

云南油杉种子散布的生态适应特征研究^{*1}陈美卿¹, 王崇云¹, 张宗魁², 王帅², 任鹏²

(1. 云南大学 生态学及地植物学研究所, 云南 昆明 650091; 2. 云南大学 生命科学学院, 云南 昆明 650091)

摘要: 云南油杉(*Keteleeria evelyniana* Mast.) 种子具翅, 主要靠风传播. 研究了云南油杉种子的形态特征(质量、长、宽等)和传播特征(种翅比例、滞空时间等), 统计分析各特征的相关性, 揭示种子散布的生态适应基础. 结果表明: 种子形态特征呈正态分布, 各特征存在显著正相关; 滞空时间受形态特征的综合影响; 种子形态特征的变异是进化过程中形成的适应散布和繁殖更新的重要机制.

关键词: 云南油杉; 种子散布; 形态特征; 适应

中图分类号: Q 945.53 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-7971(2010)02-0233-06

种子散布(Seed dispersal)又可以称为种子扩散, 它是种子离开母体的运动^[1]. 种子扩散被认为是决定种子存活与分布的关键所在, 植物通过不同方式的种子扩散改变其种群格局和分布范围, 并为随后的一系列生态过程提供模板, 如竞争和交配行为、植物物种宏观的空间景观等^[2-5]. 种子扩散在种群动态、遗传多样性维持、物种分化和生物多样性保护中具有重要意义^[6]. 在植物与环境长期的相互作用中, 种子和果实产生了一系列适应散布的机制, 种子的散布方式和过程成为进化生态学的一个重要研究内容^[7]. 风力散布是常见的植物扩散方式, 具有较强的季节性, 风传种子在长期进化过程中形成了适应风力散布的生物学特性.

云南油杉(*Keteleeria evelyniana* Mast.) 常见于滇中高原海拔地区(1 500~2 200 m), 是云南本土重要的乡土树种. 除作为云南松(*Pinus yunnanensis*) 林内的一个重要成分外, 在大多数的情况下常与其它常绿的乔灌木或云南松等混交构成幼年林, 与高山栲的混交更为常见^[8], 也可构成单优纯林, 如昆明金殿、西山、安宁温泉等. 云南油杉具有萌生更新能力, 但物种要在自然界长期存活下去, 有性繁殖的更新才能使种群不至于走向进化的盲端. 云

南油杉种子靠风传播, 风传播是种子更新的关键过程. 本文从云南油杉种子的形态特征来研究其生态适应性, 以揭示风力传播对云南油杉分布的影响以及云南油杉种子在长期进化过程中形成的适应对策.

1 研究对象及研究方法

1.1 研究对象 云南油杉为松科(Pinaceae)油杉属植物, 是第3纪的古老孑遗种类和受西南季风控制的内陆类型, 属于暖温性针叶树种^[8]. 乔木, 树高可达40 m, 胸径可达1 m; 枝条较粗, 开展; 叶条形, 在侧枝上排成2列^[9]. 球果多生长在树冠上部, 且要伸长到树冠的外部以接受花粉, 圆柱形、直立、木质、鳞片宿存, 长9~20 cm, 径4~6.5 cm, 种鳞斜方状卵形, 上部渐窄, 先端反曲, 边缘有细缺齿, 鳞背露出部分被毛或近无毛; 苞鳞长约为种鳞之半. 种子上端具宽大、厚膜质有光泽的种翅, 种子连翅几乎与种鳞等长; 长花期4~5月, 球果10月成熟. 11月份, 种鳞裂开, 种子开始飞散, 可持续至次年1月, 此时正值西南季风盛行期, 对种子的散布极为有利. 种子无坚硬的外种皮保护, 种皮下有油腺, 种子成熟后如未能萌发, 经一段时间后, 油脂氧

* 收稿日期: 2009-09-08

基金项目: 云南大学本科科研资助项目(云南松和云南油杉种子传播适应性比较研究).

作者简介: 陈美卿(1983-), 女, 福建人, 硕士生, 主要从事植被与3S应用方面的研究.

通讯作者: 王崇云(1971-), 男, 云南人, 副教授, 博士, 主要从事进化生态学、植被与3S应用、生物多样性保护等方面的研究, E-mail: cywang@ynu.edu.cn.

化导致种子失活。

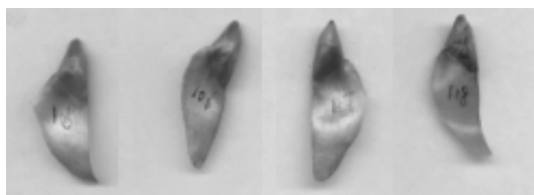


图1 云南油杉的种子

Fig. 1 Seeds of *Keteleeria evelyniana* Mast.

1.2 数据来源及研究方法 种子散布形式往往与植物生活型、植株高度、种子大小(质量)、种子量、种子形态特征等有关^[10]. 云南油杉的种子采自昆明安宁温泉,野外随机选择20株结实株,用高枝剪采集将裂开球果,在室内自然风干,选取球果中段种子混合,采用4分法随机选取200粒种子,编号标记,进行飞行试验,测量每粒种子的形态特征. 数据分析采用SPSS13.0和Excel软件.

测量种子形态特征包括:含种翅的种子总质量(含种翅)、总长、总宽;剥去种翅,种子质量、长、

宽. 飞行试验:无风速条件下,从5 m高的地方让种子自由落下,测量种子落地时间,即滞空时间.

2 结果与分析

2.1 形态特征 云南油杉种子各形态特征的均值与标准差对比结果表明(图2):种子性状的变异幅度较大,呈现明显的多态性. 由表1可以看出,种子总质量(含种翅)最大的高达0.159 g,最小的仅有0.037 g;在种翅的投入方面最大的为0.028 g,最小的为0.007 g;总长最大的高达38.24 mm,最小的为22 mm;宽度最大的14.72 mm,最小的5.42 mm. 以上这些性状是数量性状,有一系列的连续过渡类型.

虽然种子各性状均具有一定的多态性,但总的来说,各项性状分布都比较稳定,大部分种子的数量性状都集中在一个较小的范围内. 以种子质量为例,种子质量0.027~0.132 g,按步长0.01进行分组和频度统计,由图3可以看出,种子质量大致呈正态分布($P < 0.05$),200粒种子中有86.5%分布在0.060~0.110 g之间,63.5%集中在0.070~0.100 g.

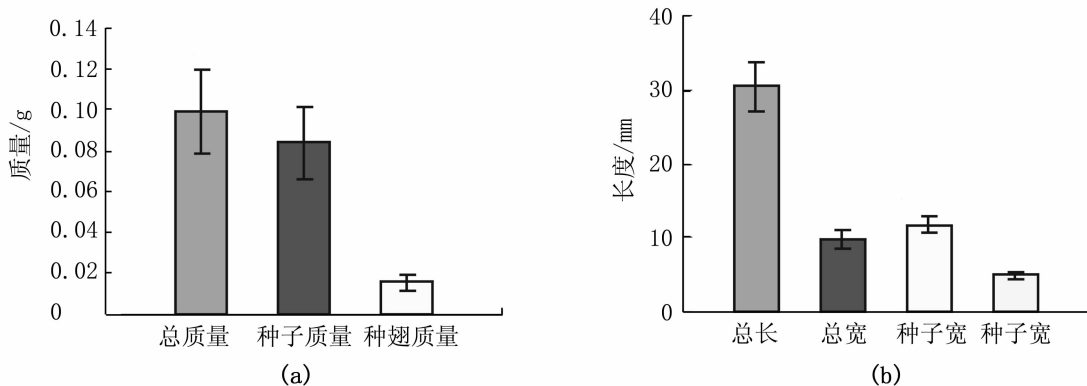


图2 云南油杉种子质量(a)、长度均值(b) - 标准差图

Fig. 2 The mean - standard deviation diagram of seeds' weight (a) and length (b)

表1 种子形态特征统计分析

Tab. 1 The morphological traits of the seeds

性状	均值	最小值	最大值	标准差
总质量(含种翅)/g	0.099	0.037	0.159	0.020
种子质量/g	0.084	0.027	0.132	0.018
种翅质量/g	0.015	0.007	0.028	0.004
总长/mm	30.394	22.000	38.240	3.428
总宽/mm	9.887	5.420	14.720	1.274
种子长/mm	11.732	9.000	14.920	1.098
种子宽/mm	4.937	3.780	6.180	0.490

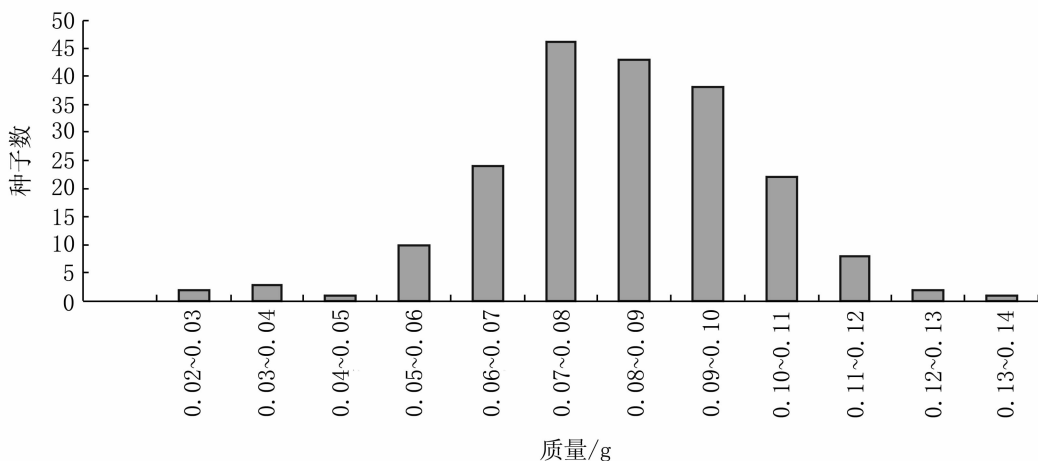


图3 云南油杉种子质量分布图

Fig. 3 The distribution diagram of the seeds' weight

2.2 传播特征 种子散布过程中除了单因素的影响,各形态特征的综合影响往往起着更大的作用.我们把影响种子传播的方面概括为种子的传播特征,包括:

(1) 翅载力 定义为质量与表面积之比.种子下落过程中的最终平衡速度被认为是最重要的空气动力特征,常常用做传播能力的替代物,因为它反映了种子被风带走的时间,最终平衡速度主要受繁殖体的质量和表面积的影响,与翅载力相关性极大^[11].

(2) 总长宽比 与种翅的狭长度相关,可以大致反应种翅的形状.

(3) 种翅含量 即质量百分比,种翅质量与云南油杉种子总质量(含种翅)的比值,反应云南油杉种子在种翅上的投入比例.

表2表明,翅载力最大值为0.080,最小值为0.015,变异系数0.212,存在较大的差异;总长宽比最高达5.693,最小为2.093,变异系数0.150,说明了种子的狭长度差异亦较大,多态性明显;种翅含量最大0.321,最小0.099,变异系数0.223,在种翅上的资源分配差异较大.

2.3 相关性分析

2.3.1 种子形态特征相关性分析 从表3种子总质量与各形态指标相关系数可以看出,种子形态特征之间关联性较好,存在显著的正相关关系($P < 0.01$).随着种子质量的增加,相对应的在各方面的投入也加大.其中,总质量(含种翅)与其它几个形态特征(种子质量、种翅质量、总长、总宽、种子长、种子宽)的相关系数分别是0.986,0.704,0.601,0.481,0.607,0.539.种子质量与种翅质量之间的相关系数为0.578,是比较显著的正相关关系.这表明云南油杉在增加种子本身的能量投入时,并没有因为能量限制而减少了在种翅上的投入.

2.3.2 滞空时间与形态特征相关性分析 在种子植物中,长距离传播现象广泛存在,它在研究复合种群、物种入侵、移居过程中起着极大的作用^[4,12].种子最终平衡速度是描述长距离传播的一个重要参数,研究中发现,在相同环境条件下,最终平衡速度越小,植物种子在空中飘浮时间越长,扩散距离就越远^[11-13].滞空时间为无风状态下,种子从一定高度落下所需的时间,它在一定程度上反映了种子的飘浮时间,可间接表征种子的散布距离.

表2 种子传播特征

Tab. 2 The dispersal characteristics about the seeds

性状	均值	最小值	最大值	变异系数
翅载力	0.033 ± 0.007	0.015	0.080	0.212
总长宽比	3.113 ± 0.466	2.093	5.693	0.150
种翅含量	0.157 ± 0.035	0.099	0.321	0.223

表3 种子总质量与种子各形态指标相关系数

Tab.3 The relationship between the total weight and the other seeds' characteristics

性状	种子质量	种翅质量	总长	总宽	种子长	种子宽
种翅质量	0.578**					
总长	0.535**	0.671**				
总宽	0.425**	0.553**	0.316**			
种子长	0.584**	0.493**	0.644**	0.194**		
种子宽	0.522**	0.422**	0.246**	0.383**	0.259**	
总质量(含种翅)	0.986**	0.704**	0.601**	0.481**	0.607**	0.539**

** : $P < 0.01$ 水平

各单个形态特征与滞空时间关系分析结果表明(表4,图4,5):滞空时间与总长($R = 0.214, P < 0.01$)、种翅含量($R = 0.312, P < 0.01$)呈一定的正相关,与种子质量($R = -0.161, P < 0.05$)和翅载力($R = -0.280, P < 0.01$)呈负相关。

以种子的各形态特征和传播特征为自变量,滞空时间为因变量,进行线性回归分析.在回归分析中把种子总质量(含种翅)这个自变量剔除了,可能是因为它由种子质量和种翅质量共同表征,结果见表5.相关系数 $R = 0.559$,即种子各项特征对滞空时间的整体解释力为 55.9%,这个系数远大于各项性状与滞空时间的各自相关系数,可见各项性状的综合影响远大于各单项性状的影响,而且比较显著。

表4 滞空时间与种子各形态指标相关系数

Tab.4 The relationship between the dropping time and the other seeds' traits

性状	滞空时间
总质量(含种翅)	-0.111
种子质量	-0.161*
种翅质量	0.144*
总长	0.214**
总宽	0.028
翅载力	-0.280**
长宽比	0.140*
种翅含量	0.312**

** : $P < 0.01$ 水平; * : $P < 0.05$ 水平

表5 回归分析结果

Tab.5 Results of regression analysis

模型	相关系数 R	确定系数 R^2	调整后的 R^2	标准误差 估计	统计变化		
					R^2 变化量	F 值变化量	F 检验显著性 改变量
1	0.559	0.313	0.272	0.414 85	0.313	7.774	0.000

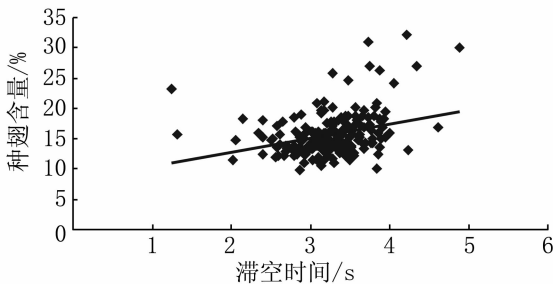


图4 云南油杉种子种翅含量与滞空时间关系图

Fig.4 The relationship between seed - wing and dropping time

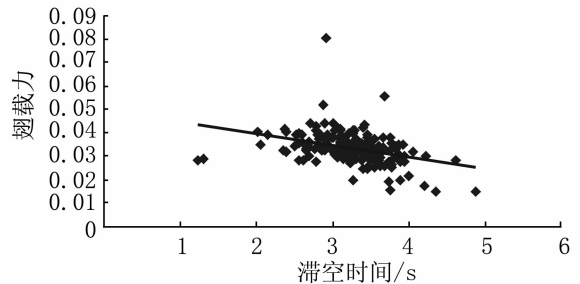


图5 云南油杉种子翅载力与滞空时间关系图

Fig.5 The relationship between wing - loading and dropping time

3 讨论与结论

种子散布过程中,种子大小形态对散布格局具有重要影响,进而影响到萌发、幼苗定居及种群格局特征.种子的传播、扩散、萌发、幼苗的存活、定居、建成及种群分布格局皆与种子大小密切联系^[14].种翅是云南油杉种子适应风力散布的重要结构,它使种子在受到风力影响后得到有效的传播,种翅的形状、大小影响种子的散布距离.

滞空时间在一定程度上表征了种子的漂浮时间,它与翅载力存在一定的负相关(翅载力定义为总质量与表面积之比),与翅重质量所占比例呈正相关.这说明:

(1)总质量越小,表面积越大,云南油杉对种翅的资源投入越大,种子的滞空时间就越长,受到风力影响的可能性更大,利于种子散布得更远.但是种子萌发需要一定的营养物质,云南油杉种子的质量越小,意味着资源投入的减少,不利于传播后的萌发;种子散布的距离太远,所到的生境条件会有很大的差异,种子的萌发及生长会受到限制,而且种子无坚硬的外种皮保护.

(2)总质量越大、表面积越小、对种翅的资源投入越小,种子的滞空时间就短,不利于种子的散布.如果种子散布的距离太近,将受母株的抑制,云南油杉喜光,不耐庇荫,种子萌发和幼苗生长会受到一定影响.

这就要求种子的质量、散布的距离应在一个适宜范围内,既能保证种子具备所需的营养物质,又能保证在散布到足够远离母树的距离.在各单项形态性状分析中,云南油杉种子各特征基本呈正态分布,集中在一个较小的范围内.种子形态特征之间存在显著的正相关关系,种子质量增加的同时,其余的形态数量特征也相应增加.这表明在适应环境的进化过程中,种子已经形成了较稳定的形态特征,这些特征有利于种子散布并到达适合萌发、幼苗成活的生境,进而保障云南油杉的繁殖更新.

参考文献:

- [1] 张大勇. 植物生活史进化与繁殖生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] NATHAN R, SAFRIEL U N, NOY - MEIR I, et al. Spatiotemporal variation in seed dispersal and recruitment near and far from *Pinus halepensis* trees[J]. Ecology, 2000, 81: 2156-2169.
- [3] DIECKMANN U, O'HARA B, WEISSER W. The evolutionary ecology of dispersal[J]. Trends in Ecology & Evolution, 1999, 14: 88-90.
- [4] Merel B Soons, James M Bullock. Non - random seed abscission, long - distance wind dispersal and plant migration rates [J]. Journal of Ecology, 2008, 96: 581-590.
- [5] Tristram G Seidler, Joshua B Plotkin. Seed dispersal and spatial pattern in tropical trees [J]. PLoS Biology, 2006, 11(4): 2132-2137.
- [6] SCHULZ B, JOACHIM D, GERHARD G. Apparatus for measuring the fall velocity of anemochorous diaspores with results from two plant communities[J]. Oecologia, 1991, 86: 454-456.
- [7] 苏志尧, 仲铭锦. 种子传播的生态学特点[J]. 仲恺农业技术学院学报, 1993, 6(1): 48-53.
- [8] 云南植被编写组. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] 云南省林业厅. 云南树木图志[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1990.
- [10] Michelle R Leishman. Mark westoby and Eruique Jurado, correlates of seed size variation: a comparison fire temperate floras[J]. Journal of Ecology, 1995, 83: 517-530.
- [11] 郑景明, 桑卫国, 马克平. 种子的长距离风传播模型研究进展[J]. 植物生态学报, 2004, 28(3): 414-425.
- [12] 郭强, 朱敏, 徐勤, 等. 五种杂草种子沉降速度[J]. 生态学杂志, 2008, 27(4): 519-523.
- [13] Henry S Horn, Ran Nathan, Sarah R Kaplan. Long - distance dispersal of tree seeds by wind[J]. Ecological Research, 2001, 16: 877-885.
- [14] 张世挺, 杜国祯, 陈家宽. 种子大小变异的进化生态学研究进展及展望[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 552-563.

A study on the ecological adaptive characters related to the seeds dispersal in *Keteleeria evelyniana*

CHEN Mei-qing¹, WANG Chong-yun¹, ZHANG Zong-kui², WANG Shuai², REN Peng²

(1. Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. Department of Ecology, School of Life Science, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The winged – seeds of *Keteleeria evelyniana* spread by wind. To reveal the adaptability of seeds dispersal, the morphological characters of the seeds (weight, length, width, etc.) and its dispersal characters (proportion of the seed's wing, dropping time in the still air, etc.) were measured. The results showed: (1) Morphological characters were normally distributed, the weight and the length of the seeds and seeds' wings were positive correlated significantly; (2) Dropping time in the still air was affected comprehensively by the seed characters; (3) Morphological variation of the seeds was important to the seeds dispersal and population propagation in *Keteleeria evelyniana* Mast.

Key words: *Keteleeria evelyniana* Mast. ; seed dispersal; morphological characters; adaptive

* * * * *

(上接第 232 页)

Studies on the dangers of soft rot of *Angelica sinensis* roots in Yunnan and identification of the pathogens

ZHAO Zhen-ling, ZHANG Jin-yu, ZHANG Zhi-hui, YANG Mei-quan,

YANG Wei-ze, JIN Hang, FAN Zheng-hua

(Medicinal Plant Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650231, China)

Abstract: In order to investigate the damages and pathogens of soft rot of the *Angelica sinensis* roots in Yunnan, the diseased plants of the fields were investigated, the pathogens were separated and identified after collecting the infected plants specimens, observing symptoms of soft rot. The incidence rate of soft rot was 100% in all the fields investigated, the infected rate of the plants was about 20% , which caused 10% output losses and nearly 20% economic losses. The identification showed that the pathogens leading to this soft rot in *Angelica sinensis* was *Ditylenchus destructor*.

Key words: *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels; root soft rot; *Ditylenchus destructor*