondary structure and growth in the stem of xerophytes, *Geratoides latens* (旱生植物驼绒藜茎的异常次生结构及其发育)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*(西北植物学报), **12**(2): 135