

青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果大小及其变异研究

张小翠¹, 陈学林^{1,2}

(1 西北师范大学 生命科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2 兰州大学 干旱与草地生态教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

【摘要】【目的】对青藏高原东缘 6 属 32 种菊科植物连萼瘦果的大小及其变异进行了比较,并探讨了影响连萼瘦果大小变异的环境因素。【方法】采集青藏高原东缘 6 属 32 种菊科植物的连萼瘦果,测算其长度、宽度和长/宽 3 项指标,并对上述指标与植物分布海拔高度的相关性进行了分析。【结果】①橐吾属(*Ligularia*)连萼瘦果平均长度最大,亚菊属(*Ajania*)、香青属(*Anaphalis*)和蒿属(*Artemisia*)连萼瘦果平均长度较小;紫菀属(*Aster*)和橐吾属的平均宽度相对较大;长/宽的平均值在各属间相差很大,最大的为千里光属(*Senecio*),蒿属最小。②蒿属、紫菀属、亚菊属和千里光属的连萼瘦果长度、宽度分别与海拔呈正相关性,且连萼瘦果长度与宽度也呈正相关性;橐吾属和香青属的连萼瘦果长度、宽度分别与海拔呈负相关性,但连萼瘦果长度与宽度呈正相关性。③在连萼瘦果大小变异方面,亚菊属、千里光属和香青属连萼瘦果长度的变异系数较小,蒿属、紫菀属和橐吾属的变异系数较大;香青属连萼瘦果宽度的变异系数较小,其他属的变异系数相差不大。【结论】6 属菊科植物的连萼瘦果大小及变异差别较大,反映出菊科植物的不同进化水平;海拔是影响菊科植物连萼瘦果大小及变异的一个重要因素。

【关键词】 青藏高原东缘;菊科;连萼瘦果

【中图分类号】 Q944.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2008)10-0207-08

Studies on cypsela size and variations' evolutionary ecology of six genera of Compositae from eastern Qinghai-Tibetan Plateau

ZHANG Xiao-cui¹, CHEN Xue-lin^{1,2}

(1 College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2 Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology of the Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: 【Objective】The cypsela size and variation of 6 genera(32 species) about Compositae of eastern Qinghai-Tibetan Plateau were studied and the environmental facts were discussed. 【Method】The cyp-sela of 6 genera(32 species) from eastern Qinghai-Tibetan Plateau were collected. The length, width and length/width of the cypsela were computed, then the relativity about the length, width, length/width of the cypsela and altitude were analyzed. 【Result】The results show that: ①The mean length of *Ligularia* is the biggest, and the mean length of *Ajania*, *Anaphalis* and *Artemisia* is the smallest; the mean width of *Aster* and *Ligularia* is bigger than that of others; the mean length/width have lots of differences, the biggest being *Senecio*, and the smallest *Artemisia*. ② The cypsela length and width of *Artemisia*, *Aster*, *Ajania* and *Senecio* respectively have plus relativity with altitude, and the cypsela length and width also display plus relativity; the cypsela length and width of *Ligularia* and *Anaphalis* respectively have minus relativity with

* [收稿日期] 2007-10-30
[基金项目] 国家自然科学基金项目(30470307)
[作者简介] 张小翠(1983—),女,甘肃皋兰人,在读硕士,主要从事系统与进化植物学研究。E-mail: zhang_xiaocui@126.com
[通讯作者] 陈学林(1963—),男,甘肃永登人,教授,硕士生导师,主要从事系统与进化植物学研究。
E-mail: chenxuelin63@163.com

altitude, but the cypsela length and width display plus relativity. ③ At cypsela size variation, the cypsela length variations of *Ajania*, *Senecio* and *Anaphalis* are smaller, the cypsela length variations of *Artemisia*, *Aster* and *Ligularia* are bigger; the cypsela width variation of *Anaphalis* is smaller, and others have little difference. 【Conclusion】 The cypsela size and variation have big differences between 6 genera. It reflects diverse evolutive level. The altitude is an important factor affecting the size of cypsela and its variation.

Key words: eastern Qinghai-Tibetau Plateau; Compositae; cypsela

菊科植物是青藏高原东缘高寒草甸的优势种群,果实为连萼瘦果,其功能与种子几乎没有区别,都属于传播体。传播体的生物学功能主要是繁殖和散布,植物还可利用传播体度过不良的外部环境^[1]。在植物性状中,传播体大小处于中心地位,是植物生活史中的一个核心特征^[2]。在植物的生活史对策中,传播体大小变异是一个重要的选择焦点^[3]。变异是生物的基本特征之一,传播体大小变异是植物在自然环境选择和遗传上的一种进化行为,不同大小的传播体是植物适应环境和进化的结果^[4-7]。因此,研究菊科植物连萼瘦果大小及变异有一定的进化生物学和生态学意义。国内关于传播体大小及变异的研究大多与传播体的萌发和幼苗生长有关^[8-10];另外,也有关于传播体大小对其多度和种子

库影响的研究^[11-12],但对高寒草甸菊科植物连萼瘦果大小变异与环境关系的探讨在国内外少有报道。影响传播体大小变异的环境因素有很多,如水分、光周期^[2]等,本研究主要探讨青藏高原东缘 6 属 32 种菊科植物连萼瘦果的大小变异及海拔对连萼瘦果大小变异的影响。目前,青藏高原东缘高寒草甸植被退化及沙化严重,本研究可为青藏高原东缘的种群更新和植被恢复提供依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

32 种菊科植物于 2005-07~10 采自位于甘肃省西南部、青藏高原东北边缘的甘南藏族自治州,其海拔、生活型及生境见表 1。

表 1 青藏高原东缘 6 属 32 种菊科植物的海拔、生活型及生境
Table 1 Altitudes, life forms and habitants of 6 genera (32 species) of Compositae from eastern Qinghai-Tibetan Plateau

属名 Genus	种名 Species	海拔/m Altitude	生活型 Life form	生境 Habitant
蒿属 <i>Artemisia</i>	无毛牛尾蒿 <i>A. dubia</i> var. <i>subdigitata</i>	2 160	半灌木 Semi-shrub	灌丛边缘 Shrub edge
	牛尾蒿 <i>A. dubia</i>	2 300	半灌木 Semi-shrub	阳坡草丛 Sunny bushes
	猪毛蒿 <i>A. scoparia</i>	2 400	多年生草本 Perennial herb	路边 Roadside
	大籽蒿 <i>A. sieversinan</i>	2 800	一、二年生草本 Annual, biennial herb	路边 Roadside
	臭蒿 <i>A. hedinii</i>	2 950	一年生草本 Annual herb	高寒草甸 Alpine meadow
	蒴萝蒿 <i>A. anethoides</i>	2 950	一、二年生草本 Annual, biennial herb	河谷灌丛 Valley shrub
	西南牡蒿 <i>A. parviflora</i>	3 000	多年生草本 Perennial herb	草甸 Meadow
	黄花蒿 <i>A. annua</i>	3 000	一年生草本 Annual herb	灌丛 Shrub
	沙蒿 <i>A. desertorum</i>	3 400	多年生草本 Perennial herb	草甸,沙地 Meadow, Saudi
	直茎蒿 <i>A. edgeworthii</i>	3 400	一、二年生草本 Annual, biennial herb	河滩草甸,灌丛 Riverflat meadow, Shrub
紫菀属 <i>Aster</i>	异叶三褶脉紫菀 <i>A. ageratoides</i> var. <i>heterophyllus</i>	2 400	多年生草本 Perennial herb	路边 Roadside
	三褶脉紫菀 <i>A. ageratoides</i>	2 400	多年生草本 Perennial herb	路边 Roadside
	灰枝紫菀 <i>A. poliothamous</i>	2 500	半灌木 Semi-shrub	石质山坡 Rock slope
	缘毛紫菀 <i>A. limitanus</i>	3 000	多年生草本 Perennial herb	高寒草甸 Alpine meadow
	紫菀 <i>A. tataricus</i>	3 200	多年生草本 Perennial herb	阳坡草地 Sunny lawn
	重冠紫菀 <i>A. diplostephioides</i>	4 000	多年生草本 Perennial herb	草丛 Brushwood
亚菊属 <i>Ajania</i>	细裂亚菊 <i>A. przewalskii</i>	3 200	多年生草本 Perennial herb	灌丛 Shrub
	细叶亚菊 <i>A. salicifolia</i>	3 400	半灌木 Semi-shrub	高寒草甸,灌丛 Alpine meadow, Shrub
	柳叶亚菊 <i>A. tenuifolia</i>	3 500	半灌木 Semi-shrub	草甸,灌丛 Meadow, Shrub

续表 1 Continued table 1

属名 Genus	种名 Species	海拔/m Altitude	生活型 Life form	生境 Habitant
千里光属 <i>Senecio</i>	千里光 <i>S. scandens</i>	2 200	多年生草本 Perennial herb	灌丛边缘 Shrub edge
	额河千里光 <i>S. argunensis</i>	2 500	多年生草本 Perennial herb	灌丛边缘 Shrub edge
	天山千里光 <i>S. tianshanicus</i>	2 800	多年生草本 Perennial herb	干旱沙质山坡 Arid sandy slopes
香青属 <i>Anaphalis</i>	膜苞香青 <i>A. hymenolepis</i>	3 100	半灌木 Semi-shrub	高寒草甸 Alpine meadow
	铃铃香青 <i>A. hancockii</i>	3 500	多年生草本 Perennial herb	高寒草甸 Alpine meadow
	乳白香青 <i>A. lactea</i>	3 580	半灌木 Semi-shrub	阳坡草丛 Sunny bushes
橐吾属 <i>Ligularia</i>	离舌橐吾 <i>L. veitchiana</i>	2 550	多年生草本 Perennial herb	灌丛 Shrub
	蹄叶橐吾 <i>L. fischeri</i>	2 760	多年生草本 Perennial herb	河滩 Riverflat
	黄帚橐吾 <i>L. virgaurea</i>	3 300	多年生草本 Perennial herb	河谷灌丛 Valley shrub
	大齿橐吾 <i>L. macrodonta</i>	3 440	多年生草本 Perennial herb	林下 Underbrush
	箭叶橐吾 <i>L. sagitta</i>	3 580	多年生草本 Perennial herb	高寒草甸 Alpine meadow
	大黄橐吾 <i>L. duciformis</i>	3 800	多年生草本 Perennial herb	半阴坡草甸 Meadow of half north slope
	黄帚橐吾* <i>L. virgaurea</i> *	4 000	多年生草本 Perennial herb	草丛 Brushwood

注:黄帚橐吾*与黄帚橐吾是同种,但分布海拔不同。表 2 同。

Note: *L. virgaurea** is the same species as *L. virgaurea*,but they have different altitude. The same as table 2.

1.2 研究方法

菊科植物的连萼瘦果大多扁平或细长,故本研究采用了连萼瘦果长度(L ,mm)、宽度(W ,mm)及长度与宽度比值(长/宽, L/W)描述所研究的 6 属 32 种菊科植物连萼瘦果的大小及变异,并对上述指标与植物分布海拔高度的相关性进行了分析。随机取每种菊科植物发育正常、已完全成熟、无杂质并自然晾干的连萼瘦果约 30 粒,用游标卡尺或显微镜进行测量,数据精确到 0.001 mm。用 Excel 进行数据统计和分析,用 SPSS 13.0 软件进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果的大小

6 属 32 种菊科植物连萼瘦果的大小、变异系数等统计结果见表 2,属间连萼瘦果大小统计结果见表 3。

2.1.1 蒿 属 由表 2 可知,蒿属 10 个种中,沙蒿连萼瘦果最大,其长度平均值为 1.856 mm,宽度平均值为 0.762 mm;其次为大籽蒿和西南牡蒿的连萼瘦果;蒭萝蒿连萼瘦果最小,其长度平均值为 0.540 mm,宽度平均值为 0.228 mm。西南牡蒿连萼瘦果长/宽的平均值略小一些,为 1.995,其他 9 个种的连萼瘦果长/宽平均值为 2.112~2.796。

2.1.2 紫菀属 表 2 显示,紫菀属 6 个种连萼瘦果长度差别不大,平均值为 1.908~2.935 mm,其中缘毛紫菀连萼瘦果的平均长度较小,为 1.908 mm;重冠紫菀连萼瘦果宽度平均值较大,为 1.207 mm,其他 5 个种连萼瘦果宽度平均值为 0.726~0.946 mm。异叶三褶脉紫菀连萼瘦果长/宽的平均值较

大,为 3.052,其他几个种的长/宽为 2.104~2.955。

2.1.3 亚菊属 表 2 显示,亚菊属柳叶亚菊的连萼瘦果最大,其长度平均值为 2.301 mm,宽度平均值为 0.680 mm;细裂亚菊和细叶亚菊连萼瘦果长度和宽度平均值分别为 1.164,0.443 mm 和 1.000,0.416 mm。柳叶亚菊连萼瘦果长/宽平均值也最大,为 3.488,其他 2 个种均较小。

2.1.4 千里光属 表 2 显示,千里光属中,额河千里光和天山千里光连萼瘦果较大,其长度平均值分别为 2.590 和 3.124 mm,宽度平均值分别为 0.694 和 0.505 mm;千里光的连萼瘦果最小,其长度平均值为 1.870 mm,宽度平均值为 0.311 mm。千里光和天山千里光连萼瘦果长/宽的平均值较大,分别为 6.128 和 6.416,额河千里光连萼瘦果则为 3.805。

2.1.5 香青属 表 2 显示,香青属 3 个种的连萼瘦果平均长度差别不大,介于 1.129~1.282 mm;而平均宽度只有膜苞香青的略大,为 0.522 mm,铃铃香青和乳白香青连萼瘦果的平均宽度分别为 0.473 和 0.423 mm。连萼瘦果长/宽的平均值为 2.472~2.695,其中乳白香青的平均值最大,膜苞香青的平均值最小。

2.1.6 橐吾属 表 2 显示,橐吾属的连萼瘦果长度为较大,其中蹄叶橐吾和离舌橐吾的连萼瘦果平均长度分别达 5.547 和 5.247 mm,其次是箭叶橐吾(4.273 mm)和大黄橐吾(4.014 mm),大齿橐吾、黄帚橐吾(低海拔)和黄帚橐吾(高海拔)连萼瘦果平均长度较小,为 3.344~3.812 mm。蹄叶橐吾连萼瘦果的平均宽度在橐吾属中也最大,为 1.085 mm,而黄帚橐吾(高海拔)连萼瘦果的平均宽度最小,为

0.623 mm。橐吾属 6 个种的连萼瘦果长/宽平均值也较大,最大值为 7.411(离舌橐吾),其次为黄帚橐吾(高海拔,5.461),黄帚橐吾(低海拔)最小,为 4.098。

2.1.7 6 属菊科植物连萼瘦果平均大小的比较
由表 3 可知,橐吾属连萼瘦果的平均长度最大,其次

为千里光属和紫菀属,亚菊属、香青属和蒿属的连萼瘦果平均长度较小;6 个属的连萼瘦果平均宽度均未超过 1.000 mm,相差不是很大,其中紫菀属和橐吾属连萼瘦果的平均宽度相对较大;6 个属连萼瘦果的长/宽平均值相差很大,最大的为千里光属,其次为橐吾属,蒿属最小。

表 2 青藏高原东缘 6 属 32 种菊科植物连萼瘦果大小及其变异系数
Table 2 Cypsela size and coefficient of variation of 6 genera(32 species) about Compositae
from eastern Qinghai-Tibetan Plateau

属名 Genus	种名 Species	观测项目 Item	最大值 Max	最小值 Min	变异范围 Range	平均值 Mean	标准差 Std dev	标准误 Std E	变异系数 CV
蒿属 <i>Artemisia</i>	无毛牛尾蒿 <i>A. dubia</i> var. <i>subdigitata</i>	L/mm	1.050	0.775	0.275	0.879	0.071	0.013	8.054
		W/mm	0.500	0.275	0.225	0.362	0.062	0.011	17.015
		L/W	3.364	1.944	1.420	2.477	0.360	0.065	14.519
	牛尾蒿 <i>A. dubia</i>	L/mm	1.225	0.825	0.400	0.985	0.106	0.019	10.781
		W/mm	0.550	0.200	0.350	0.425	0.079	0.014	18.642
		L/W	4.625	1.800	2.825	2.415	0.637	0.114	26.372
	猪毛蒿 <i>A. scoparia</i>	L/mm	0.750	0.375	0.375	0.630	0.075	0.013	11.850
		W/mm	0.475	0.200	0.275	0.289	0.054	0.010	18.626
		L/W	2.889	1.421	1.468	2.220	0.325	0.058	14.651
	大籽蒿 <i>A. sieversinan</i>	L/mm	1.875	1.100	0.775	1.558	0.197	0.036	12.627
		W/mm	0.750	0.400	0.350	0.570	0.094	0.017	16.467
		L/W	4.111	1.897	2.214	2.796	0.537	0.098	19.215
	臭蒿 <i>A. hedinii</i>	L/mm	1.325	0.800	0.525	1.041	0.136	0.025	13.081
		W/mm	0.525	0.275	0.250	0.387	0.060	0.018	15.547
		L/W	4.091	2.211	1.880	2.712	0.320	0.058	11.811
	蒔萝蒿 <i>A. anethoides</i>	L/mm	0.675	0.475	0.200	0.540	0.057	0.010	10.501
		W/mm	0.275	0.175	0.100	0.228	0.022	0.004	9.849
		L/W	2.714	2.091	0.623	2.371	0.177	0.032	7.448
	西南牡蒿 <i>A. parviflora</i>	L/mm	1.500	1.025	0.475	1.271	0.123	0.022	9.691
		W/mm	0.775	0.500	0.275	0.641	0.064	0.012	10.021
		L/W	2.409	1.667	0.742	1.995	0.209	0.038	10.457
	黄花蒿 <i>A. annua</i>	L/mm	0.825	0.625	0.200	0.690	0.048	0.011	6.895
		W/mm	0.400	0.225	0.175	0.331	0.040	0.009	12.212
		L/W	3.222	1.800	1.422	2.112	0.303	0.068	14.370
	沙蒿 <i>A. desertorum</i>	L/mm	2.125	1.600	0.525	1.856	0.130	0.024	7.019
		W/mm	0.875	0.650	0.225	0.762	0.065	0.012	8.478
		L/W	3.036	2.000	1.036	2.451	0.243	0.044	9.917
	直茎蒿 <i>A. edgeworthii</i>	L/mm	0.900	0.625	0.275	0.739	0.077	0.014	10.480
		W/mm	0.375	0.250	0.125	0.313	0.041	0.007	13.188
		L/W	3.182	1.923	1.259	2.385	0.293	0.053	12.273
紫菀属 <i>Aster</i>	异叶三褶脉紫菀 <i>A. ageratoides</i> var. <i>heterophyllus</i>	L/mm	2.550	1.950	0.600	2.209	0.145	0.026	6.551
		W/mm	0.800	0.625	0.175	0.726	0.048	0.009	6.564
		L/W	3.680	2.645	1.035	3.052	0.247	0.044	8.077
	三褶脉紫菀 <i>A. ageratoides</i>	L/mm	3.025	2.000	1.025	2.498	0.291	0.052	11.641
		W/mm	1.200	0.675	0.525	0.946	0.147	0.027	15.592
		L/W	3.094	2.217	0.877	2.662	0.237	0.043	8.904
	灰枝紫菀 <i>A. poliothamous</i>	L/mm	2.450	1.650	0.800	2.086	0.186	0.034	8.918
		W/mm	1.000	0.475	0.525	0.850	0.106	0.019	12.430
		L/W	3.474	2.081	1.393	2.479	0.275	0.050	11.090
	缘毛紫菀 <i>A. limitanous</i>	L/mm	2.325	1.575	0.750	1.908	0.207	0.038	10.827
		W/mm	1.225	0.700	0.525	0.919	0.130	0.024	14.136
		L/W	2.964	1.690	1.274	2.104	0.302	0.055	14.354

续表 2 Continued table 2

属名 Genus	种名 Species	观测项目 Item	最大值 Max	最小值 Min	变异范围 Range	平均值 Mean	标准差 Std dev	标准误 Std E	变异系数 CV
紫菀属 <i>Aster</i>	紫菀 <i>A. tataricus</i>	L/mm	3.350	1.300	2.050	2.519	0.548	0.098	21.740
		W/mm	1.075	0.425	0.650	0.860	0.187	0.034	21.797
		L/W	3.595	2.205	1.390	2.955	0.331	0.059	11.198
	重冠紫菀 <i>A. diplostephioides</i>	L/mm	3.725	2.425	1.300	2.935	0.322	0.059	10.958
		W/mm	1.525	0.875	0.650	1.207	0.148	0.027	12.298
		L/W	3.561	1.803	1.758	2.467	0.393	0.072	15.911
亚菊属 <i>Ajania</i>	细裂亚菊 <i>A. przewalskii</i>	L/mm	1.325	0.950	0.375	1.164	0.108	0.019	9.279
		W/mm	0.525	0.300	0.225	0.443	0.053	0.010	12.049
		L/W	3.833	2.150	1.683	2.665	0.400	0.072	15.029
	细叶亚菊 <i>A. salicifolia</i>	L/mm	1.150	0.850	0.300	1.000	0.066	0.012	6.565
		W/mm	0.500	0.250	0.250	0.416	0.065	0.012	15.668
		L/W	3.800	1.889	1.911	2.461	0.402	0.073	16.329
	柳叶亚菊 <i>A. tenuifolia</i>	L/mm	2.575	1.825	0.750	2.301	0.216	0.040	9.401
		W/mm	1.000	0.450	0.550	0.680	0.130	0.024	19.150
		L/W	4.950	2.575	2.375	3.488	0.664	0.121	19.046
千里光属 <i>Senecio</i>	千里光 <i>S. scandens</i>	L/mm	2.125	1.625	0.500	1.870	0.142	0.026	7.612
		W/mm	0.375	0.200	0.175	0.311	0.040	0.007	12.817
		L/W	10.000	4.667	5.333	6.128	1.062	0.191	17.326
	额河千里光 <i>S. argunensis</i>	L/mm	3.025	2.120	0.905	2.590	0.223	0.040	8.610
		W/mm	0.900	0.500	0.400	0.694	0.110	0.020	15.887
		L/W	5.000	3.030	1.970	3.805	0.563	0.101	14.787
	天山千里光 <i>S. tianshanicus</i>	L/mm	4.100	2.280	1.820	3.124	0.388	0.070	12.430
		W/mm	0.650	0.320	0.330	0.505	0.082	0.015	16.225
		L/W	11.875	4.222	7.653	6.416	1.720	0.309	26.807
香青属 <i>Anaphalis</i>	膜苞香青 <i>A. hymenolepis</i>	L/mm	1.500	1.150	0.350	1.282	0.082	0.015	6.424
		W/mm	0.650	0.400	0.250	0.522	0.051	0.009	9.832
		L/W	3.125	2.000	1.125	2.472	0.226	0.041	9.121
	铃铃香青 <i>A. hancockii</i>	L/mm	1.325	1.075	0.250	1.199	0.073	0.013	6.064
		W/mm	0.600	0.325	0.275	0.473	0.062	0.011	13.154
		L/W	3.692	1.870	1.822	2.580	0.407	0.073	15.777
	乳白香青 <i>A. lactea</i>	L/mm	1.325	0.900	0.425	1.129	0.105	0.019	9.313
		W/mm	0.500	0.275	0.225	0.423	0.048	0.009	11.446
		L/W	3.571	2.158	1.413	2.695	0.309	0.055	11.454
橐吾属 <i>Ligularia</i>	离舌橐吾 <i>L. veitchiana</i>	L/mm	6.680	4.340	2.34	5.247	0.664	0.119	12.664
		W/mm	1.120	0.550	0.57	0.722	0.120	0.022	16.566
		L/W	10.592	4.732	5.860	7.411	1.279	0.230	17.256
	蹄叶橐吾 <i>L. fischeri</i>	L/mm	6.880	4.200	2.680	5.547	0.763	0.137	13.763
		W/mm	1.440	0.700	0.740	1.085	0.189	0.034	17.429
		L/W	8.500	3.559	4.941	5.246	1.078	0.194	20.539
	黄帚橐吾 <i>L. virgaurea</i>	L/mm	4.375	2.500	1.875	3.673	0.387	0.069	10.526
		W/mm	1.080	0.600	0.480	0.910	0.125	0.023	13.769
		L/W	6.267	3.175	3.092	4.098	0.627	0.113	15.303
	大齿橐吾 <i>L. macrodonta</i>	L/mm	4.680	2.340	2.340	3.812	0.528	0.095	13.837
		W/mm	1.225	0.580	0.645	0.767	0.140	0.025	18.232
		L/W	6.593	2.340	4.253	5.113	1.018	0.183	19.913
	箭叶橐吾 <i>L. sagitta</i>	L/mm	5.420	3.740	1.680	4.273	0.436	0.080	10.195
		W/mm	1.075	0.620	0.455	0.866	0.105	0.019	12.063
		L/W	6.869	3.684	3.185	5.004	0.792	0.145	15.830
	大黄橐吾 <i>L. duciformis</i>	L/mm	5.200	3.300	1.900	4.014	0.428	0.077	10.654
		W/mm	1.220	0.725	0.495	0.987	0.115	0.021	11.672
		L/W	5.862	2.845	3.017	4.127	0.676	0.121	16.368
	黄帚橐吾* <i>L. virgaurea*</i>	L/mm	4.325	2.550	1.775	3.344	0.447	0.080	13.356
		W/mm	0.775	0.475	0.300	0.623	0.081	0.015	13.050
		L/W	7.632	3.355	4.277	5.461	1.044	0.188	19.116

表 3 青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果大小的比较

Table 3 Cypsela size of 6 genera of Compositae plants from eastern Qinghai-Tibetan Plateau

属名 Genus	长度平均值/mm Average of length	宽度平均值/mm Average of width	长/宽平均值 Average of L/W
蒿属 <i>Artemisia</i>	1.019	0.431	2.393
紫菀属 <i>Aster</i>	2.359	0.918	2.620
亚菊属 <i>Ajania</i>	1.488	0.513	2.871
千里光属 <i>Senecio</i>	2.528	0.503	5.450
香青属 <i>Anaphalis</i>	1.203	0.473	2.582
橐吾属 <i>Ligularia</i>	4.273	0.851	5.209

2.2 青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果大小的变异

2.2.1 蒿 属 表 2 显示,在蒿属中,臭蒿连萼瘦果长度的变异系数最大,为 13.081,黄花蒿连萼瘦果最小,为 6.895;除了莛萝蒿连萼瘦果外,其他种连萼瘦果宽度的变异系数均比长度大,牛尾蒿连萼瘦果宽度变异系数最大,沙蒿连萼瘦果最小;连萼瘦果的长/宽变异也较大,变异系数最大的仍然是牛尾蒿,而最小的则是莛萝蒿。

2.2.2 紫菀属 紫菀属中紫菀连萼瘦果的长度和宽度变异系数均最大,分别为 21.740 和 21.797;重冠紫菀连萼瘦果长/宽的变异系数最大,为 15.911;而异叶三褶脉紫菀连萼瘦果的长度、宽度和长/宽的变异系数均最小,分别为 6.551,6.564 和 8.077。

2.2.3 亚菊属 亚菊属中柳叶亚菊连萼瘦果的长度、宽度和长/宽的变异系数均比其他 2 个种大;细叶亚菊连萼瘦果的长度变异系数最小,为 6.565;细裂亚菊连萼瘦果的宽度和长/宽变异系数均最小,分别为 12.049 和 15.029。

2.2.4 千里光属 表 2 显示,千里光属中千里光连萼瘦果的长度和宽度变异系数均比其他 2 个种小,额河千里光连萼瘦果的长/宽变异系数最小,天山千里光连萼瘦果的长度、宽度和长/宽变异系数均最大。

2.2.5 香青属 香青属中乳白香青连萼瘦果的长度变异系数最大,膜苞香青和铃铃香青的连萼瘦果长度变异系数相差不大;膜苞香青连萼瘦果的宽度和长/宽变异系数最小,分别为 9.832 和 9.121,而铃铃香青连萼瘦果的宽度和长/宽变异系数则最大。

2.2.6 橐吾属 橐吾属 6 个种的连萼瘦果长度、宽度和长/宽的变异系数相差不是很大,其中箭叶橐吾连萼瘦果的长度变异系数最小,为 10.195;大齿橐吾连萼瘦果的长度和宽度变异系数最大,分别为 13.837 和 18.232;大黄橐吾连萼瘦果的宽度变异系数最小,为 11.672;蹄叶橐吾连萼瘦果长/宽的变异系数最大,为 20.539,而黄帚橐吾(低海拔)连萼瘦果的最小,为 15.303。

2.2.7 6 属菊科植物连萼瘦果大小的平均变异系数 由表 4 可知,亚菊属、千里光属和香青属连萼瘦果长度变异系数均较小,蒿属、紫菀属和橐吾属连萼瘦果长度的变异系数均较大;香青属连萼瘦果的宽度变异系数较小,亚菊属和千里光属连萼瘦果宽度的变异系数均较大;千里光属连萼瘦果长/宽的变异系数最大,其次为橐吾属连萼瘦果,紫菀属连萼瘦果最小。在连萼瘦果长度、宽度和长/宽 3 个形态指标中,长度在所有类群中是一个较为稳定的指标,其变异系数较小,而宽度和长/宽的变异系数则比较大。

表 4 青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果的平均长度、宽度及长/宽变异系数的比较

Table 4 Coefficient of variability of cypsela's length,width and L/W of 6 genera of Compositae from eastern Qinghai-Tibetan Plateau

属名 Genus	长度变异系数 CV of length	宽度变异系数 CV of width	长/宽变异系数 CV of L/W
蒿属 <i>Artemisia</i>	10.098	14.005	14.103
紫菀属 <i>Aster</i>	11.773	13.803	11.589
亚菊属 <i>Ajania</i>	8.415	15.622	16.801
千里光属 <i>Senecio</i>	9.551	14.976	19.640
香青属 <i>Anaphalis</i>	7.267	11.477	12.117
橐吾属 <i>Ligularia</i>	12.142	14.683	17.761

2.3 青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果大小与其分布海拔的相关性

由表 5 可以看出,6 属菊科植物连萼瘦果长度、

宽度和海拔两两之间的相关性均达极显著水平,蒿属、紫菀属、亚菊属和千里光属连萼瘦果的长度、宽度分别与海拔呈正相关性,且连萼瘦果长度与宽度

间也呈正相关性;橐吾属和香青属的连萼瘦果长度、宽度分别与海拔呈负相关性,即随着海拔的升高,连萼瘦果的长度与宽度均减小,但连萼瘦果长度与宽度呈正相关性。

表 5 青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果长度、宽度和海拔的相关性分析

Table 5 Pearson Correlation of cypsela length, width and altitude of 6 genera of Compositae from eastern Qinghai-Tibetan Plateau

属名 Genus	项目 Item	相关系数 Correlation	属名 Genus	项目 Item	相关系数 Correlation
蒿属 <i>Artemisia</i>	长度和宽度 Length and width	0.930**	千里光属 <i>Senecio</i>	长度和宽度 Length and width	0.445**
	长度和海拔 Length and altitude	0.202**		长度和海拔 Length and altitude	0.884**
	宽度和海拔 Width and altitude	0.240**		宽度和海拔 Width and altitude	0.451**
紫菀属 <i>Aster</i>	长度和宽度 Length and width	0.654**	香青属 <i>Anaphalis</i>	长度和宽度 Length and width	0.508**
	长度和海拔 Length and altitude	0.477**		长度和海拔 Length and altitude	−0.557**
	宽度和海拔 Width and altitude	0.599**		宽度和海拔 Width and altitude	−0.562**
亚菊属 <i>Ajania</i>	长度和宽度 Length and width	0.830**	橐吾属 <i>Ligularia</i>	长度和宽度 Length and width	0.325**
	长度和海拔 Length and altitude	0.656**		长度和海拔 Length and altitude	−0.712**
	宽度和海拔 Width and altitude	0.557**		宽度和海拔 Width and altitude	−0.193**

注: ** 表示 $\alpha=0.01$ 时相关性极显著。
Note: ** Correlation is significant at the 0.01 level.

3 讨 论

本研究主要对青藏高原东缘 6 属菊科植物的连萼瘦果大小及其变异进行了研究,特别对影响连萼瘦果大小变异的环境因素进行了探讨。研究发现,影响青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果大小且发生变异的主要因素是海拔。海拔不同,导致植物的生活环境不同,为与周围环境相适应,便产生了大小不同的连萼瘦果。因为在不同的环境中,植物的生殖对策相应也会发生改变,如生活在较隐蔽且稳定环境中的植物具有较大的传播体,而生活在不稳定即易受干扰环境中的植物通常具有较小的传播体;生活在干旱环境中的植物传播体比生活在潮湿环境中的植物大^[1]。6 属菊科植物连萼瘦果长度和宽度与海拔有极显著的相关性,其中蒿属、紫菀属、亚菊属和千里光属连萼瘦果的长度、宽度分别与海拔呈正相关性,这是因为在低海拔处,植物所处的环境比较好,适宜其生长发育,此时植物产生较小的连萼瘦果更有利于果实扩散,从而占领更大的区域,这与宗文杰等^[8]研究得出的小传播体比大传播体的萌发率高的结果相符;而海拔越高,植物所处的环境越恶劣,为了度过恶劣的环境,使其后代能够存活下来,植物采取了产生相对较大连萼瘦果的生殖对策,较大连萼瘦果内的营养物质多,更有利于其度过不良

环境,从而一代一代地繁殖下去。橐吾属和香青属连萼瘦果的长度、宽度分别与海拔呈负相关性,这是因为橐吾属植物均为多年生,所处的海拔均较高,其连萼瘦果细长,具冠毛,长度为 2.340~6.880 mm,宽度为 0.470~1.440 mm,在 6 属菊科植物中,橐吾属的连萼瘦果最大,在保证其能度过不良环境的前提下,扩散就成了其首要问题,于是随着海拔升高,连萼瘦果逐渐变小,以利于其扩散并占据更多的生境,产生更多的后代。3 种香青属植物中,海拔相对较低的膜苞香青和铃铃香青生境属于高寒草甸,海拔较高的乳白香青生境为阳坡草丛,环境极不稳定且易受气候等各种因素的干扰,因此生境可能是造成其连萼瘦果较小的原因。传播体大小及其变异除了受海拔和生境的特性决定外,还与许多生态因素有关,如种子的传播方式、植物花粉的授粉方式等^[1],这些因素相互联系、相互作用,从而影响传播体的大小,最终导致其发生变异。有关海拔以外的其他生态因素对传播体大小变异的影响,还需进一步研究。

传播体大小变异会影响其扩散、萌发及幼苗特征,其可变性无论大小,对幼苗定居和存活均有很大影响,进而影响种群更新^[13-14]。大传播体常有较高的萌发率,会产生较健壮的幼苗以增强其存活和竞争力^[13-15];而小传播体则有利于扩散,与植物占据更

多的生境有一定关系。不管传播体变大还是变小,都是植物适应环境的表现,是一种进化行为,这对保持物种的多样性有积极作用。目前,对传播体大小及变异的机制还不清楚,该领域急需做大量的研究工作。

4 结 论

青藏高原东缘 6 属菊科植物连萼瘦果大小种间差别不大,但属间差别较大。连萼瘦果的长度、宽度与海拔的相关性极显著,说明海拔是影响连萼瘦果大小及变异的一个重要因素。6 属植物的连萼瘦果长度、宽度和长/宽都有不同程度的变异,但相比之下,属间变异较大,在一定程度上反映出菊科植物的不同进化水平。变异越大,植物适应环境的潜力越大,说明该物种越进化,反之亦然。

植物物种的扩散和定居与传播体大小密切相关^[9],因此,研究传播体大小及其变异有深远意义。传播体的大小及其变异虽然是一种简单的生物学现象,但受到多种生态因素的影响,具有重要的进化生物学和生态学意义,若要进行更深入的研究,则需要做更多关于传播体大小变异与环境关系的研究工作。

[参考文献]

[1] 马绍宾,姜汉侨.小檗科鬼臼亚科种子大小变异式样及其生物学意义[J].西北植物学报,1999,19(4):715-724.
Ma S B,Jiang H Q. Study on the seed size variation pattern and their biological significance in Podophylloideae (Berberidaceae) [J]. Acta Botanica Boreli.-Occidentalia Sinica, 1999, 19(4): 715-724. (in Chinese)

[2] 张世挺,杜国祯,陈家宽.种子大小变异的进化生态学研究现状与展望[J].生态学报,2003,23(2):353-362.
Zhang S T,Du G Z,Chen J K. The present situation and prospect of studies on evolutionary ecology of seed size variation [J]. Acta Ecologica Sinica,2003,23(2):353-362. (in Chinese)

[3] Harper J L,Lovell P H,Moore K G. The shapes and sizes of seeds [J]. Annu Rev Ecol Syst,1970,1:327-356.

[4] Augspurger C K,Franson S E. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass,area and morphology [J]. Ecology,1987,68: 27-42.

[5] Hone D W E,Benton M J. The evolution of large size: How dose Cope’s Rule work? [J]. Trends Ecol Evol,2005,20:4-6.

[6] Moles A T,Ackerly D D,Webb C O,et al. A brief history of

seed size [J]. Science,2005,307:576-580.

[7] Westoby M,Leishman M R, Lord J M. On misinterp reting the “phylogenetic correction” [J]. J Ecol,1995,83:531-534.

[8] 宗文杰,刘 坤,卜海燕,等.高寒草甸 51 种菊科植物种子大小变异及其对种子萌发的影响研究 [J]. 兰州大学学报:自然科学版,2006,42(5):52-55.
Zong W J,Liu K,Bu H Y,et al. The mode of seed size variation and the effects of seed size on fifty-one species of composite plants in an alpine meadow [J]. Journal of Lanzhou University: Natural Science Edition,2006,42(5):52-55. (in Chinese)

[9] 张世挺,杜国祯,陈家宽,等.不同营养条件下 24 种高寒草甸菊科植物种子重量对幼苗生长的影响 [J]. 生态学报,2003,23(9):1737-1744.
Zhang S T,Du G Z,Chen J K,et al. Effects of seed weight on seedling growth under different nutrient conditions in twenty-four species of Compositae in an Alpine Meadow [J]. Acta Ecologica Sinica,2003,23(9):1737-1744. (in Chinese)

[10] 柯文山,钟章成,席红安,等.四川大头茶地理种群种子大小变异及对萌发、幼苗特征的影响[J].生态学报,2007,20(4): 697-701.
Ke W S,Zhong Z C,Xi H A,et al. The variation of seed sizes of *Gordonia acuminata* geograph populations and its effect on seed germination and seedling [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007,20(4):697-701. (in Chinese)

[11] 于顺利,Marcelo Sternberg,蒋高明,等.地中海沿岸沙丘种子大小对植物及其种子多度的影响 [J]. 生态学报,2005, 25(4):749-755.
Yu S L,Marcelo Sternberg,Jiang G M,et al. The effects of seeds size on the distribution and abundances of plants and seed banks in a Mediterranean coastal sand dune [J]. Acta Ecologica Sinica,2005,25(4):749-755. (in Chinese)

[12] 仲延凯,包青海,孙 维,等.割草干扰对典型草原土壤种子库种子数量与组成的影响Ⅲ:120 种植物种子的大小与重量 [J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2001,32(3):280-286.
Zhong Y K,Bao Q H,Sun W,et al. The influence of mowing on seed amount and composition in soil seed bank of typical steppe Ⅲ:Size and weight of seeds of 120 plant species [J]. Journal of Nei Mongol University: Natural Science Edition, 2001,32(3):280-286. (in Chinese)

[13] Schaal B A. Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis* [J]. Amer J Bot,1980,67:703-709.

[14] Wulff R D. Seed size variation in *Desmodium paniculatum* Ⅱ: effects on seedling growth and physiological performance [J]. J Ecol, 1986,74:99-114.

[15] 付家瑞.种子生理[M].北京:科学出版社,1985:70-74.
Fu J R. Seed physiology [M]. Beijing: Science Press,1985: 70-74. (in Chinese)