

# 天马自然保护区常见秋熟植物种子大小变异分析

欧祖兰<sup>1</sup>, 陈延松<sup>1,2,①</sup>, 周守标<sup>2</sup>, 徐忠东<sup>1</sup>

(1. 合肥师范学院生命科学系, 安徽 合肥 230601; 2. 安徽师范大学 生物资源保护与开发利用重点实验室, 安徽 芜湖 241000)

**摘要:** 以种子千粒质量为指标, 对安徽天马自然保护区 61 种常见秋熟植物(种子数量在 500 粒以上)的种子大小进行了测定, 并从种子大小与生活型、分类群和种子产量的相关性等方面研究了种子大小的变异规律。结果显示, 61 种植物的种子大小存在很大变异, 种子千粒质量的最小值和最大值分别为 0.015 和 79.370 g, 根据种子千粒质量可将种子大小划分成 A(0~0.05 g)、B(0.05~0.5 g)、C(0.5~5 g)、D(5~50 g)和 E(50~500 g)5 个等级, 分别占总种数的 8.20%、31.15%、36.06%、21.31% 和 3.28%, 呈正态分布。61 种植物包含乔木、藤本、灌木和草本 4 种生活型, 种子千粒质量平均值分别为 24.753、6.884、6.812 和 1.601 g, 不同生活型间的种子大小存在极显著差异。61 种植物分属 33 科, 不同科间的种子大小具有极显著差异, 但各科间的种子大小与分类系统发育方向没有显著相关性。种子较小且种子产量较高的种类有茵陈蒿(*Artemisia capillaris* Thunb.)、奇蒿(*A. anomala* S. Moore)、薄雪火绒草(*Leontopodium japonicum* Miq.)、华东蘼草(*Scirpus karuizawensis* Makino)和庐山蘼草(*S. lushanensis* Ohwi)等, 显示种子大小与种子产量呈显著的负相关。

**关键词:** 天马自然保护区; 秋熟植物; 种子大小; 千粒质量; 生活型; 种子产量

**中图分类号:** Q944; Q948.15   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1674-7895(2012)02-0053-07

## Analysis on variation of seed size of common autumn-matured plants in Tianma Nature Reserve

OU Zu-lan<sup>1</sup>, CHEN Yan-song<sup>1,2,①</sup>, ZHOU Shou-biao<sup>2</sup>, XU Zhong-dong<sup>1</sup> (1. Department of Life Science, Hefei Normal University, Hefei 230601, China; 2. Key Laboratory of Biological Resources Conservation and Utilization, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, 21(2): 53-59

**Abstract:** Taking seed 1 000-grain weight as index, seed size of 61 common autumn-matured plants (seed number above 500 grains) in Tianma Nature Reserve of Anhui Province was investigated and variation rules of seed size were studied through correlation of seed size with life-form, taxon and seed yield, etc. The results show that there is great variation in seed size among 61 species, the minimum and maximum values of 1 000-grain weight are 0.015 and 79.370 g, respectively. And according to 1 000-grain weight, seed size can be divided into five classes of A (0-0.05 g), B (0.05-0.5 g), C (0.5-5 g), D (5-50 g) and E (50-500 g) with the percentage of 8.20%, 31.15%, 36.06%, 21.31% and 3.28% of total species number, respectively, appearing normal distribution. The 61 species contain four life-forms of tree, vine, shrub and herb with the average value of 1 000-grain weight of 24.753, 6.884, 6.812 and 1.601 g, respectively and seed size has a very significant difference among four life-forms. The 61 species belong to 33 families with a very significant difference in seed size among different families, but there is no significant correlation between seed size of families and direction of system development. The species with small seed and high yield are *Artemisia capillaris* Thunb., *A. anomala* S. Moore, *Leontopodium japonicum* Miq., *Scirpus karuizawensis* Makino and *S. lushanensis* Ohwi, etc., indicating a significantly negative correlation between seed size and seed yield.

收稿日期: 2011-09-02

基金项目: 国家大科学工程项目——中国西南野生生物种质资源库平台建设子项目(WGB-1005); 安徽省自然科学基金资助项目(120805MC54); 安徽高校省级自然科学基金项目(KJ2011Z305); 合肥师范学院“生物化学与分子生物学”扶持重点学科建设项目

作者简介: 欧祖兰(1973—), 女, 广西桂林人, 博士, 讲师, 主要从事植物学的科研和教学工作。

①通信作者 E-mail: ottffss7531\_cn@126.com

**Key words:** Tianma Nature Reserve; autumn-matured plant; seed size; 1 000-grain weight; life-form; seed yield

有性繁殖是植物繁殖对策的重点研究内容,涉及传粉、繁殖分配、种子扩散及种子大小等问题,其中种子大小是植物生活史中的核心特征之一<sup>[1-2]</sup>。在植物性状中,种子大小处于中心地位<sup>[3]</sup>,能够对物种的生物学和生态学特征产生一系列影响<sup>[4-9]</sup>。在绝大多数文献中种子大小一般是指种子质量的大小,或者称为种子重量,英文为“seed size”或“seed mass”<sup>[10]</sup>。实际上,种子大小应该包括种子体积大小和种子质量大小两个方面,但由于某些种子的体积太小难以测定或测定时较费时费力,因此,大多数文献中种子大小都为种子质量,本研究中种子大小也特指种子质量的大小。

国际上关于种子大小的研究起步较早<sup>[11-13]</sup>,近十年来更是受到广大学者的高度重视<sup>[14-19]</sup>。国内有关种子大小的研究起步较晚,并且在区域水平上对种子大小变异谱的比较研究仅有零星报道。刘志民等<sup>[20]</sup>对科尔沁沙地 69 种植物种子的质量进行了比较研究;杨霞等<sup>[21]</sup>研究了青藏高原东缘地区常见植物种子大小的变异;陈红等<sup>[4]</sup>探讨了缙云山常绿阔叶林木本植物种子大小的变异及成因;齐威<sup>[10]</sup>对青藏高原东缘种子大小的分布、变异和进化规律进行了研究。然而,从植物区系组成的角度对北亚热带同一区域不同植物种子大小的比较研究尚未见报道。

作者从植物区系组成角度比较分析了天马自然保护区内常见秋熟植物种间种子大小变异状况,并根据种子大小与植物生活型、植物类群、种子产量等方面的相关性对种子大小变异规律进行了研究,以期为北亚热带植被的种子生物学研究提供基础研究资料。

## 1 研究地概况和研究方法

### 1.1 研究地概况

天马自然保护区位于安徽省金寨县,地处鄂、豫、皖三省交界处,地理坐标为北纬 31°10′~31°20′、东经 115°20′~115°50′。保护区内山高、坡陡、谷深,最高峰天堂寨海拔 1 729.13 m。成土母岩主要为花岗岩和花岗片麻岩,海拔 800 m 以上为山地棕壤,800 m 以下为山地黄棕壤,山体顶部偶见草甸化。属北亚热带湿润季风气候,四季分明,雨量充沛,日照充足,无

霜期较长。年均温 13.3℃,极端最高气温 38.1℃,极端最低气温-23.0℃,年均降雨量 1 480 mm,年均日照时数 2 225.5 h。

植被类型为亚热带常绿阔叶林向暖温带落叶阔叶林过渡型,植被垂直分布带谱明显,野生动植物资源丰富,区系成分复杂,特有种多。区内现已查明的维管束植物有 178 科 1 881 种,其中国家重点保护野生植物有 25 种。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 种子的采集与处理** 于 2010 年 10 月中下旬,选择多条路线对天马自然保护区进行踏查,每条路线由山脚伸向山顶,经过草丛、灌丛、常绿阔叶林、常绿落叶阔叶林、落叶阔叶林等植被类型;在踏查的基础上,选择部分路线采集种子。在采集过程中,对于植株数量多且单株产种量大的种类,如华东蕨草(*Scirpus karuizawensis* Makino)和多须公(*Eupatorium chinense* L.)等,采取随机采集的方法,保证采集的种子数量在 2 万粒以上;其他种类则尽可能采集所有种子。对各条线路不同植物的种子数量进行统计,并粗略估算保护区内常见秋熟植物种子的相对产量。

选择种子数量在 500 粒以上的种类为研究对象。肉质果洗去果肉并通风晾干;干果则自然风干,待果皮干燥后去除果皮或让种子自然干燥脱落。

**1.2.2 种子大小的测定** 随机选取不同种类种子各 100 粒,用万分之一电子天平称量,重复测定 3 次,计算平均值并据此计算种子千粒质量。种子千粒质量可分成 5 个等级: A(0~0.05 g); B(0.05~0.5 g); C(0.5~5 g); D(5~50 g); E(50~500 g)。

对于少数种类,如以果核为传播单位的冬青(*Ilex chinensis* Sims)、以翅果为传播单位的小叶栲(*Fraxinus bungeana* DC.)、以颖果为传播单位的禾本科(Poaceae)植物、以连萼瘦果为传播单位的菊科(Compositae)植物,则以传播单位代替种子进行统计。此外,还需要对植物种类的生活型进行统计。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2003 统计软件对种子大小频度的分布情况进行制表;采用 SPSS 13.0 软件对种子大小与生活型、植物类群和种子产量的关系进行单因素方差分析和相关性分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 种子大小频度分布的分析

在天马自然保护区共采集到 61 种种子数量在 500 粒以上的常见秋熟植物种子,隶属 33 科 51 属,具体统计结果详见表 1。

61 种植物的种子大小变异很大,种子千粒质量的最小值和最大值分别为 0.015 和 79.370 g。分级统计结果显示:千粒质量在 0.5 ~ 5 g (C 级) 的种类数

最多,共 22 种,占总种数的 36.06%; A、B、D 和 E 级的种类数分别为 5、19、13 和 2 种,分别占总种数的 8.20%、31.15%、21.31% 和 3.28%。级别最高的 E 级有冬青和四川山矾 (*Symplocos setchuensis* Brand) 2 种,千粒质量分别为 79.370 和 63.528 g (冬青传播单位为果核,每一果核内有 4 粒种子);级别最低的 A 级有茵陈蒿 (*Artemisia capillaris* Thunb.)、奇蒿 (*A. anomala* S. Moore)、华东蕪草、光叶蝴蝶草 (*Torenia glabra* Osbeck) 和小连翘 (*Hypericum erectum* Thunb. ex Murray), 千粒质量分别为 0.015、0.045、0.020、0.021 和 0.040 g。

表 1 天马自然保护区常见秋熟植物(种子数量在 500 粒以上)的生活型及种子千粒质量

Table 1 Life-form and seed 1 000-grain weight of common autumn-matured plants (seed number above 500 grains) in Tianma Nature Reserve

科 Family	属 Genus	种或变种 Species or variety	生活型 <sup>1)</sup> Life-form <sup>1)</sup>	千粒质量/g 1 000-grain weight	等级 <sup>2)</sup> Class <sup>2)</sup>
毛茛科 Ranunculaceae	铁线莲属 <i>Clematis</i> L.	女娄 <i>C. apitifolia</i>	V	2.221	C
毛茛科 Ranunculaceae	毛茛属 <i>Ranunculus</i> L.	毛茛 <i>R. japonicus</i>	H	1.454	C
石竹科 Caryophyllaceae	蝇子草属 <i>Silene</i> L.	女娄菜 <i>S. aprica</i>	H	0.295	B
石竹科 Caryophyllaceae	蝇子草属 <i>Silene</i> L.	鹤草 <i>S. fortunei</i>	H	0.248	B
蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i> L.	水蓼 <i>P. hydropiper</i>	H	1.130	C
蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i> L.	小蓼花 <i>P. muricatum</i>	H	2.990	C
蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i> L.	戟叶蓼 <i>P. thunbergii</i>	H	8.329	D
苋科 Amaranthaceae	牛膝属 <i>Achyranthes</i> L.	少毛牛膝 <i>A. bidentata</i> var. <i>japonica</i>	H	2.365	C
牻牛儿苗科 Geraniaceae	老鹳草属 <i>Geranium</i> L.	老鹳草 <i>G. wilfordii</i>	H	3.884	C
柳叶菜科 Onagraceae	柳叶菜属 <i>Epilobium</i> L.	长籽柳叶菜 <i>E. pyrricholophum</i>	H	0.135	B
柳叶菜科 Onagraceae	月见草属 <i>Oenothera</i> L.	待霄草 <i>O. odorata</i>	H	0.328	B
大风子科 Flacourtiaceae	山桐子属 <i>Idesia</i> Maxim.	毛叶山桐子 <i>I. polycarpa</i> var. <i>vestita</i>	T	1.758	C
葫芦科 Cucurbitaceae	赤爬属 <i>Thladiantha</i> Bunge	南赤爬 <i>T. nudiflora</i>	V	25.964	D
藤黄科 Guttiferae	金丝桃属 <i>Hypericum</i> L.	小连翘 <i>H. erectum</i>	H	0.040	A
蔷薇科 Rosaceae	石楠属 <i>Photinia</i> Lindl.	中华石楠 <i>P. beauverdiana</i>	T	18.746	D
蔷薇科 Rosaceae	石楠属 <i>Photinia</i> Lindl.	绒毛石楠 <i>P. schneideriana</i>	T	12.482	D
蔷薇科 Rosaceae	悬钩子属 <i>Rubus</i> L.	高粱泡 <i>R. lambertianus</i>	S	0.693	C
蔷薇科 Rosaceae	悬钩子属 <i>Rubus</i> L.	灰白毛莓 <i>R. tephrodes</i>	S	1.668	C
蝶形花科 Papilionaceae	杭子梢属 <i>Campylotropis</i> Bunge	杭子梢 <i>C. macrocarpa</i>	S	12.679	D
蝶形花科 Papilionaceae	野百合属 <i>Crotalaria</i> L.	野百合 <i>C. sessiliflora</i>	H	2.254	C
蝶形花科 Papilionaceae	长柄山蚂蝗属 <i>Podocarpium</i> (Benth.) Yang et Huang	尖叶长柄山蚂蝗 <i>P. podocarpum</i> var. <i>oxyphyllum</i>	S	10.718	D
荨麻科 Urticaceae	苈麻属 <i>Boehmeria</i> Jacq.	细苈麻 <i>B. gracilis</i>	H	0.097	B
荨麻科 Urticaceae	苈麻属 <i>Boehmeria</i> Jacq.	悬铃叶苈麻 <i>B. tricuspis</i>	S	1.906	C
荨麻科 Urticaceae	冷水花属 <i>Pilea</i> Lindl.	粗齿冷水花 <i>P. sinofasciata</i>	H	0.099	B
冬青科 Aquifoliaceae	冬青属 <i>Ilex</i> L.	冬青 <i>I. chinensis</i>	T	79.370	E
卫矛科 Celastraceae	卫矛属 <i>Euonymus</i> L.	胶州卫矛 <i>E. kiautschovicus</i>	S	14.629	D
鼠李科 Rhamnaceae	鼠李属 <i>Rhamnus</i> L.	冻绿 <i>R. utilis</i>	T	19.177	D
芸香科 Rutaceae	吴茱萸属 <i>Evodia</i> J. R. et G. Forst.	臭辣吴茱萸 <i>E. fargesii</i>	T	6.594	D
山矾科 Symplocaceae	山矾属 <i>Symplocos</i> Jacq.	四川山矾 <i>S. setchuensis</i>	T	63.528	E
木犀科 Oleaceae	梣属 <i>Fraxinus</i> L.	小叶梣 <i>F. bungeana</i>	T	21.031	D
萝藦科 Asclepiadaceae	鹅绒藤属 <i>Cynanchum</i> L.	牛皮消 <i>C. auriculatum</i>	V	5.338	D
忍冬科 Caprifoliaceae	接骨木属 <i>Sambucus</i> L.	接骨草 <i>S. chinensis</i>	H	1.246	C
忍冬科 Caprifoliaceae	锦带花属 <i>Weigela</i> Thunb.	半边月 <i>W. japonica</i> var. <i>sinica</i>	T	0.093	B
败酱科 Valerianaceae	败酱属 <i>Patrinia</i> Juss.	攀倒甍 <i>P. villosa</i>	H	0.545	C

续表 1 Table 1 (Continued)

科 Family	属 Genus	种或变种 Species or variety	生活型 <sup>1)</sup> Life-form <sup>1)</sup>	千粒质量/g 1 000-grain weight	等级 <sup>2)</sup> Class <sup>2)</sup>
菊科 Compositae	蒿属 <i>Artemisia</i> L.	奇蒿 <i>A. anomala</i>	H	0.045	A
菊科 Compositae	蒿属 <i>Artemisia</i> L.	茵陈蒿 <i>A. capillaris</i>	H	0.015	A
菊科 Compositae	鬼针草属 <i>Bidens</i> L.	大狼把草 <i>B. frondosa</i>	H	1.815	C
菊科 Compositae	天名精属 <i>Carpesium</i> L.	天名精 <i>C. abrotanoides</i>	H	0.268	B
菊科 Compositae	泽兰属 <i>Eupatorium</i> L.	多须公 <i>E. chinense</i>	H	0.377	B
菊科 Compositae	牛膝菊属 <i>Galinsoga</i> Ruiz et Pav.	牛膝菊 <i>G. parviflora</i>	H	0.134	B
菊科 Compositae	苦苣菜属 <i>Ixeris</i> Cass.	苦苣菜 <i>I. denticulata</i>	H	0.303	B
菊科 Compositae	马兰属 <i>Kalimeris</i> Cass.	马兰 <i>K. indica</i>	H	0.316	B
菊科 Compositae	火绒草属 <i>Leontopodium</i> R. Br.	薄雪火绒草 <i>L. japonicum</i>	H	0.084	B
菊科 Compositae	翅果菊属 <i>Pterocysela</i> Shih	多裂翅果菊 <i>P. laciniata</i>	H	0.761	C
菊科 Compositae	豨薟属 <i>Siegesbeckia</i> L.	豨薟 <i>S. orientalis</i>	H	0.628	C
菊科 Compositae	豨薟属 <i>Siegesbeckia</i> L.	腺梗豨薟 <i>S. pubescens</i>	H	1.195	C
龙胆科 Gentianaceae	双蝴蝶属 <i>Tripterospermum</i> Blume	细茎双蝴蝶 <i>T. filicaule</i>	V	0.473	B
报春花科 Primulaceae	珍珠菜属 <i>Lysimachia</i> L.	轮叶过路黄 <i>L. klattiana</i>	H	0.544	C
桔梗科 Campanulaceae	沙参属 <i>Adenophora</i> Fisch.	石沙参 <i>A. polyantha</i>	H	2.050	C
茄科 Solanaceae	酸浆属 <i>Physalis</i> L.	挂金灯 <i>P. alkekengi</i> var. <i>franchetii</i>	H	1.114	C
茄科 Solanaceae	茄属 <i>Solanum</i> L.	千年不烂心 <i>S. cathayanum</i>	V	0.425	B
玄参科 Scrophulariaceae	阴行草属 <i>Siphonostegia</i> Benth.	腺毛阴行草 <i>S. laeta</i>	H	0.072	B
玄参科 Scrophulariaceae	蝴蝶草属 <i>Torenia</i> L.	光叶蝴蝶草 <i>T. glabra</i>	H	0.021	A
马鞭草科 Verbenaceae	紫珠属 <i>Callicarpa</i> L.	白棠子树 <i>C. dichotoma</i>	S	7.414	D
马鞭草科 Verbenaceae	紫珠属 <i>Callicarpa</i> L.	老鸦糊 <i>C. giraldii</i>	S	4.788	C
谷精草科 Eriocaulaceae	谷精草属 <i>Eriocaulon</i> L.	谷精草 <i>E. buergerianum</i>	H	0.230	B
姜科 Zingiberaceae	姜属 <i>Zingiber</i> Mill.	囊荷 <i>Z. mioga</i>	H	24.108	D
百合科 Liliaceae	油点草属 <i>Tricyrtis</i> Wall.	油点草 <i>T. macropoda</i>	H	0.454	B
莎草科 Cyperaceae	蘆草属 <i>Scirpus</i> L.	华东蘆草 <i>S. karuzawensis</i>	H	0.020	A
莎草科 Cyperaceae	蘆草属 <i>Scirpus</i> L.	庐山蘆草 <i>S. lushanensis</i>	H	0.096	B
禾本科 Poaceae	淡竹叶属 <i>Lophantherum</i> Brongn.	淡竹叶 <i>L. gracile</i>	H	2.341	C

<sup>1)</sup> H: 草本 Herb; S: 灌木 Shrub; T: 乔木 Tree; V: 藤本 Vine.

<sup>2)</sup> A: 0-0.05 g; B: 0.05-0.5 g; C: 0.5-5 g; D: 5-50 g; E: 50-500 g.

## 2.2 种子大小与生活型的关系分析

天马自然保护区 61 种常见秋熟植物分属于草本、灌木、乔木和藤本 4 种生活型, 方差分析结果显示: 4 种生活型植物的种子大小存在极显著差异 ( $F = 9.994, Sig. = 0.000$ )。4 种生活型按种子从大至小依次排序为: 乔木、藤本、灌木、草本。

乔木的种子千粒质量与其他生活型植物均有极显著差异。乔木的种子千粒质量平均值为 24.753 g, 绝大多数为 10 ~ 80 g, 如四川山矾、冬青、小叶榕、冻绿 (*Rhamnus utilis* Decne.) 等, 仅半边月 [*Weigela japonica* var. *sinica* (Rehd.) Baily] 的种子较小, 千粒质量仅为 0.093 g。

藤本的种子千粒质量平均值为 6.884 g, 其中, 南赤藤 (*Thladiantha nudiflora* Hemsl.) 的种子较大, 千粒质量达 25.964 g; 千年不烂心 (*Solanum cathayanum* C. Y. Wu et S. C. Huang) 的种子较小, 千粒质量仅

0.425 g。

灌木的种子千粒质量平均值为 6.812 g, 其中, 胶州卫矛 (*Euonymus kiautschovicus* Loes.)、杭子梢 [*Campylotropis macrocarpa* (Bunge) Rehd.] 和尖叶长柄山蚂蝗 [*Podocarpium podocarpum* var. *oxyphyllum* (DC.) Yang et Huang] 的种子较大, 千粒质量为 10 ~ 15 g; 而高粱泡 (*Rubus lambertianus* Ser.) 的种子最小, 千粒质量仅为 0.693 g。

草本的种子较小, 千粒质量平均值仅为 1.601 g, 其中, 种子质量最轻的 5 个种类为茵陈蒿、华东蘆草、光叶蝴蝶草、小连翘和奇蒿; 千粒质量小于 0.1 g 的种类主要集中在菊科 (3 种)、莎草科 (Cyperaceae, 2 种)、荨麻科 (Urticaceae, 2 种) 和玄参科 (Scrophulariaceae, 2 种) 中; 虽然大多数草本种类种子较小, 但也有少数草本种类种子较大, 如囊荷 [*Zingiber mioga* (Thunb.) Rosc.]、石沙参 (*Adenophora*



*polyantha* Nakai)、小蓼花 (*Polygonum muricatum* Meisn.)、戟叶蓼 (*P. thunbergii* Sieb. et Zucc.) 和老鹳草 (*Geranium wilfordii* Maxim.) 等,特别是囊荷的种子千粒质量达到 24.108 g。

### 2.3 科的种子大小分析

天马自然保护区 61 种常见秋熟植物隶属于 33 科,各科种子平均千粒质量见表 2。从表 2 可见:冬青科 (Aquifoliaceae) 和山矾科 (Symplocaceae) 植物的种子最大,千粒质量平均值分别是 79.370 和 63.528 g;其次是葫芦科 (Cucurbitaceae)、姜科 (Zingiberaceae)

和桔梗科 (Campanulaceae),种子千粒质量平均值分别为 25.964、24.108 和 20.500 g;玄参科、莎草科、藤黄科 (Guttiferae)、谷精草科 (Eriocaulaceae)、柳叶菜科 (Onagraceae) 和石竹科 (Caryophyllaceae) 植物的种子较小,千粒质量平均值分别为 0.047、0.058、0.040、0.230、0.232 和 0.272 g。

方差分析结果表明:不同科之间的种子大小具有极显著的差异 ( $F=30.037$ ,  $Sig.=0.000$ ),但从系统发育方向来看,各科的种子大小排序与系统发育方向并没有显著相关性 ( $R=-0.16$ ,  $Sig.=0.905$ )。

表 2 天马自然保护区常见秋熟植物(种子数量在 500 粒以上)科的种子平均千粒质量比较

Table 2 Comparison of average 1 000-grain weight of seeds in different families of common autumn-matured plants (seed number above 500 grains) in Tianma Nature Reserve

科名 Family name	千粒质量/g 1 000-grain weight	科名 Family name	千粒质量/g 1 000-grain weight	科名 Family name	千粒质量/g 1 000-grain weight
毛茛科 Ranunculaceae	1.838	荨麻科 Urticaceae	0.701	龙胆科 Gentianaceae	0.473
石竹科 Caryophyllaceae	0.272	冬青科 Aquifoliaceae	79.370	报春花科 Primulaceae	0.544
蓼科 Polygonaceae	4.150	卫矛科 Celastraceae	14.629	桔梗科 Campanulaceae	20.500
苋科 Amaranthaceae	2.365	鼠李科 Rhamnaceae	19.177	茄科 Solanaceae	0.770
牻牛儿苗科 Geraniaceae	3.884	芸香科 Rutaceae	6.594	玄参科 Scrophulariaceae	0.047
柳叶菜科 Onagraceae	0.232	山矾科 Symplocaceae	63.528	马鞭草科 Verbenaceae	6.101
大风子科 Flacourtiaceae	1.758	木犀科 Oleaceae	21.031	谷精草科 Eriocaulaceae	0.230
葫芦科 Cucurbitaceae	25.964	萝藦科 Asclepiadaceae	5.338	姜科 Zingiberaceae	24.108
藤黄科 Guttiferae	0.040	忍冬科 Caprifoliaceae	0.670	百合科 Liliaceae	0.454
蔷薇科 Rosaceae	8.397	败酱科 Valerianaceae	0.545	莎草科 Cyperaceae	0.058
蝶形花科 Papilionaceae	8.550	菊科 Compositae	0.495	禾本科 Poaceae	2.341

### 2.4 种子大小与种子产量的关系分析

从 61 种植物的种子数量(详细数据表略)来看:种子数量在 20 000 ~ 100 000 粒的种类有华东蕪草、庐山蕪草 (*Scirpus lushanensis* Ohwi)、多须公、奇蒿、茵陈蒿、苦苣菜 [*Ixeris denticulata* (Houtt.) Stebb.]、天名精 (*Carpesium abrotanoides* L.)、大狼把草 (*Bidens frondosa* L.) 和薄雪火绒草 (*Leontopodium japonicum* Miq.) 等,多数属于菊科;种子数量在 5 000 ~ 20 000 粒的种类有千年不烂心、小连翘、多裂翅果菊 [*Pterocysela laciniata* (Houtt.) Shih]、腺毛阴行草 (*Siphonostegia laeta* S. Moore)、淡竹叶 (*Lophantherum gracile* Brongn.)、少毛牛膝 (*Achyranthes bidentata* var. *japonica* Miq.) 和油点草 (*Tricyrtis macropoda* Miq.) 等;种子数量在 1 000 ~ 10 000 粒的种类有光叶蝴蝶草、接骨草 (*Sambucus chinensis* Lindl.)、臭辣吴萸 (*Evodia fargesii* Dode.)、杭子梢、白棠子树 [*Callicarpa dichotoma* (Lour.) K. Koch]、女娄 (*Clematis apiifolia*

DC.) 和鹤草 (*Silene fortunei* Vis.) 等;种子数量在 1 000 粒以下、500 粒以上的种类有囊荷、绒毛石楠 (*Photinia schneideriana* Rehd. et Wils.)、粗齿冷水花 (*Pilea sinofasciata* C. J. Chen)、戟叶蓼和老鹳草。

将种子数量较多的 9 个种类与种子大小较小的 9 个种类进行比较,结果显示:共同种类有茵陈蒿、华东蕪草、奇蒿、薄雪火绒草和庐山蕪草。将各种类的种子千粒质量与种子数量的自然对数进行相关性分析,结果显示:种子千粒质量与种子数量有显著的负相关性 ( $R=-0.276$ ,  $Sig.=0.031$ )。

## 3 讨论和结论

植物种子大小的频度分布格局一般有 2 种:一种格局是小种子物种很多、大种子物种很少,如美国亚里桑那州沙漠生态系统和英国北部的禾草群落<sup>[22]</sup>以及青藏高原东缘地区常见植物的种子大小频度分布

格局<sup>[21]</sup>;另一种格局是种子大小中度的物种较多,而小种子和大种子物种较少,如地中海沿岸沙丘生态系统<sup>[23]</sup>。在天马自然保护区61种常见的秋季成熟植物中,整体来看,具有中度大小种子(千粒质量0.5~5g)的种类最多,小种子和大种子种类较少,符合正态分布,与上述2种格局的后者相符。参照文献[10]可知:天马自然保护区的植被类型属亚热带常绿阔叶林向暖温带落叶阔叶林过渡型,应具有种子千粒质量大于100g的种类,而本研究所采集的种类中最大的种子千粒质量不超过80g,可能与本研究取样数量相对偏少有关。本研究仅涉及61种植物,且乔木种类较少,因此,其种子大小频度分布结果能否真实反映天马自然保护区植物种子大小频度的真实概况,还有待于增加取样数量后进行进一步的深入研究。

种子大小与生活型相关,一般情况下,从草本、灌木到乔木,种子大小有不断增大的趋势<sup>[4, 21, 24-28]</sup>,本研究结果也印证了这一点。在采集的61种植物中,种子最大的前5个种类中有3种为乔木,种子最小的5个种类则均为草本植物,说明大种子主要由乔木种类产生,小种子主要由草本种类产生。有学者从不同生活型植株在垂直空间占据的能力和程度的角度解释生活型对种子大小的影响机制,即“植株高大的乔木占据更多的空间资源(如光照等),因此,种子相对较大,反之则较小”<sup>[4, 29]</sup>;也有不少学者从扩散的角度<sup>[30-31]</sup>来理解生活型对种子大小的影响机制,即“种子的扩散不但直接受到种子大小的影响,而且与母本植株的高度有关<sup>[1, 32]</sup>,较高的植物能够补偿较大的种子以获得理想的散播距离<sup>[1]</sup>”。本研究中,藤本植物南赤藤种子较大,千粒质量为25.964g,野生状态下南赤藤攀援高度较高,可以达到5m;而千年不烂心和细茎双蝴蝶 [*Tripterospermum filicaule* (Hemsl.) H. Smith] 种子较小,千粒质量分别仅为0.425和0.473g,且攀援高度较低,这种差异恰好可以用扩散角度的理论来解释生活型对种子大小的影响机制。目前,关于生活型对种子大小的影响机制还没有统一的认识<sup>[4]</sup>,虽然不少学者认为植物生活型与种子大小有关<sup>[4, 21, 24-28]</sup>,但个别学者的研究结果却未能证实植物生活型与种子大小具有明显的相关性<sup>[20]</sup>。

关于种子大小与系统进化的关系问题仅有少量研究报道<sup>[24]</sup>。从本研究结果来看,系统发育方向对植物种子大小的变异方向没有明显的影响作用,这与陈红等<sup>[4]</sup>的研究结果一致,但是科与科之间种子大小

却有极显著的差异。例如,本研究中采集到的12种菊科植物全部为草本种类,该科种子平均千粒质量属于最小的A级;再如,采集到的4种蔷薇科(Rosaceae)植物均为木本植物,该科种子平均千粒质量属于D级。因此,可以认为同科种类的生活型所占比例在很大程度上决定该科植物的平均种子大小。不少学者也认为,不同物种之间种子大小的变异主要归因于系统发育的限制<sup>[33-35]</sup>。因此,种子大小与系统进化学和植物分类学的结合将是未来种子大小生态学的重要研究方向之一<sup>[24]</sup>。

已有的研究表明:在繁殖分配值既定的条件下,种子数量和种子大小存在权衡关系,小粒种子常伴有大的产种量<sup>[22, 36-37]</sup>。本研究结果也说明种子大小与种子产量具有负相关性。在天马自然保护区,具有小粒种子的植物往往种群数量较大,且每一植株上的种子数量也很丰富,如茵陈蒿、华东蕪草、奇蒿和薄雪火绒草等种类。推测小粒种子植物植株数量较多可能与小粒种子易于扩散有关<sup>[20]</sup>,小粒种子植物也因其具有较多的种子数量和较强的拓殖能力而成为广布种(在较大的空间范围,如全球、洲际和区域尺度内)<sup>[10]</sup>。从野外调查结果来看,大种子种类产种数量较少是因为植株个体或结实个体较少,或单株结实量较少。如冬青和四川山矾,分别仅有1株结实,从而导致产种量较低;再如藁荷,虽然植株数量不算很少,但每株藁荷的产种量十分有限,因此总体上这类植物的种子产量均较低。

**致谢:**合肥师范学院2008级学生姜九龙和刘旭升以及2009级学生王冬、徐柳华、白雅洁和周虎等参加了野外种子采集和室内种子处理工作,2008级学生庞倩倩和刘兰芳等参加了种子千粒质量测量工作,特此致谢!

#### 参考文献:

- [1] FENNER M, THOMPSON K. The Ecology of Seeds[M]. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- [2] WESTOBY M, JURADO E, LEISHMAN M. Comparative evolutionary ecology of seed size[J]. Trends in Ecology and Evolution, 1992, 7(11): 368-372.
- [3] 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): 353-364.
- [4] 陈红, 马益新, 王海洋. 缙云山常绿阔叶林木本植物种子大小变异及成因探讨[J]. 林业科学, 2008, 44(3): 156-161.
- [5] XIAO Z S, ZHANG Z B, WANG Y S. Dispersal and germination of big and small nuts of *Quercus serrata* in a subtropical broad-leaved evergreen forest[J]. Forest Ecology and Management, 2004, 195

- (1/2): 141-150.
- [6] CHRISTIE D A, ARMESTO J J. Regeneration microsites and tree species coexistence in temperate rain forests of Chiloé Island, Chile [J]. *Journal of Ecology*, 2003, 91(5): 776-784.
- [7] MOLES A T, WESTOBY M. Latitude, seed predation and seed mass [J]. *Journal of Biogeography*, 2003, 30(1): 105-128.
- [8] PEARSON T R H, BURSLEM D F R P, MULLINS C E, et al. Functional significance of photoblastic germination in neotropical pioneer trees: a seed's eye view[J]. *Functional Ecology*, 2003, 17(3): 394-402.
- [9] KOBAYASHI T, OKAMOTO K, HORI Y. Variations in size structure, growth and reproduction in Japanese plantain (*Plantago asiatica* L.) between exposed and shaded populations [J]. *Plant Species Biology*, 2001, 16(1): 13-28.
- [10] 齐威. 青藏高原东缘种子大小的分布、变异和进化规律研究[D]. 甘肃:兰州大学生命科学学院, 2010.
- [11] FOSTER S A, JANSON C H. The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants [J]. *Ecology*, 1985, 66(3): 773-780.
- [12] BAKER H G. Seed weight in relation to environmental conditions in California[J]. *Ecology*, 1972, 53(6): 997-1010.
- [13] HARPER J L, LOVELL P H, MOORE K G. The shapes and sizes of seeds[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1970, 1: 327-356.
- [14] RADTKE T M. Granivore seed-size preferences[J]. *Seed Science Research*, 2011, 21(2): 81-83.
- [15] ZHAO L P, WU G L, CHENG J M. Seed mass and shape are related to persistence in a sandy soil in northern China[J]. *Seed Science Research*, 2011, 21(1): 47-53.
- [16] VENABLE D L, REES M. The scaling of seed size[J]. *Journal of Ecology*, 2009, 97(1): 27-31.
- [17] PAUL-VICTOR C, TURNBULL L A. The effect of growth conditions on the seed size/number trade-off[J]. *PLoS One*, 2009, 4(9): 1-10.
- [18] MOLES A T, ACKERLY D D, TWEDDLE J C, et al. Global patterns in seed size[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2007, 16(1): 109-116.
- [19] MOLES A T, WESTOBY M. Seed size and plant strategy across the whole life cycle[J]. *Oikos*, 2006, 113(1): 91-105.
- [20] 刘志民, 李荣平, 李雪花, 等. 科尔沁沙地69种植物种子重量比较研究[J]. *植物生态学报*, 2004, 28(2): 225-230.
- [21] 杨霞, 梁艳, 陈学林. 青藏高原东缘地区常见植物种子大小变异研究[J]. *生态科学*, 2007, 26(6): 483-489.
- [22] GUO Q J, BROWN J H, VALONE T J, et al. Constraints of seed size on plant distribution and abundance[J]. *Ecology*, 2000, 81(8): 2149-2155.
- [23] 于顺利, MARCELO S, 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.
- [24] 于顺利, 陈宏伟, 李晖. 种子重量的生态学研究进展[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(6): 989-997.
- [25] LEISHMAN M R, WESTOBY M. Hypotheses on seed size: tests using the semiarid flora of western New South Wales, Australia[J]. *The American Naturalist*, 1994, 143(5): 890-906.
- [26] LEISHMAN M R, WESTOBY M. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions-experimental evidence from semi-arid species[J]. *Journal of Ecology*, 1994, 82(2): 249-258.
- [27] SILVERTOWN J W. Seed size, life span, and germination data as coadapted features of plant life history [J]. *The American Naturalist*, 1981, 118(6): 860-864.
- [28] VENABLE D L. Size-number trade-offs and the variation of seed size with plant resource status[J]. *The American Naturalist*, 1992, 140(2): 287-304.
- [29] 梁士楚, 王伯荪. 红树植物木榄种群高度结构的分形特征[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(4): 408-412.
- [30] THOMPSON K, RABINOWITZ D. Do big plants have big seeds? [J]. *The American Naturalist*, 1989, 133(5): 722-728.
- [31] AUGSPURGER C K, FRANSON S E. Wind dispersal of artificial fruits varying in mass, area and morphology[J]. *Ecology*, 1987, 68(1): 27-42.
- [32] COOMES D A, GRUBB P J. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 2003, 18(6): 283-291.
- [33] MAZER S J. Seed mass of Indiana Dune genera and families: taxonomic and ecological correlates [J]. *Evolutionary Ecology*, 1990, 4(4): 326-357.
- [34] KELLY C K. Seed size in tropical trees a comparative study of factors affecting seed size in Peruvian angiosperms[J]. *Oecologia*, 1995, 102(3): 377-388.
- [35] LORD J, WESTOBY M, LEISHMAN M R. Seed size and phylogeny in six temperate floras: constraints, niche conservatism, and adaptation [J]. *The American Naturalist*, 1995, 146(3): 349-364.
- [36] LEISHMAN M R. Does the seed size/number trade-off model determine plant community structure? An assessment of the model mechanisms and their generality[J]. *Oikos*, 2001, 93(2): 294-302.
- [37] WEIHER E, van der WERF A, THOMPSON K, et al. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology[J]. *Journal of Vegetation Science*, 1999, 10(5): 609-620.