

表1 大青沟植物群落演替与稳定性测定结果

Table 1 Results of communities succession and stability in Daqinggou

群落 Communities	树种、平衡与现状树种组成 Trees, proportion of trees at the balance and present time	相关系数 Correlation coefficient	P 值 p value	结果 Results	
1	树种 Trees	水曲柳 朝鲜柳 春榆 茶条槭			
	平衡 Balance	0.4203 0.1064 0.1832 0.2837	0.9987	<0.05	稳定
2	现状 Present	0.4583 0.0833 0.1742 0.2841			
	树种 Trees	朝鲜柳 水曲柳 春榆	0.9996	<0.01	稳定
3	平衡 Balance	0.2154 0.5811 0.2029			
	现状 Present	0.2234 0.6064 0.1702			
4	树种 Trees	春榆 黄菠萝 水曲柳 稠李	0.6273	>0.05	不稳定
	平衡 Balance	0.0001 0.9986 0.0002 0.0002			
5	现状 Present	0.2273 0.4091 0.3409 0.0227			
	树种 Trees	水曲柳 黄菠萝 朝鲜柳 春榆	0.8470	>0.05	不稳定
6	平衡 Balance	0.0353 0.1444 0.4657 0.3126			
	现状 Present	0.0263 0.1974 0.3026 0.4079			
7	树种 Trees	春榆 水曲柳 黄菠萝	0.9865	>0.05	不稳定
	平衡 Balance	0.7932 0.1465 0.0570			
8	现状 Present	0.5373 0.2836 0.1791			
	树种 Trees	蒙古栎 色木槭 大果榆	-0.686	>0.05	不稳定
9	平衡 Balance	0.7149 0.0923 0.1916			
	现状 Present	0.2759 0.4335 0.2906			
10	树种 Trees	蒙古栎 色木槭 大果榆	0.9995	<0.05	稳定
	平衡 Balance	0.6764 0.2122 0.1106			
11	现状 Present	0.6667 0.2063 0.1269			
	树种 Trees	蒙古栎 色木槭 大果榆	-0.820	>0.05	不稳定
12	平衡 Balance	0.5240 0.2999 0.1752			
	现状 Present	0.1310 0.1793 0.6897			
13	树种 Trees	蒙古栎 大果榆 色木槭	-0.581	>0.05	不稳定
	平衡 Balance	0.9130 0.0751 0.0075			
14	现状 Present	0.0248 0.8137 0.1615			
	树种 Trees	蒙古栎 大果榆 色木槭	-0.026	>0.05	不稳定
15	平衡 Balance	0.7458 0.0941 0.1587			
	现状 Present	0.3546 0.6099 0.0355			
16	树种 Trees	大果榆 色木槭	-0.997	<0.05	不稳定
	平衡 Balance	0.4983 0.5012			
17	现状 Present	0.8391 0.1609			
	树种 Trees	大果榆 山里红 色木槭	0.8843	>0.05	不稳定
18	平衡 Balance	0.7271 0.1918 0.0798			
	现状 Present	0.5273 0.3636 0.1091			

注 Note: 1 *Lonicera maackii*-*Fraxinus mandshurica* community, 2 *Sanicula chinensis*+*Glycine soja*-*Acanthopanax sessiliflorus*-*Fraxinus mandshurica* community, 3 *Carex* spp.-*Lonicera japonica*-*Fraxinus mandshurica*+*Ulmus japonicus* community, 4 *Carex* spp.-*Lonicera maackii*-*Ulmus japonicus*+*Salix koreensis* community, 5 *Leymus chinensis*+*Carex* spp.-*Lonicera maackii*-*Ulmus japonicus*+*Fraxinus mandshurica* community, 6 *Carex* spp.-*Lespedeza bicolor*-*Quercus mongolica*+*Acer mono* community, 7 *Carex* spp.+*Artemisia sacrorum*-*Crataegus pinnatifida*+*Lespedeza bicolor*-*Quercus mongolica* community, 8 *Carex* spp.-*Crataegus pinnatifida*-*Ulmus macrocarpa* community, 9 *Carex* spp.-*Artemisia sibirica*-*Ulmus macrocarpa* community, 10 *Artemisia sacrorum*-*Lespedeza bicolor*-*Ulmus macrocarpa*+*Quercus mongolica* community, 11 *Artemisia sacrorum*+*Leymus chinensis*-*Crataegus pinnatifida*-*Ulmus macrocarpa* community, 12 *Carex* spp.+*Cleistogenes squarrosa*-*Crataegus pinnatifida*-*Ulmus macrocarpa* community

参考文献:

- [1] 曹新孙. 农田防护林学. 北京: 中国林业出版社. 1983.
- [2] 阳含熙, 等. 长白山阔叶红松林马氏链模型. 生态学报, 1988, 8(3): 211~219.
- [3] 曹新孙, 等. 内蒙古大青沟残遗森林植物群落与西辽河流域造林问题的初步探讨. 植物生态学与地植物学丛刊, 1981, 6: 185~206.

中国东部亚热带青冈果实形态变异的研究

蔡永立¹, 王希华², 宋永昌²

5792.16

(1. 华东师范大学地理系; 2. 华东师范大学环境科学系教育部城市与环境考古遥感开放实验室, 上海 200062)

摘要:青冈为我国亚热带地区广泛分布, 并具有较强耐寒和耐瘠薄能力的少数几个常绿树种之一。以果实长度、宽度和体积作为果实大小的指标, 宽/长作为果实形状指标, 对采自东部亚热带的 10 个青冈种群果实形态进行了比较分析, 结果如下: ①青冈果实的大小和形状在种群间、种群内均存在着显著差异, 变异幅度最大的是果实的体积(种群间的变异幅度 CV_v 为 57.1%, 种群间平均单粒果实体积的最大差异为 3.5 倍), 其次为宽度(21.2% 和 1.8 倍)和长度(15.5% 和 1.3 倍), 变异幅度最小的是宽/长(13.0%)。但重复率分析表明果实的性状在种群内较种群间相对稳定; 近缘种间的比较分析显示出果实的形态在种内则是相当稳定的。②青冈果实的形状可以分为 3 类, 即近园球形(宽/长 > 0.73)、长球形(宽/长 < 0.57)和中间类型(宽/长在 0.61~0.66 之间)。③尽管影响青冈果实形态变异的因素很多, 但与纬度和经度的变化有着较大相关性; 南部种群的果实通常大而偏圆, 北部种群的果实相对小而偏长, 这可能是对不同环境所采取的不同的繁殖策略。④体积指标不仅能反映重量指标变化的规律, 而且可以指示果实或种子的形态变化, 这在种群生态研究中优于重量指标。

关键词:青冈; 种群; 果实; 形态; 变异性**Variation of fruit size and its shape of *Cyclobalanopsis glauca* in the eastern subtropical zone, China**CAI Yong-Li¹, WANG Xi-Hua², SONG Yong-Chang² (1. Department of Geography Open Research Laboratory of Remote Sensing in Urban and Environmental Archaeology, ECNU; 2. Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: *Cyclobalanopsis glauca* widely distributes in the subtropical area of China. Based on the measurement of the fruit length, width, volume and width/length, the variation of fruit size and its shape among 10 natural populations of *C. glauca* from the eastern subtropical zone was studied and the results are as follows: ① There are significant differences in fruit length, width, volume and width/length among and within 10 populations of *C. glauca*. The variation coefficients (CVs) of the fruit volume, the fruit width, the fruit length and the fruit width/length are 57.1%, 21.2%, 15.5% and 13.0% among the populations respectively. The individual mean fruit volume shows a 3.5-fold variation, the individual mean fruit width 1.8-fold, and the individual mean fruit length 1.3-fold among the populations. But the variations of fruit length, width, volume and width/length within the populations are, to a certain degree, lower than the ones among the populations. The comparative analysis of fruits among several relative species suggests that the size and shape of fruit is quite stable within species. ② According to the width/length rate of fruit (W/L), the fruit shape of *C. glauca* can be divided into three types, the long sphere (W/L < 0.57), the round sphere (W/L > 0.73) and the middle (W/L = 0.61~0.66). ③ Latitude and longitude are two main factors influencing the fruit shape and its size of *C. glauca*. Correlation analysis shows that the fruits of the southern populations are bigger and more round than the one of the northern. ④ The volume of fruit may better indicates the morphological changes of fruits than weight of fruit, thus it is thought to the weight of fruit in plant population ecological study.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(青冈林适应生态学的研究, 39370135)

取样时得到广西植物研究所苏宗明研究员, 厦门大学陈小勇博士, 杭州大学蔡飞博士等的帮助, 谨此致谢。

收稿日期:1997-03-20; **修订日期:**1998-04-21

Key words: *Cyclobalanopsis glauca*; population; fruit size and its shape; variation

文章编号:1000-0933(1999)04-0581-06 中图分类号:Q142.9 文献标识码:A

广泛分布的物种通常具有较大的遗传变异性,而种子是遗传变异的重要特征之一^[1];种子形态不仅决定其扩散能力,也影响到它的萌发和幼苗定植,进而影响到种群的分布格局^[2];种子形态受到诸多因素的影响,既有遗传因子,又有环境因素^[3,4]。

目前对种子(果实)的研究多集中在草本植物^[2-5]和少数如马尾松、白皮松^[6]等经济树种的研究上,而对常绿阔叶树种,因其影响因素更为复杂,而很少有人问津。青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)是我国亚热带分布广,并能在石灰岩上形成优势群落的少数几个常绿阔叶树种之一,其较强的适应能力是与特殊的生物学特性分不开的,而特殊的生物学特性又来源于物种的变异性,本文通过对我国自然分布的10个青冈种群与近缘种果实形态的比较分析,初步探讨其果实的变异特征和影响因素,为进一步揭示青冈的遗传变异性提供基础资料。

1 研究方法

1.1 果实采集 果实采自自然分布在中国亚热带森林的青冈的10个种群(见表1)。在青冈果实成熟季节(1995-10-20~11-10),在青冈林内(结实植株一般不少于10棵)随机收集落入林内的当年产青冈果实,随机抽取一批测定,用于种群间变异性分析的果实数不少于50粒;部分种群分株采集树上尚未脱落,但已成熟的果实,每株50粒用于种群内株间变异性的分析。绵栲(*Lithocarpus henryi* 简写成 *Lh.*)、石栲(*L. glaber* 简写成 *Lg.*)、小叶青冈(*Cyclobalanopsis gracilis* 简写为 *Cg.*)、细叶青冈(*C. myrsinaefolia* 简写为 *Cm.*)、云山稠(*C. nubium* 简写为 *Cn.*)、甜栲(*Castanopsis eyrei* 简写为 *Ce.*)、苦栲(*C. sclerophylla* 简写为 *Cs.*)、小叶栲(*Quercus chenii* 简写为 *Qc.*)和短柄枹(*Q. glandulifera* var. *brevipetiolata* 简写为 *Qb.*)的果实采自4个相关地区的单个种群,采样方法同前,用于种间差异比较。

表1 10个青冈自然种群的地理生态因子

Table 1 Summary of information on 10 populations of *Cyclobalanopsis glauca* in comparative analysis

序号 No.	地点 Site	纬度 La. (°)	东经 Lo. (°)	海拔 Alt. (m)	土壤 Soil	年均温 Mt. (°C)	年降雨量 Ar. (mm)	1月均温 Ja. t. (°C)	7月均温 Ju. t. (°C)
1	NHT	30 15	118 07	420	AC	15.0	1500.0	-3.4	17.8
2	ZN	32 05	118 48	120	AC	15.4	1010.2	1.9	28.2
3	XY	31 22	119 49	110	AC	15.5	1150.5	2.3	28.9
4	DH	31 20	116 16	350	AC	15.2	1350.0	2.0	28.0
5	SHT	29 43	118 30	300	AC	16.3	1642.3	3.7	28.3
6	TY	29 55	121 35	180	AC	16.2	1361.3	4.1	28.3
7	JH	30 19	120 12	25	AC	16.1	1400.6	3.6	28.7
8	YH	30 19	120 12	75	SA	16.1	1400.6	3.6	28.7
9	MS	25 15	119 15	500	AC	19.9	1507.6	10.0	27.8
10	YG	25 18	110 19	200	SA	18.8	1873.6	8.0	28.3

* AC Acid; SA Slight alkaline; Mt. Mean annual temperature; Ar. Annual rainfall; Ja. t. Mean temperature in January; Ju. t. Mean temperature in July; NHT Northern Huangshan, Taiping; ZN Zutangshan, Nanjing; XY Xiaohiegou, Yixing; DH Dabieshan, Hoshan; SHT Southern Huangshan, Tunxi; TY Tiantong, Yinxian; JH Juxi, Hangzhou; YH Yanxia, Hangzhou; MS Miehuashan, Shanghang; YG Yanshan, Guiling.

1.2 测量内容和方法 用游标卡尺测定果实的最长和最宽处作为果实的长和宽,精确到小数点后3位;果实的体积用排水法测定,并换算为 cm^3 ,这3个性状作为果实大小指标。用宽/长比表示果实的形状。除重复率的计算按 Falconer R. S. 的方法^[7],其余为常规统计分析。

2 结果和分析

2.1 果实形态的变异特征

2.1.1 种群间果实的变异特征 从表2的方差分析可以看出,青冈果实的长度、宽度、体积和长/宽比在种群间存在着显著差异。变异幅度最大的是果实的体积(CV为57.1%),其次是宽度(CV为21.2%),长度

(CV 为 15.5%)和宽/长比(CV 为 13.0%)相对较小,对 10 个种群果实均值的多重比较的结果见表 3。

表 2 青冈种群间果实形态的变异分析

Table 2 Variation of fruit size and its shape among 10 populations of *C. glauca*

变因 Cause	自由度 Free degree	长度 Length			宽度 Width			体积 Volume			宽/长 Width/Length		
		MS	F value	Re	MS	F value	Re	MS	F value	Re	MS	F value	Re
种群间 ^①	9	66.9	278.6***	0.590	85.6	475.7***	0.711	135.4	386.8***	0.639	10.3	343.0***	0.667
种群内 ^②	2141	0.240			0.180			0.350			0.030		

①Among populations;②Within population *** ($\alpha=0.01$)Very significance. Re: Reptiability

对表 3 进行相关性分析,得出以下结论:10 号种群除宽度与 2 号种群之间未表现出显著性差异外,其它均表现出显著差异;10 和 8 号种群均分布在石灰岩土壤上,但两者差异最大,前者果实大而园钝,后者小而偏长。与 8 号种群分布在同一地区酸性土壤上的 7 号种群的果实显著大于后者。

2.1.2 种群内果实变异的特征 ①果实长度的变异幅度 CV 在 6.1%~12.5%,变异幅度最大的是 8 号种群,其次是 7 号和 4 号种群,变异幅度最小的是 1 号种群;单粒果实长度极差最大的种群是 10 号种群,达 1.6 倍。②果实宽度的变异幅度 CV 在 7.2%~17.8%之间,变异幅度最大的是 8 号种群,其次是 9 号和 10 号种群,变异幅度最小的是 6 号和 5 号种群,单粒果实宽度极差最大的是 10 号种群,达 2.9 倍。③果实体积变异幅度在 16.0%~53.1%,变异幅度最大的是 8 号种群,其次是 10 号和 4 号种群,变异幅度最小的 1 号种群;单粒果实体积极差最大的是 10 号种群,达 3.6 倍。种群内变异幅度较大的仍是果实体积,变异幅度较小的是宽/长比。8 号种群的 4 个性状的变异幅度均最高,其次是 10 号种群。对 1、4 和 10 种群的检验表明果实在 3 个种群内的株间也存在着显著差异(见表 4)。

2.1.3 与近源种果实形态的比较 用代表果实大小和形状的 4 个指标对壳斗科 4 属 10 个种(其中青冈选了相近区域的 4 个种群)的果实进行了聚类,结果表明:同属植物的果实基本归为一类,反映出果实的大小和形态在属内的稳定性。但也有个别种类,如石栎的果实和青冈属的果实较为接近,而短柄枹的则与栲属的两个种类的果实比较相似,这也许反映了更高层次的相似性。石栎属的果实较大,如绵栳果实的体积平均为 4.013cm³,形状近球形;栲属的果实最小,如苦栳的果实体积平均为 0.609cm³,形状也近球形;青冈属和枹属的果实在大小上介于中间,有一定变异幅度(见图 1 和表 3)。

2.2 青冈果实变异来源分析

2.2.1 青冈果实性状重复率分析 重复率是遗传力的估计值,重复率大小反映出组内成员彼此间的相似程度;其值越大反映组内相似程度越高,因而组间变异也就越大^[8]。通过对青冈果实的 4 个性状重复率的分析发现,种群间重复率均处于较高的水平($t \geq 0.60$ 为高的重复率, $0.30 < t < 0.60$ 为中等, $t < 0.30$ 为低的^[9]) (见表 2),反映 4 个性状在种群内相对稳定,在种群间具有较高的变异,与上述的变异性分析是一致的。但 4 个性状的重复率并非完全一致,

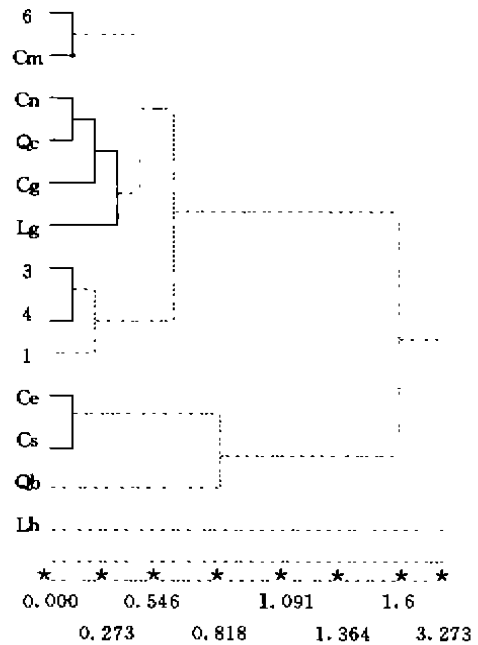


图 1 近缘种果实的系统聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of fruit among relative species

表 3 10 个青冈种群及近缘种果实的变异性分析

Table 3 Variation of fruit size and its shape of within 10 populations of *C. glauca* and relative species

种群 Po. or Sp.	取样数 No.	长度 Length			宽度 Width		
		Mean±SD	CV(%)	Range	Mean±SD	CV(%)	Range
1	500	1.470±0.090ef	6.1	1.184~1.714	1.120±0.132b	10.9	0.948~1.238
2	52	1.745±0.145ab	8.3	1.468~1.954	1.066±0.092bc	8.6	0.826~1.200
3	51	1.505±0.131def	8.7	1.200~1.712	0.945±0.072cde	7.6	0.368~1.054
4	500	1.462±0.172cde	11.8	1.252~1.886	0.923±0.090de	9.8	0.774~1.300
5	50	1.629±0.145bcd	8.9	1.220~1.948	1.072±0.078b	7.3	0.818~1.290
6	50	1.694±0.138b	8.2	1.438~1.851	0.875±0.063ef	7.2	0.804~0.972
7	129	1.702±0.194b	11.4	1.204~2.000	1.044±0.088bcd	8.4	0.866~1.290
8	136	1.409±0.176f	12.5	1.152~1.752	0.770±0.137f	17.8	0.628~1.134
9	100	1.650±0.160bc	9.7	1.310~1.930	1.032±0.147bcd	14.2	0.776~1.250
10	583	1.868±0.175a	9.4	1.356~2.186	1.367±0.191a	14.0	0.608~1.756
Total	2151	1.622±0.229	14.7	1.152~2.186	1.098±0.071	21.2	0.368~1.756
Lh.	50	1.616±0.087	5.4	1.400~1.746	1.732±0.128	7.4	1.488~1.954
Lg.	50	1.679±0.149	8.9	1.354~1.922	1.169±0.109	9.3	0.922~1.348
Cm.	57	1.683±0.138	8.2	1.414~1.926	0.901±0.083	9.2	0.776~1.294
Cg.	50	1.671±0.144	8.6	1.330~1.860	1.081±0.164	15.1	0.906~1.168
Cn.	62	1.806±0.076	4.2	1.660~1.980	1.119±0.046	4.1	1.018~1.220
Qc.	50	1.777±0.166	9.3	1.462~2.182	1.137±0.076	6.7	0.976~1.294
Ce.	50	1.025±0.110	10.7	0.800~1.220	0.940±0.122	13.0	0.676~1.158
Ct.	50	0.949±0.079	8.3	0.814~1.030	0.900±0.067	7.4	0.804~1.000
Qb.	50	1.168±0.126	10.8	0.756~1.332	0.597±0.088	14.7	0.476~0.990
		PLSD _{0.05} =0.143			PLSD _{0.05} =0.124		

种群 Po. or Sp.	取样数 No.	长度 Length			宽度 Width		
		Mean±SD	CV(%)	Range	Mean±SD	CV(%)	Range
1	500	1.413±0.236bc	16.0	1.002~1.925	0.75±0.10a	13.5	0.61~0.88
2	52	1.579±0.339b	21.5	0.785~2.447	0.61±0.03cd	4.8	0.56~0.69
3	51	1.064±0.182bcd	17.1	0.575~1.435	0.63±0.03b	4.9	0.56~0.69
4	500	1.017±0.333cd	32.7	0.826~1.890	0.63±0.04bc	7.3	0.55~0.73
5	50	1.485±0.301bc	20.3	0.688~2.010	0.66±0.05b	7.4	0.54~0.78
6	50	1.014±0.177cd	17.5	0.766~1.382	0.53±0.03e	5.5	0.52~0.54
7	129	1.470±0.389bc	26.4	0.800~2.229	0.62±0.04bc	6.9	0.61~0.63
8	136	0.804±0.427e	53.1	0.371~1.749	0.57±0.11de	19.3	0.47~0.74
9	100	1.432±0.357bc	24.9	0.606~2.412	0.63±0.08bc	12.7	0.53~0.79
10	583	2.842±0.998a	35.1	1.206~4.283	0.73±0.08a	10.3	0.58~0.87
Total	2151	1.661±0.948	57.1	0.371~4.283	0.68±0.07	13.0	0.47~0.86
Lh.	50	4.013±0.650	16.2	2.886~5.357	1.03±0.30	28.6	0.89~1.27
Lg.	50	1.831±0.433	23.8	0.904~2.710	0.69±0.06	8.6	0.59~0.82
Cm.	57	1.086±0.242	22.2	0.688~1.859	0.54±0.06	11.8	0.46~0.63
Cg.	50	1.413±0.314	22.4	0.857~1.944	0.62±0.02	4.0	0.58~0.68
Cn.	62	1.780±0.192	10.8	1.375~2.295	0.62±0.02	4.0	0.56~0.67
Qc.	50	1.816±0.386	21.2	1.171~2.719	0.64±0.04	6.3	0.53~0.71
Ce.	50	0.744±0.251	33.6	0.301~1.105	0.91±0.05	5.7	0.81~1.00
Cs.	50	0.609±0.129	21.3	0.414~0.810	0.96±0.04	4.3	0.89~1.03
Qb.	50	0.327±0.100	30.9	0.185~0.769	0.53±0.12	22.2	0.40~0.74
		PLSD _{0.05} =0.543			PLSD _{0.05} =0.05		

* 表中字母相同者为相互不显著。The difference among populations with same letter is not significance.

表 4 3 个青冈种群内株间果实变异分析

Table 4 Variation of fruit size and its shape among tree plants from 3 populations of *C. glauca*

变因 Cause	种群号 Po.	自由度 Free degree	长度 Length			宽度 Width			体积 Volume			宽/长 Width/length		
			MS	F value	Re	MS	F value	Re	MS	F value	Re	MS	F value	Re
株间 Among trees	1	9	0.847	49.8***	0.494	0.196	49.0***	0.490	0.069	13.8***	0.205	0.431	215.5***	0.511
	4	9	0.383	42.5***	0.454	0.273	24.8***	0.325	0.402	67.0***	0.569	0.363	181.5***	0.783
	10	9	0.569	27.1***	0.329	1.455	121.5***	0.694	4.957	275.4***	0.838	0.330	164.8***	0.756
株内 Within tree	1	490	0.017			0.004			0.017			0.004		
	4	490	0.009			0.011			0.018			0.011		
	10	572	0.021			0.012			0.011			0.002		

* * * 极显著 $\alpha=0.01$ very significance. Re Reputability.

表 5 青冈果实与地理生态因子的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between fruit size and its shape of *C. glauca* and ecogeographical factors

	纬度 La.	经度 Lo.	海拔 Alt.	年均温 Mr.	年降雨量 Ar.	1 月均量 Ja. t.	7 月均温 Ju. t.
长度 ^①	-0.4862	-0.4210	-0.1628	0.5167	0.2957	0.5364	0.3173
宽度 ^②	-0.5274	-0.7808*	0.2132	0.4111	0.5707	0.1933	-0.2362
体积 ^③	-0.6175	-0.8353*	0.0572	0.5299	0.6158	-0.3825	-0.0200
宽/长 ^④	-0.3225	-0.6816	0.4330	0.1328	0.5415	0.1929	-0.6165

* 显著 significance, 自由度 $n-2=8$, $r_{0.01}=0.756$, $r_{0.05}=0.632$. ①Length; ②Width; ③Volume; ④Width/Length

宽度在种群内的重复率最高,长度最低,说明前者在种群内的稳定性高于后者。体积在种群间变异幅度(CV)最大,但重复率并不最高,说明种群间果实体积变异的影响因素较为复杂。

青冈种群内果实的变异来源显得更为复杂,在不同种群内存在着差异,10号桂林种群除长度外,其它3个性状具有较高的重复率,说明这3个性状在种群内的变异主要为株间差异;而1号黄山北坡种群和4号大别山种群除宽/长比外,其它3个性状的重复率均较低,说明株内果实具有较大的差异(尽管株间变异是非常显著的);宽/长比在3个种群的株内均具有较高的重复率,说明这一性状在株内较其它3个性状相对稳定(见表4)。

2.2.2 果实的变异性与地理生态因子的相关性分析 由表5可以看出青冈果实大小和形状(特别是体积)的变异与纬度和经度均表现出较高的负相关,其中,果实的宽度和体积与经度的相关性达到显著水平,但由于西部种群的取样点偏少,这一规律是否具有普遍性尚待进一步研究;与海拔变化的相关性不明显,这可能与10个取样种群分布的海拔高度本身无较大差异有关;年均温和年降雨与果实性状的变异呈正相关,这两个因子是与经纬度的变化相联系的。1月份均温与果实的长度,7月份均温与宽/长分别呈正相关和负相关,反映出地理生态因子对青冈果实的4个性状变异的影响是不同的。

3 讨论和结论

(1)种子性状的变异性研究是研究植物种群的一个重要组成部分,但选择哪一种性状最能代表种子的特征,以往的研究多选用重量(有单粒重、百粒重或千粒重之分,主要根据种子的大小而定)作为指标,重量在反映种子的品质和变异规律方面被证明是有效的;但重量指标也有不足之处,一是重量不能反映种子形状,因此,难以被用来评价种子的扩散能力;二是不同期采集的种子,其鲜重无可比性,而干重测定要毁坏种子,在采种受限制时不可取。本文选用的长、宽度和体积作为果实(种子)大小的指标,宽/长作为形状的指标;前3个指标反映的变异规律基本一致,相关分析表明长度、宽度和体积与重量之间是显著正相关,其中体积与重量的相关性达到 $r=0.98373$;能反映重量的变化规律,但体积这一指标既能指示大小,也能在一定程度上反映出种子的形状,这在种群生态的研究中优于重量指标。

(2) Greipsson 认为广泛分布的种群,由于受到地理阻隔和差异显著的自然条件的长期作用,其种子大小在种群间可以发生较大的差异,如广泛分布于英伦三岛的 *Leymus arenarius* 的 36 个自然种群间种子的平均单粒重差异达到 6 倍^[2]; *Lupinus texensis* 的则有 5 倍的变异^[5]。青冈果实的大小(长、宽和体积)和形状(宽/长)在种群间和种群内都存在着显著的差异,变异幅度最大的是果实的体积;在种群间果实体积的变异幅度(CV)为 57%,10 号桂林种群果实的体积最大,平均单果体积为 2.842cm³,8 号杭州烟霞种群的最小,为 0.804cm³,种群间平均单粒果实的极差为 3.5 倍,最大极差达 11.6 倍。种群内果实的变异幅度变化在 16%~53.1%,8 号种群的变异幅度最大,其次是 10 号种群。种群内果实的变异包括株间和株内变异,其中株间差异也达显著程度。

通过对青冈及同科内几种植物果实形态的比较分析表明果实的大小和形状在属内是相对稳定的,青冈属的几个近缘种果实的大小和形状十分接近,与栲属和石栎属的形态差异较大,但也有少数种类,如石栎与青冈的果实也很相近。

(3) 影响青冈种群间果实形态变异的环境因素很多,本项研究所选择的 10 个种群的分布区地理跨度大,分别分布在东部亚热带常绿阔叶林区域的南中北 3 个亚区,气候差异大,土壤条件也各不相同;通常认为随纬度北移和干燥度的增加,种子趋大变重^[6],但青冈的果实(种子),则表现出相反的趋势,即:随纬南移,气候暖湿增大,果实变得大而园钝。不过 2 号南京种群,尽管分布区最北,但果实的大小和形状却居中,这可能由于其取样区位于沟谷的避风向阳处,而且土层较深厚,小生境较为优越所致;相反 8 号杭州烟霞种群的分布居中,但果实却最小,特别是与该种群相距不远的 7 号种群果实相比显著小于后者,说明该种群受到土壤因素的影响较大,此处的石灰岩土壤不仅土层薄,而且有机质和 N、P 和 K 的含量均很低。但同是石灰岩上分布的 10 种群的果实却最大,这除了说明该区的气候条件温暖湿润较为适宜外,遗传分化也起了重要作用,这是形成不同生态型的基础。

种群内果实的变异被认为具有母本效应^[4],这也可以从 1 号、4 号和 10 号青冈种群内株间存在着显著差异中得以反映。青冈种群内果实的变异幅度可因土壤的异质性而增大,如石灰岩土壤的异质性较酸性土壤为大,8 号和 10 号种群果实的变异幅度也最大。

(4) 种子大小被认为是种子质量好坏的重要指标,已有大量实验表明种子的大小与种子的萌发、幼苗的定植之间^[2],种子形状与种子的散布之间存在着十分密切的关系^[8],植物种子大小的变异被认为是植物在不可预测环境下的一种“风险投资”,是一种适应^[3]。陈小勇在对黄山北坡分布两个青冈种群种子大小的比较研究中认为种子的变异是与种群所采取的更新策略有关^[9]。青冈果实(种子)的大小和形状在种群间差异如此之大是否就是对不同环境所采取的适应策略,虽不能一概而论,但它的生态学意义是不容忽视的。

参考文献:

- [1] Michelle R L, Westoby M and Jurado E. Correlates of seed size variation: a comparison among five temperate floras. *J. of Eco.* 1995, **83**: 517~530.
- [2] Greipsson S & Davy A J. Seed mass and germination behaviour in populations of the dune-building grass *Leymus arenarius*. *Ann. of Botany*, 1995, **76**: 493~501.
- [3] Harper J L, Lovell P h & Moore K G. The shapes and sizes of seeds. *Ann. Re. of Eco. and Sys.*, 1970, **1**: 327~356.
- [4] Roach D A and Wulff R D. Maternal effects in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1987, **18**: 209~223.
- [5] Schaal B A. Reproductive capacity and size in *Lupinus texensis*. *American J. of Botany* 1980, **67**: 703~709.
- [6] 李晓洁, 徐化成. 白皮松种子发芽习性及其种源变异的研究. *林业科学*, 1989, **25**(2): 97~105.
- [7] Falconer R S. *Introduction to quantitative genetics*. New York: Longman Inc. 1981.
- [8] Howe H F, Smallwood J Ecology of seed dispersal. *Ann. Rev. of Eco. and Sys.* 1982, **13**: 201~228.
- [9] 陈小勇. 黄山青冈种子形态变异的初步研究. *种子*, 1994, **73**(5): 16~19.