

安徽万佛山自然保护区常见植物种子大小变异

陈延松^{1,2} 周守标^{1*} 欧祖兰² 徐忠东² 洪欣¹

¹安徽师范大学重要生物资源保护与利用研究安徽省重点实验室, 安徽芜湖 241000; ²合肥师范学院生命科学系, 合肥 230601

摘要 采用样方法收集了安徽万佛山自然保护区常见的206种植物的种子, 通过测量种子千粒重, 研究了种子大小(seed mass, *SM*)在不同分类水平及生活型间的变异规律。结果表明: 1) *SM*在植物种间变异较大, 从小到大分为A、B、C、D、E、F、G 7个数量级, *SM*平均为21.487 g; C级种子(0.1 g ≤ *SM* < 1.0 g)最多, 共计73种, 占35.4%; D级种子(1.0 g ≤ *SM* < 10.0g)次之, 共计56种, 占27.2%; 野菰(*Aeginetia indica*)种子最小, 仅为0.006 g; 木鳖子(*Momordica cochinchinensis*)种子最大, 重达1 775.192 g。2) *SM*在科间(平均种子大小)存在极显著差异($p < 0.001$), 且变异沿系统发育方向呈显著变小趋势($r = -0.079, p = 0.048$)。其中, *SM*较大的5个科分别为葫芦科、柿树科、楝科、安息香科和金缕梅科; *SM*较小的5个科分别为列当科、兰科、秋海棠科、苦苣苔科和灯心草科。3)该研究中植物的生活型分为8种类型。其中, 多年生草本优势明显, 计83种, 占39.9%, *SM*变异包括A–E 5个数量级; 一年生草本次之, 计60种, 占28.8%, *SM*变异包括A–F 6个数量级; 灌木第三, 计34种, 占16.3%, *SM*变异包括B–F 5个数量级。*SM*在8种生活型间(平均种子大小)也存在极显著差异($p < 0.001$); 从大到小分别为藤本、乔木、灌木、一年生草本、多年生草本、半灌木、一二年生草本、二或多年生草本; 从草本、半灌木、灌木、乔木到藤本, *SM*与生活型具有极显著的正相关性($r = 0.220, p < 0.001$)。4)种类较多的菊科、禾本科、莎草科及蔷薇科, 各科内属间*SM*也存在极显著差异($p < 0.001$)。本研究结果有助于加深对植物生活史对策中的种子大小对策的理解, 提高对森林植被的管理水平, 丰富保育生态学的种子恢复理论。

关键词 生活型, 系统发育, 种子大小, 万佛山自然保护区

Seed mass variation in common plant species in Wanfoshan Natural Reservation Region, Anhui, China

CHEN Yan-Song^{1,2}, ZHOU Shou-Biao^{1*}, OU Zu-Lan², XU Zhong-Dong², and HONG Xin¹

¹Anhui Provincial Key Laboratory of the Conservation and Exploitation of Biological Resources, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China; and ²Department of Life Sciences, Hefei Normal University, Hefei 230601, China

Abstract

Aims Our objective was to investigate seed mass variation within species, genera and families, as well as its relationships with life form and plant phylogeny.

Methods Seeds were collected at the Wanfoshan Natural Reservation Region from July to October 2011. Air-dried weight of 100 diaspores, including seeds and indehiscent and single-seeded fruit, was measured for each of three replicates. Seed mass variation and ecological significance were analyzed.

Important findings Seed mass varied greatly from 10^{-3} g to 10^3 g. The seed mass distribution of various species was normal, as checked by the Kolmogorov-Smirnov Test. The mean weight of 1 000 diaspores was 21.487 g. The seed mass of *Momordica cochinchinensis* (1 775.192 g) and *Aeginetia indica* (0.006 g) were the heaviest and lightest, respectively. More than 60% of the species had a mean seed mass between 0.1 and 10.0 g. The seed mass of 105 species was < 1.0 g. There were significant differences of seed mass among 68 families and eight life forms, as determined by one-way analysis of variance ($p < 0.001$). Pearson's relative analysis showed a negative relationship between seed mass and phylogeny ($r = -0.079, p = 0.048$) and a positive relationship between seed mass and life forms ($r = 0.220, p < 0.001$). A significant difference was also detected at the generic level ($p < 0.001$) in some families, including Compositae, Poaceae, Cyperaceae and Rosaceae.

Key words life form, phylogeny, seed mass, Wanfoshan Natural Reservation Region

以种子为研究对象的种子生态学已发展成现代植物生态学、进化生物学领域的研究热点之一 (Baskin & Baskin, 2001; 黄振英, 2010)。其中, 种子大小 (seed mass) 及其对策具有重要的生态学意义 (Moles *et al.*, 2000), 它是植物生活史对策中的核心特征之一 (Westoby *et al.*, 1992), 也被认为是探讨植物种群、群落基本生态功能及植被保育与生物多样性保护等的重要研究手段 (Fenner & Thompson, 2005)。在国外, 有关植物种子大小对策的研究已有很多报道 (Thompson *et al.*, 1993; Leishman & Westoby, 1994; Moles *et al.*, 2004; Münzbergová & Plačková, 2010; Ayari *et al.*, 2011)。国内关于种子大小变异的研究已经引起生态学家的广泛关注, 研究区域主要集中在典型生态系统或生态系统敏感区。例如典型草原120个物种的种子大小研究 (仲延凯等, 2001); 科尔沁沙地69种植物种子重量的比较研究 (刘志民等, 2004); 青藏高原东缘地区常见植物种子大小变异研究 (杨霞等, 2007); 中国北部砂壤土中种子持久性与种子大小及形态的关系研究 (Zhao *et al.*, 2011) 等。但由于目前的主要研究是在建立在局限的群落或生态系统研究基础上的, 致使关于种子大小的变异机制 (如种子大小与植物系统发育的关系, 种子大小与植物生活型的关系等 (Moles *et al.*, 2005)) 以及进化意义一直存在争议 (张世挺等, 2003), 因此, 有必要在更广泛的区域上进一步通过实验研究来验证和补充有关种子大小变异理论。

大别山地处北亚热带与北温带的过渡区, 又位于我国大陆第二、三级阶梯的交界处, 在自然地理上具有“南北过渡, 襟带东西”的显著特征, 是重要的南北自然地理分界处 (陈延松等, 2008)。然而, 对该区域的种子大小生态学研究基本处于空白状态, 如该区域内植物种子大小变异性如何? 不同大小的种子对该区域植被更新的贡献力如何? 种子大小与该区域的植物多度和丰富度的关系如何? 鉴于此, 近年来我们从植物区系物种组成的角度, 初步开展了对大别山区天马国家级自然保护区61种植物种子大小变异的研究 (欧祖兰等, 2012)。为通过比较典型的北温带及北亚热带区系植物种子生态综合特征, 深入探讨植物区系内、区系间种子大小变异式样及适应性进化, 积累该交错区域的种子生态学基础资料, 本文从不同植物分类水平以及植物

生活型等方面, 进一步研究了大别山区东南麓万佛山自然保护区206种常见植物的种子大小的变异性, 同时也为大别山区植被保护与管理提供种子恢复与保育生态学 (Seed restoration and conservation ecology) 理论依据 (Akinola *et al.*, 1998)。

1 材料和方法

1.1 万佛山自然保护区概况

万佛山自然保护区 (31°01′–31°05′ N, 116°31′–116°34′ E) 位于大别山区中心偏东南, 海拔400–1 539 m, 最高峰老佛顶, 面积达100 km², 区内地势险峻, 生境复杂, 植物资源丰富, 区系地理成分复杂, 起源古老, 特有现象明显, 单型科属、古老、珍稀、孑遗植物较多, 表现为多种成分相互渗透和过渡, 但以北温带分布成分为主, 现有种子植物116科502属1 010种 (邹联新和吴国芳, 1997)。落叶阔叶林为该区天然的特征性植被, 另有常绿阔叶林、常绿阔叶-落叶阔叶混交林、山地矮林、针叶林等主要植被类型。

该区地质特征为变质岩系, 主要由花岗岩和片麻岩构成, 地带性土壤为黄棕壤。海拔850 m以下为山地黄棕壤, 850 m以上为山地棕壤, 山顶局部为草甸土, 土壤的结构组成为轻砂壤, 含石量为10%–30%, 腐殖质含量较多, pH值在4.5–6.5之间。保护区属于季风显著、湿润温暖、雨水适中、四季分明等特点的北亚热带湿润季风气候区。据万佛山自然保护区管理处的气候资料: 年平均气温13.6 °C, 极端最高气温39.4 °C, 极端最低气温–10.3 °C, 最热月为7月, 平均气温27 °C, 最冷月为1月, 平均气温为2 °C; 年降水量1 574 mm, 相对湿度在70%以上; 无霜期约220天 (刘守金等, 2007)。

1.2 研究方法

1.2.1 种子的采集与处理方法

种子采集: 采集时间为2011年7–10月, 共采集4次, 每个月采集时间约1周。在保护区内4条代表性路线 (共约50 km) 上设置155个标准样方 (其中, 乔木类样地面积以20 m × 20 m = 400 m²为标准; 灌木类以5 m × 5 m = 25 m²为标准; 草本类以1 m × 1 m = 1 m²为标准), 并进行种子采集。种子采集原则为单株种子采集量不超过其当年结实量的20%, 即, 以不影响居群自然更新为宜 (Ngulube *et al.*, 1997; Hay & Smith, 2003)。并以获得种子数量在500粒以上的

物种作为研究对象。

种子处理: 对于肉质果, 及时洗去果肉并进行通风晾干; 对于干果, 及时自然风干, 待果皮干燥后搓掉果皮或让种子自然干燥脱落(刘志民等, 2004; 欧祖兰等, 2012)。

1.2.2 种子大小的测定与生活型的划分

测量对象: 根据前人研究方法(Thompson *et al.*, 1993), 本研究对于以果核、翅果、颖果以及连萼瘦果等繁殖体为传播单位的种类以果实为测量对象, 其他则以种子为测量对象, 详见附录I。

测量方法: 随机选取每种已风干种子100粒, 部分特别细小的种子则选取200粒, 如野菰(*Aeginetia indica*)、无柱兰(*Amitostigma gracile*)等。用精确度为1/10 000的电子天平称重, 重复3次取其平均值, 计算千粒重量。将种子大小(seed mass, 以SM表示种子千粒重量)划分成7级(Janzen, 1977; 张世挺等, 2003), 即A: $SM < 0.01$ g, B: 0.01 g $\leq SM < 0.1$ g, C: 0.1 g $\leq SM < 1.0$ g, D: 1.0 g $\leq SM < 10$ g, E: 10 g $\leq SM < 100$ g, F: 100 g $\leq SM < 1\ 000$ g, G: $SM > 1\ 000$ g。

生活型划分: 依据《中国植物志》(1959–2005)及《安徽植物志》(1987, 1990–1992), 将本研究植物类群分为8类生活型, 即一年生草本、多年生草本、一二年生草本、二或多年生草本、半灌木、灌木、

乔木与藤本。

1.3 数据分析

基于SPSS 13.0 for Windows软件包, 对该区域常见植物的种子大小变异进行了描述性统计分析, 并利用方差分析及相关分析方法, 对不同科、属、种及生活型间种子大小变异性与相关性进行分析。

2 结果和分析

2.1 万佛山自然保护区常见植物科属分布及其种子大小的频度分布谱

2011年7至11月, 共收集206种植物, 分属68科155属。其中菊科23种、禾本科18种、莎草科13种、蓼科及蔷薇科各11种, 分别占总种数的11.2%、8.7%、6.3%、5.3%和5.3%; 37个科只收集到1种(附录I)。

本研究以种子(果实)平均千粒重衡量种子大小。结果显示, 该保护区常见植物种子大小变化范围较大, 共包括A、B、C、D、E、F、G 7个数量级(10^{-3} – 10^3), 种子大小平均为21.487 g, 从种子大小按数量级分布来看, C级种子(0.1 g $\leq SM < 1$ g)最多, 包括73种, 占35.4%, 另外, A级种子2种占1.0%、B级种子30种占14.6%、D级种子56种占27.2%、E级种子37种占18.0%、F级种子7种占3.4%、G级种子1种占0.5%(图1A)。其中千粒重最小的5种

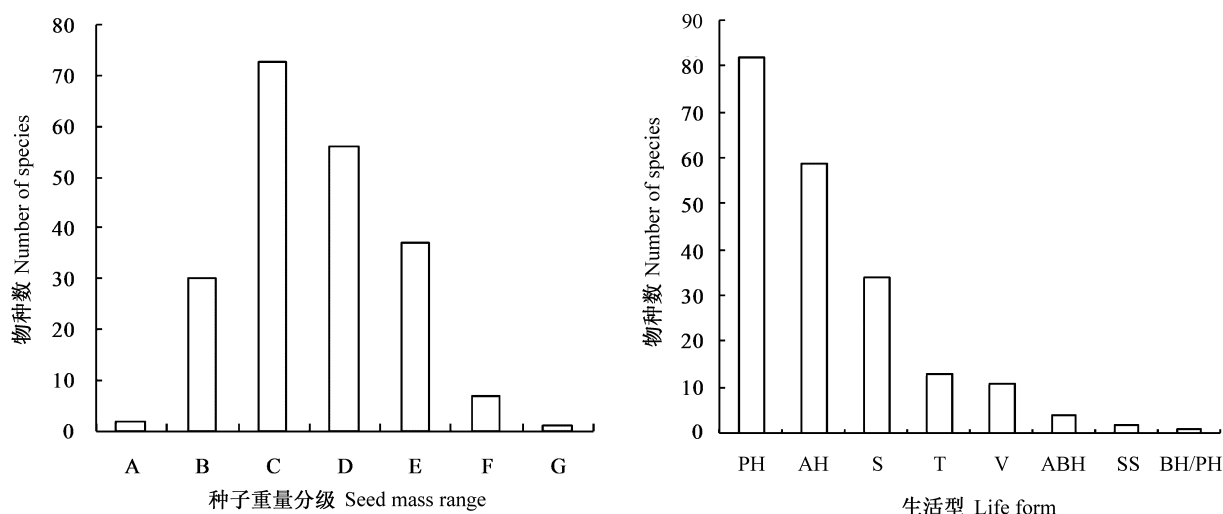


图1 安徽万佛山自然保护区206种植物的种子大小分级与生活型频度分布谱。A–G, 千粒重(SM)分别为: $SM < 0.01$ g, 0.01 g $\leq SM < 0.1$ g, 0.1 g $\leq SM < 1.0$ g, 1.0 g $\leq SM < 10$ g, 10 g $\leq SM < 100$ g, 100 g $\leq SM < 1\ 000$ g, $SM > 1\ 000$ g。ABH, 一二年生草本; AH, 一年生草本; BH/PH, 二或多年生草本; PH, 多年生草本; S, 灌木; SS, 半灌木; T, 乔木; V, 藤本。

Fig. 1 Frequency distributions of life forms and seed mass ranges for 206 plant species in Wanfoshan Natural Reservation Region, Anhui Province. A–G, seed mass per 1 000 diaspores (SM) is: $SM < 0.01$ g; 0.01 g $\leq SM < 0.1$ g; 0.1 g $\leq SM < 1.0$ g; 1.0 g $\leq SM < 10$ g; 10 g $\leq SM < 100$ g; 100 g $\leq SM < 1\ 000$ g; $SM > 1\ 000$ g. ABH, annual-biennial herb; AH, annual herb; BH/PH, biennial or perennial herb; PH, perennial herb; S, shrub; SS, semi-shrub; T, tree; V, vine.

分别为野菰0.006 g、无柱兰(*Amitostigma gracile*) 0.008 g、粉条儿菜(*Aletris spicata*)、中华秋海棠(*Begonia grandis* subsp. *sinensis*)及通泉草(*Mazus japonicus*) 0.011 g; 千粒重最大的5种分别为木鳖子(*Momordica cochinchinensis*) 1 775.192 g、李(*Prunus salicina*) 345.036 g、野柿(*Diospyros kaki*) 275.298 g、苍耳(*Xanthium sibiricum*) 197.138 g及白花龙(*Styrax faberi*) 132.714 g。

2.2 种子大小在不同分类水平上的变异性及相关性分析

单因素方差分析结果表明, 科间种子大小具有极显著差异($F = 173.804, p < 0.001$)。其中, 种子较大的5个科分别为葫芦科1 775.192 g、柿树科275.298 g、楝科115.765 g、安息香科115.576 g及金缕梅科93.111 g; 种子较小的5个科分别为列当科0.006 g、兰科0.008 g、秋海棠科0.011 g、苦苣苔科0.030 g及灯心草科0.034 g(表1)。

对种类较多的菊科($F = 4 566.678, p < 0.001$)、禾本科($F = 362.918, p < 0.001$)、莎草科($F = 10.392, p < 0.001$)及蔷薇科($F = 2 303.855, p < 0.001$)属间种子大小差异性统计分析显示, 4科内属间种子大小均存在极显著差异。

相关分析显示, 种子大小变异沿系统发育方向有显著变小的趋势($r = -0.079, p = 0.048$)。

2.3 种子大小变异与不同生活型的相关性分析

本研究中植物的生活型可分为8种类型。草本植物占绝大多数, 灌木次之。如图1B所示, 其中多年生草本占有一定优势, 共计82种, 占39.8%, 一年生草本59种, 占28.6%, 灌木34种, 占16.5%。不同重量级别种子在不同生活型内的分布有较大差异(图2), 其中, 一年生植物种子包括有A–F级6级大小的种子, 多年生草本和灌木分别包括有A–E级和B–F级5级大小的种子。

方差分析结果表明, 分属8种生活型的植物类群之间种子大小存在极显著差异($F = 10.221, p < 0.001$)。8种生活型按种子大小从大到小排序为: 藤本、乔木、灌木、一年生草本、多年生草本、半灌木、一二年生草本、二或多年生草本。种子大小分别为168.502、92.031、27.788、5.147、1.956、0.953、0.358和0.211 g。相关性分析显示, 从草本、半灌木、灌木、乔木到藤本, 种子大小与之具有极显著正相关关系($r = 0.220, p < 0.001$)。

3 讨论

3.1 种子大小与植物系统发育的关系

在系统进化尺度上, 用不同的方法评价种以上分类单位间自然选择的过程和结果是必要的(张世挺等, 2003)。近年来, 关于种子大小与系统发育的关系问题已有不少研究(Leishman & Westoby, 1998; Peco *et al.*, 2003; 于顺利等, 2007; 陈红等, 2008)。我们之前也曾探讨种子大小沿植物系统进化方向上未产生显著变异(欧祖兰等, 2012)。但从本研究结果来看, 随着取样的扩大, 沿植物系统发育方向, 在不考虑与种子大小相联系的诸多性状之间相关性的前提下, 植物种子大小有显著减小的趋势($r = -0.079, p = 0.048$)。但这种弱负相关性是否稳定, 有必要进一步研究验证(Mazer, 1989)。

在一定范围内, 当对物种间或更高级分类学水平间进行两个表现型之间或者某一表现型与环境因素比较时, 物种或更高级分类单位不能完全以统计学的规范去处理, 即不能认为取样物种或更高分类单位均为独立地从同样的分布中抽取的。即, 它们之间存在由远近不同的亲缘关系引起的依赖性(Felsenstein, 1985)。Clutton-Brock和Harvey (1971)为找出尽可能多的变异不同的分类学水平的解释, 曾用属作为统计学中的单位以便校正这种依赖性。本研究同时显示了在科级与属级分类水平上, 种子大小均具有极显著的差异性。产生这些差异的具体原因是复杂的, 概括起来, 可能来自于两大方面: 一是遗传因素导致的系统发育上的限制(Lord *et al.*, 1995); 二是环境因素导致的生活型等方面的表型差异(杨霞等, 2007)。所以, 种子大小与系统进化学、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。

3.2 种子大小变异性、分布频度及其与区系植物多度及丰富度的关系

有研究表明, 在同一自然植被的群落类型中, 种间种子大小变异可达3–5个数量级(Janzen, 1977)。植物群落中种子大小分布频度与植物丰富度也具有一定正相关关系(Guo *et al.*, 2000; 于顺利等, 2005; 杨霞等, 2007)。在美国亚利桑那州沙漠生态系统和英国北部的禾草群落的研究发现, 小种子的物种很多, 而大种子的物种很少(Guo *et al.*, 2000)。而在地中海沿岸沙丘生态系统的研究表明, 中度大小种子的物种最多, 小种子和大种子的物种较

表1 万佛山自然保护区68科植物种子的千粒重(平均值±标准误差)

Table 1 Weight of 1 000 seeds of 68 plant families from Wanfoshan Natural Reservation Region (mean ± SE)

科 Family	千粒重 Weight of 1 000 seeds (g)	科 Family	千粒重 Weight of 1 000 seeds (g)
五味子科 Schisandraceae	18.245	葡萄科 Vitaceae	11.417
樟科 Lauraceae	59.804 ± 10.556	芸香科 Rutaceae	12.535
毛茛科 Ranunculaceae	1.854 ± 0.526	楝科 Meliaceae	115.765
防己科 Menispermaceae	22.792	槭树科 Aceraceae	24.279
三白草科 Saururaceae	0.072	省沽油科 Staphyleaceae	52.835 ± 1.228
罂粟科 Papaveraceae	1.126	漆树科 Anacardiaceae	37.246 ± 26.089
堇菜科 Violaceae	0.565 ± 0.038	五加科 Araliaceae	2.208 ± 1.166
景天科 Crassulaceae	0.184	伞形科 Umbelliferae	3.523 ± 1.089
虎耳草科 Saxifragaceae	0.127 ± 0.099	柿科 Ebenaceae	275.298
石竹科 Caryophyllaceae	0.319 ± 0.111	安息香科 Styracaceae	115.576 ± 9.712
粟米草科 Molluginaceae	0.078	山矾科 Symplocaceae	52.121
蓼科 Polygonaceae	2.146 ± 0.787	马钱科 Loganiaceae	0.076
商陆科 Phytolaccaceae	5.543	萝藦科 Asclepiadaceae	4.267
藜科 Chenopodiaceae	0.804 ± 0.349	茜草科 Rubiaceae	5.803 ± 5.077
苋科 Amaranthaceae	1.650 ± 1.094	忍冬科 Caprifoliaceae	18.666
牻牛儿苗科 Geraniaceae	5.810	川续断科 Dipsacaceae	4.822
柳叶菜科 Onagraceae	0.108 ± 0.054	菊科 Compositae	9.343 ± 8.538
大风子科 Flacourtiaceae	1.451	龙胆科 Gentianaceae	0.196
葫芦科 Cucurbitaceae	1 775.192	报春花科 Primulaceae	0.251 ± 0.053
秋海棠科 Begoniaceae	0.011	车前科 Plantaginaceae	0.329
山茶科 Theaceae	0.504	桔梗科 Campanulaceae	1.216
猕猴桃科 Actinidiaceae	0.811	茄科 Solanaceae	1.807 ± 0.859
藤黄科 Guttiferae	0.122 ± 0.051	玄参科 Scrophulariaceae	0.073 ± 0.025
椴树科 Tiliaceae	2.240	列当科 Orobanchaceae	0.006
大戟科 Euphorbiaceae	30.935 ± 24.605	苦苣苔科 Gesneriaceae	0.030
蔷薇科 Rosaceae	41.054 ± 30.752	马鞭草科 Verbenaceae	14.406 ± 13.699
豆科 Leguminosae	10.545 ± 2.711	唇形科 Labiatae	0.926 ± 0.128
金缕梅科 Hamamelidaceae	93.111	鸭跖草科 Commelinaceae	4.485 ± 1.740
榆科 Ulmaceae	69.862	百合科 Liliaceae	17.411 ± 7.559
桑科 Moraceae	30.695	薯蓣科 Dioscoreaceae	4.853
荨麻科 Urticaceae	0.256 ± 0.162	兰科 Orchidaceae	0.008
冬青科 Aquifoliaceae	40.065	灯心草科 Juncaceae	0.034
卫矛科 Celastraceae	18.029 ± 4.748	莎草科 Cyperaceae	0.169 ± 0.030
鼠李科 Rhamnaceae	17.934	禾本科 Poaceae	1.418 ± 0.433

少(于顺利等, 2005)。本研究中, 206种万佛山自然保护区常见植物的种子大小共分7级, 具有较大分布频度, 经K-S检验, 服从正态分布, 从整体来看, C级种子(0.1 g ≤ SM < 1.0 g)与D级种子(1.0 g ≤ SM < 10 g)最多, 共计129种, 占62.6%, 其他级别种子的植物种类数则在此两级两侧逐渐减少, 即该保护区内中度大小种子的物种最多。从种子大小的7个

数量级跨度来看, 地处北亚热带与北温带交错区的大别山植物种子大小具有较高的多样性, 且可能与该区系植物物种丰富度具有正相关性。依据Rees和Westoby (1997)利用稳定对策(ESS)方法研究建立的种子大小进化模型, 即某一植物群落是由许多进化上稳定的不同种子大小的物种组成的集群。该保护区植物群落共存物种的种子大小变异性与该区域

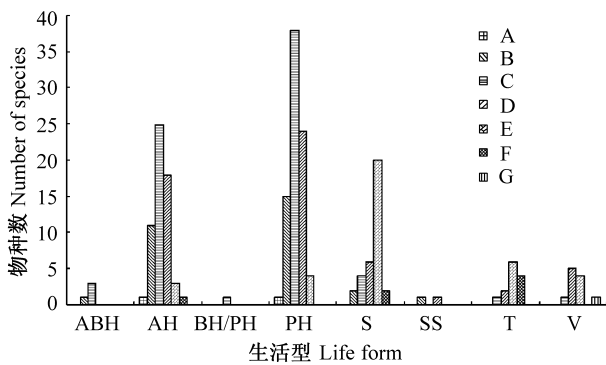


图2 安徽万佛山自然保护区8种生活型植物类群种子的各等级种子分布谱。图注同图1。

Fig. 2 Frequency distributions of seed grades for eight life forms of plant at Wanfoshan Natural Reservation Region, Anhui Province. Notes see Fig. 1.

具有复杂生境及显著季风、适宜温度、适中雨水等特点的北亚热带湿润季风气候条件密切相关。所以，丰富的资源条件及其较高的空间异质性导致了该保护区甚至该气候交错区域内的植物区系种类组成的多样性，及与之相适应的多样化的种子大小策略格局。然而，对于揭示某区系内植物种子大小组成的形成格局及共存机制来说，以种子大小变异为焦点的比较植物生态学研究还只是初步工作(张世挺等, 2003)。所以，今后有必要加深对大别山区种子的生态学研究。

本研究有105种植物种子的千粒重小于1.000 g (附录I)，据前人研究结果(Leishman & Westoby, 1998; 于顺利等, 2007)，这些植物在该保护区内可能具有持久土壤种子库。这些具有小粒种子的植物类群更易于扩散种群，在该保护区内均有广泛的分布。同时，这些小种子植物类群可能作为潜在的或新的物种更新库对于重新构建该区域内植物群落或恢复受损的生态系统具有重要的生态价值。

3.3 种子大小与生活型的关系

有研究结果显示，较小种子的植物为一年生植物的比例大于二年生或多年生植物(Silvertown, 1981; 仲延凯等, 2001)。本研究结果却与之相反。由于环境选择压力的影响，小种子物种具有更大的扩散空间，较短的生长周期，更易于逃避风险而繁殖成功(Thompson, 1987)。从图1B可以看出，本研究所收集的植物种子以多年生草本占有最大比例(39.8%)，其次为一年生草本(28.6%)，种子大小分

别为1.956和5.147 g。其中，如果去除苍耳(*Xanthium sibiricum*)异常千粒重的影响(测量对象为2枚包藏于壶状总苞内的瘦果，并附钩状总苞刺)，一年生草本平均千粒重为1.893 g。从图2可以看出，占优势的草本类与灌木类植物类群具有5–6个数量级的种子大小变异，这有助于从生活型特征角度加深对植物生态史中复杂的种子大小适应对策的理解。据此推测，这些具有较小种子的草本类群植物与具有较大种子的乔木类群植物相比，对该保护区的植被更新及生境退化区域的植被恢复具有较大贡献。

4 结语

Moles等(2005)研究认为，拓宽关于种子重量变化的知识和探索种子重量变化的规律可以加深对植物生态史的理解。

植物种子特征研究只是以大别山区为代表的中国北亚热带与北温带交错区的植物生态史对策研究之序幕，该区域的种子植物的种子结实量、形状、散布、土壤种子库、萌发、幼苗生态等，以及这些方面彼此间的关系、它们与植被过程间的关系还基本处于研究空白阶段。所以，结合该区域植物区系组成开展相关种子生态学研究，将为大别山区森林植被管理及同域内受损或退化生态系统的植被恢复提供科学依据。

致谢 安徽高校省级自然科学研究项目(KJ2011-Z305)和国家大科学工程——中国西南野生植物种质资源库子课题，安徽大别山野生植物种质资源的收集与保存(WGB-1005)资助。感谢许伟、高秋晨等同学对种子野外采集及室内种子处理等工作的帮助。

参考文献

- Akinola MO, Thompson K, Hillier SH (1998). Development of soil seed banks beneath synthesized meadow communities after seven years of climate manipulations. *Seed Science Research*, 8, 493–500.
- Ayari A, Moya D, Rejeb MN, Mansoura AB, Albouchi A, de Las Heras J, Fezzani T, Henchi B (2011). Geographical variation on cone and seed production of natural *Pinus halepensis* Mill. forests in Tunisia. *Journal of Arid Environments*, 75, 403–410.
- Chen H (陈红), Ma YX (马益新), Wang HY (王海洋) (2008). Variation of seed sizes and genetic analysis on woody species of evergreen broad-leaved forest in Jinyun Mountain. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 44(3), 156–161.

- (in Chinese with English abstract)
- Chen YS (陈延松), Zhou ZZ (周忠泽), Xu RX (许仁鑫), Shen J (沈军) (2008). Study on pollen morphology and ecological factors in the region of Yaoluoping Mountains, Anhui. *Acta Micropalaeontologica Sinica* (微体古生物学报), 25, 166–184. (in Chinese with English abstract)
- Clutton-Brock TH, Harvey PH (1971). Primate ecology and social organization. *Journal of Zoology*, 183, 1–39.
- Delectis Florae Republicae Popularis Sinicae Agenda Academiae Sinicae Editorial Board (中国植物志编辑委员会) (1959–2005). *Flora Republicae Popularis Sinicae*, Vol. 9–80 (中国植物志, 9–80卷). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Felsenstein J (1985). Phylogenies and the comparative method. *The American Naturalist*, 125, 1–15.
- Flora of Anhui Collaborative Group (安徽植物志协作组) (1987, 1990–1992). *Flora of Anhui*, Vol. 2–5 (安徽植物志, 2–5卷). Anhui Science & Technology Publishing House, Hefei. (in Chinese)
- Guo QF, Brown JH, Valone TJ, Kachman SD (2000). Constraints of seed size on plant distribution and abundance. *Ecology*, 81, 2149–2155.
- Hay FR, Smith RD (2003). Seed maturity: when to collect seeds from wild plants. In: Smith RD, Dickie JD, Linington SH, Pritchard HW, Probert RJ eds. *Seed Conservation: Turning Science into Practise*. Royal Botanic Gardens, Kew, UK. 97–133.
- Huang ZY (黄振英) (2010). The third academic meeting of international society for seed science was held in Salt Lake City, USA. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), 34, 1006. (in Chinese)
- Janzen DH (1977). Variation in seed size within a crop of a Costa Rican *Mucuna andreana* (Leguminosae). *American Journal of Botany*, 64, 347–349.
- Leishman MR, Westoby M (1994). The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions—experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology*, 82, 249–258.
- Leishman MR, Westoby M (1998). Seed size and shape are not related to persistence in soil in Australia in the same way as in Britain. *Functional Ecology*, 12, 480–485.
- Liu SJ (刘守金), Wang DQ (王德群), Fang CW (方成武), Li LS (李良生), Wang JP (王金品) (2007). Investigation on resources of medicinal plants in Wanfushan Mountain. *Research and Practice on Chinese Medicines* (现代中药研究与实践), 22(3), 17–19. (in Chinese with English abstract)
- Liu ZM (刘志民), Li RP (李荣平), Li XH (李雪华), Luo YM (骆永明), Wang HM (王红梅), Jiang DM (蒋德明), Nan YH (南寅镐) (2004). A comparative study of seed weight of 69 plant species in Horqin sandyland, China. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 28, 225–230. (in Chinese with English abstract)
- Lord J, Westoby M, Leishman MR (1995). Seed size and phylogeny in six temperate floras: constraints, niche-conservatism, and adaptation. *The American Naturalist*, 146, 349–364.
- Mazer SJ (1989). Ecological, taxonomic, and life history correlates of seed mass among Indiana Dune angiosperms. *Ecological Monographs*, 59, 153–175.
- Moles AT, Achery DD, Webb CO, Tweddle JC, Dickie JB, Westoby M (2005). A brief history of seed size. *Science*, 307, 576–580.
- Moles AT, Falster DS, Leishman MR, Westoby M (2004). Small-seeded species produce more seeds per square metre of canopy per year, but not per individual per lifetime. *Journal of Ecology*, 92, 384–396.
- Moles AT, Hodson DW, Webb CJ (2000). Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. *Oikos*, 89, 541–545.
- Münzbergová Z, Plačková I (2010). Seed mass and population characteristics interact to determine performance of *Scorzonera hispanica* under common garden conditions. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205, 552–559.
- Ngulube MR, Hall JB, Maghembe JA (1997). Fruit, seed and seedling variation in *Uapaca kirkiana* from natural populations in Malawi. *Forest Ecology and Management*, 98, 209–219.
- Ou ZL (欧祖兰), Chen YS (陈延松), Zhou SB (周守标), Xu ZD (徐忠东) (2012). Size variation of seeds matured in autumn of common plants in Tianma Natural Reservation Region, Anhui Province. *Journal of Plant Resources and Environment* (植物资源与环境学报), 21(2), 53–59. (in Chinese with English abstract)
- Peco B, Traba J, Levassor C, Sánchez AM, Azcárate FM (2003). Seed size, shape and persistence in dry Mediterranean grass and scrublands. *Seed Science Research*, 13, 87–95.
- Rees M, Westoby M (1997). Game-theoretical evolution of seed mass in multi-species ecological models. *Oikos*, 78, 116–126.
- Silvertown JW (1981). Seed size, life span, and germination date asco-adapted features of plant life history. *The American Naturalist*, 118, 860–864.
- Thompson K (1987). Seed and seed banks. *New Phytologist*, 106, 23–24.
- Thompson K, Band SR, Hodgson JG (1993). Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology*, 7, 236–241.
- Yang X (杨霞), Liang Y (梁艳), Chen XL (陈学林) (2007). Variation in seed size of some common plant species on the eastern Qinghai-Tibet Plateau. *Ecological Science* (生

- 态科学), 26, 483–489. (in Chinese with English abstract)
- Yu SL (于顺利), Chen HW (陈宏伟), Li H (李晖) (2007). Review of advances in ecology of seed mass. *Journal of Plant Ecology (Chinese Version)* (植物生态学报), 31, 989–997. (in Chinese with English abstract)
- Yu SL (于顺利), Sternberg M, Jiang GM (蒋高明), Liu MZ (刘美珍), Kutiel P (2005). The effects of seeds size on the distribution and abundances of plants and seed banks in a Mediterranean coastal sand dune. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 25, 749–755. (in Chinese with English abstract)
- Zhang ST (张世挺), Du GZ (杜国祯), Chen JK (陈家宽) (2003). The present situation and prospect of studies on evolutionary ecology of seed size variation. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 23, 353–364. (in Chinese with English abstract)
- Zhao LP, Wu GL, Cheng JM (2011). Seed mass and shape are related to persistence in a sandy soil in northern China. *Seed Science Research*, 21, 47–53.
- Zhong YK (仲延凯), Bao QH (包青海), Sun W (孙维), Zhang HY (张海燕) (2001). 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. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol* (内蒙古大学学报(自然科学版)), 32, 280–286. (in Chinese with English abstract)
- Zou LX (邹联新), Wu GF (吴国芳) (1997). Study on the flora of Zhutoujian Mountainous Region of Shucheng County, Anhui Province. *Journal of East China Normal University (Natural Science)* (华东师范大学学报(自然科学版)), (3), 78–84. (in Chinese with English abstract)

特邀编委: 于顺利 责任编辑: 李 敏

附录I 万佛山自然保护区206种常见植物生活型及种子重量(平均值±标准误差)

Appendix I Life form and seed mass of 206 common plant species in Wanfoshan Natural Reservation Region (mean ± SE)
<http://www.plant-ecology.com/appendix/CJPE2012-0135-A1.pdf>