

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.03.010

项小燕,张小平,段仁燕,等. 濒危植物大别山五针松母树林花粉传播规律[J]. 广西植物,2014,34(3):333—337

Xiang XY,Zhang XP,Duan RY,et al. Pollen dispersal patterns of the endangered plant *Pinus dabeshanensis* in a seed production stand[J]. *Guihaia*,2014,34(3):333—337

# 濒危植物大别山五针松母树林花粉传播规律

项小燕<sup>1,2</sup>,张小平<sup>2,3</sup>,段仁燕<sup>1</sup>,徐延年<sup>2</sup>,吴甘霖<sup>1\*</sup>(1. 安庆师范学院 生命科学学院,安徽 安庆 246001; 2. 安徽师范大学 生命科学学院,安徽 芜湖 241000;  
3. 安徽省重要生物资源保护与利用研究重点实验室,安徽 芜湖 241000)

**摘要:** 大别山五针松是典型的风媒传粉植物,花粉流是种群基因流的重要形式。用重力玻片法研究大别山五针松母树林的花粉飞散特征,分析了时间和空间对花粉飞散的影响,结合林分密度和气象因子探讨花粉飞散的特点。结果表明:大别山五针松从5月中旬开始传粉,散粉期为14 d,盛粉期为3 d,种植密度低的下坡花粉密度比密度大的上坡的要高。日散粉最大值出现在10:00~14:00,植株中上部花粉密度较高,距花粉源50 m处花粉密度最高。建议对种植密度大的区域移栽以促进花芽生成,以保证结实率与提高种子品质。

**关键词:** 大别山五针松; 母树林; 花粉密度; 移栽

中图分类号: Q949 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2014)03-0333-05

## Pollen dispersal patterns of the endangered plant *Pinus dabeshanensis* in a seed production stand

XIANG Xiao-Yan<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiao-Ping<sup>2,3</sup>, DUAN Ren-Yan<sup>1</sup>,  
XU Yan-Nian<sup>2</sup>, WU Gan-Lin<sup>1\*</sup>

(1. School of Life Science, Anqing Teachers College, Anqing 246001, China; 2. College of Life Science, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 3. The Key Laboratory of Conservation and Employment of Biological Resources of Anhui, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** *Pinus dabeshanensis* is a typical wind-pollinated plant, of which the pollen dispersal makes a crucial composition of the gene flow. The pollen dispersal and its spatial distribution in seed production stand of *P. dabeshanensis* by using traditional paraffin section method were investigated, and the relationship among meteorological factors, planting density and the pollen dispersal pattern analyzed. The results showed the pollen begins to disperse in the middle of May, with a period of 14 days and the peak dispersal of 3 days. Moreover, the pollen density of smaller planting density on the downhill slope seems higher than that of the uphill slope where had a higher plantation density. Furthermore, the maximum pollen density per day was between 10:00 a. m. and 14:00 p. m.; and the higher pollen density was at the upper part of plants, the highest density was at 50 m from the pollen source. Therefore, we suggest to transplant plants from higher density for promoting the flower bud development and improving the seed quality.

**Key words:** *Pinus dabeshanensis*; seed production stand; pollen density; transplantation

自然植物的种群遗传结构受诸多因素的影响,如遗传漂变、近交衰退等因素使种群的适合度下降,

从而降低了物种多样性(Neel, 2002)。保护生物多样性是保护生物学的重要内容,其中基因流是保护

收稿日期: 2013-12-29 修回日期: 2014-04-10

基金项目: 国家林业部公益性项目(201304314)

作者简介: 项小燕(1981-),女,安徽桐城人,讲师,博士研究生,从事植物生态及保护研究,(E-mail) xiaoyanxiang@aqt.edu.cn.

\*通讯作者: 吴甘霖,教授,硕士生导师,主要从事植物资源与保护生态学研究,(E-mail) wugl@sina.com.

生物学研究的重要对象。植物种群间的基因流主要通过花粉散布和种子传播来实现,对风媒植物而言,由于其种子散播的距离和数量有限,而花粉的传播距离远,因此花粉流是风媒植物种群间进行基因交流的主要形式,从而对种群的遗传和变异产生重要影响(Ellstrand,1992; Barrett,2002)。

植物花粉流的研究一直是研究者关注的热点。早期多采用荧光染色法(Levin *et al.*,1974; Sindu *et al.*,1961; Blair *et al.*,2010)和放射性同位素标记技术来估计花粉流(Schlising *et al.*,1971; Reincke *et al.*,1979),但由于影响传粉的因素较多,因而这些方法不能有效地反映花粉流的真实水平,常常会低估花粉的散布;20世纪80年代后等位酶标记成为基因流估计的主要手段(张冬梅等,2001),但此方法易高估自交率和近交率(张冬梅等,2003);90年代以后随着分子技术的迅速发展,DNA分子标记技术尤其是SSR技术广泛应用于父系分析(谭小梅等,2011; María *et al.*,2012),但对于遗传多样性较低的小种群来说,此技术可能受到开发引物的限制而难以开展。玻片捕捉法虽不能定量的测定花粉流,但能直接反映花粉飞散的时空变化规律及气象因子对花粉飞散的影响,因而备受研究者们青睐(鲁先文等,2008;陈灵鸷等,2011)。

大别山五针松(*Pinus dabeshanensis*),为松科松属,仅分布于皖鄂豫三省交界的大别山区。笔者近两年的野外调查发现,该种在野外呈散生状态,有些地方呈零星分布。野生植株多为不结实的成年个体,林下幼苗极少,自然更新差,加上人为因素的干扰,种群日益缩减,被列为国家二级保护植物。目前对大别山五针松的研究主要在形态、生物学或无性繁殖等方面(王传贵等,1997;王爱华等,2004),而花粉密度及散粉特点等方面尚未见有报道。

由于花粉是子代个体的父本来源,其散布特点对子代的遗传特征起着很大的决定作用,与群体的遗传结构紧密相关,因而,在母树林的建设中是应考虑的重要因子。不同的母树林花粉飞散规律对后代的贡献大小差异明显(艾畅等,2006; Feng *et al.*,2010),从而影响到子代的产量与品质(张冬梅等,2001)。人工栽培是扩大极小种群大别山五针松种群数量的有效途径,林中的产量与子代的质量是母树林建设应考虑的首要因素。所以,本文拟用重力玻片法对大别山五针松母树林的花粉飞散开展以下三个方面的研究:(1)花粉在时间和空间上的飞散规

律;(2)种植密度对花粉传播的影响;(3)风向、温度和湿度等气象因子对花粉飞散的影响。从而为提高母树林结实和产生高品质子代提供相关依据,对人工林母树林的保育具有指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在安徽省岳西县妙道山林场大别山五针松母树林内。该地 $116^{\circ}06'0.5''$  E, $30^{\circ}47'40.4''$  N,海拔1072 m,以东南坡向为主,少数为西南坡向,南面开阔。首批是1978年从野生种群中移苗种植,后有部分是育苗栽培,共有75株成年植株,下坡行间距多为 $4\text{ m}\times 5\text{ m}$ ,上坡多为 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ ,面积共约8亩,平均树高5米左右,39株着生雌球花,占总株数的52%。散粉期以西南风为主。

### 1.2 样地设置

根据不同的研究目的,在母树林内设置了5个样地。(1)花粉飞散的全历程:分别在母树林的上坡和下坡2 m高度处各采用垂直悬挂法设置花粉采集器,采集器为 $8\text{ cm}\times 8\text{ cm}\times 8\text{ cm}$ 的正方体木块。自2013年5月11日到5月24日,分东南西北上下6个方位固定涂有凡士林的载玻片,每个方向重复2次。每24 h取样一次,研究花粉飞散的全历程,并比较上、下坡花粉密度的差异。同时测定温度、湿度和风速变化。(2)垂直高度变化:在下坡1 m、2 m、3 m、4 m、5 m高度处各设一采集器,分东南西北上下6个方向固定涂有凡士林的载玻片,自5月13日至5月14日,24 h后取样,观察花粉飞散的垂直空间变化特征。同时测定温度、湿度和风速变化。(3)日变化规律5月13日8:00至5月14日8:00,在下坡2 m高度处,按东南西北上下6个方向固定涂有凡士林的载玻片,自13日8:00~18:00,每隔2 h取样一次,13日18:00~14日8:00,间隔14 h后取样,观察花粉飞散的时变化。同时每隔30 min测定温度、湿度和风速变化,时间段的平均值为各因子的值。(4)水平距离变化5月13日至5月14日,在母树林边缘2 m高度处,分东南西北上5个方向,沿当天的主风方向,距离花粉源0、25、50、75、100、150、200、250 m处各设一样点,研究花粉飞散的短距离变化特点。

样片取回后,在显微镜 $10\times 4$ 倍镜下观察花粉数,每个玻片统计20个视野,经计算每 $1\text{ cm}^2$ 含

37.9个视野,因而其平均值 $\times 37.9$ 为该方位的实际花粉通量(粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ ),各采集器各个方位上的花粉通量的平均值为该样点的花粉通量(粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ )。

### 1.3 数据分析

用 SPSS19.0 软件对花粉量进行单因素方差分析(one-way ANOVA),用 LSD 法检测差异显著性,图在 Excel2003 中完成,显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 大别山五针松传粉全历程

图 1 和图 2 分别显示了大别山五针松母树林上坡和下坡花粉飞散的全历程。母树林从 5 月 11 日开始传粉,此时仅有少量的植株散粉。12 日便进入盛粉期,14 日达到最高峰,上坡花粉密度达 200.08 粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ ,下坡达 451.77 粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ 。15 日由于下暴雨,因而未能捕捉到花粉,且大雨延长了花粉的散发时间。大雨过后,空气中的湿度增加,加上花粉因受到雨水的冲击重量较大,因而接连几天花粉密度都较低。而天晴后的第 4 天即 19 日,花粉又出现短期的爆发现象,上下坡花粉密度分别为 141.83 粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ 和 175.03 粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ ,随后又急剧下降。23 日之后接收到的花粉已经极少。经方差分析表明,在持续 14 d 的散粉期中,盛粉期 3 d(12 日、13 日和 14 日)及雨后爆发的 3 d(19、20 和 21 日),此 6 d 时间内下坡接受到的花粉比上坡要高得多,差异显著,其它 8 d 皆无明显差别。

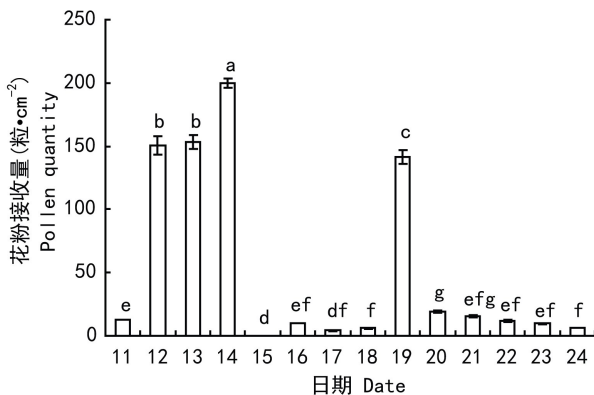


图 1 5 月母树林上坡花粉飞散的全历程

柱上不同的字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同。  
Fig. 1 Change of pollen quantity on the uphill slope  
Different letters on bars present significant differences at 0.05 level, the same below.

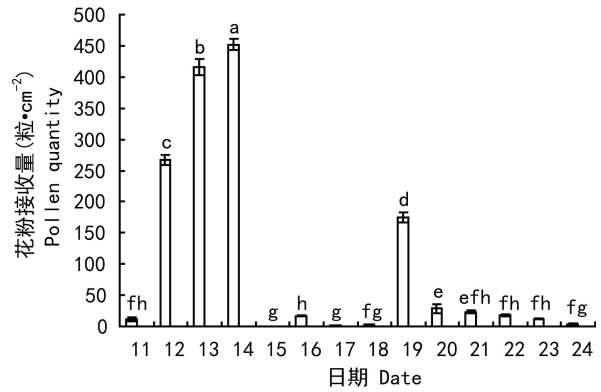


图 2 5 月母树林下坡花粉飞散的全历程  
Fig. 2 Change of pollen quantity on the downhill slope of seed orchard

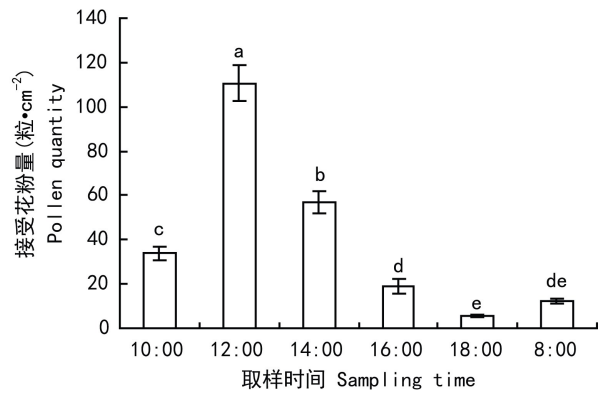


图 3 花粉飞散的日变化  
Fig. 3 Daily change of pollination

### 2.2 花粉飞散日变化

传粉盛期花粉飞散的日进程见图 3。由图 3 可知,10:00~14:00 时,空气中的花粉密度较高。从 10:00 时开始花粉密度渐升,10:00~12:00 时达最高峰,此段时间捕捉到的花粉密度为 110.67 粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ ,随后开始下降。14:00 时后,花粉密度下降明显,16:00~18:00 时花粉密度仅为 5.62 粒 $\cdot\text{cm}^{-2}$ ,与白天其它时间段接收的花粉量差异显著。结合当日的气象因子(图 4),8:00 时无风,8:00 时以后,风速渐大,10:00~12:00 时,风速在白天达最大值。由于当日天气晴朗,因而从 8:00~14:00 时,温度逐渐上升,14:00 时达最高,然后逐渐降低。与温度相反的是,随着温度的上升湿度不断下降,在温度达到最高值时湿度最低,而后开始上升。由于 14 日夜间大雨,因而 15 日湿度较大。

### 2.3 花粉飞散的垂直空间变化

花粉盛粉期日垂直空间变化研究表明(图 5),

花粉在植株中上部位置密度较高,在 2 m 高的位置时花粉通量达到最大值( $312.04 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ ),与其它高度接受到的花粉量呈显著水平。

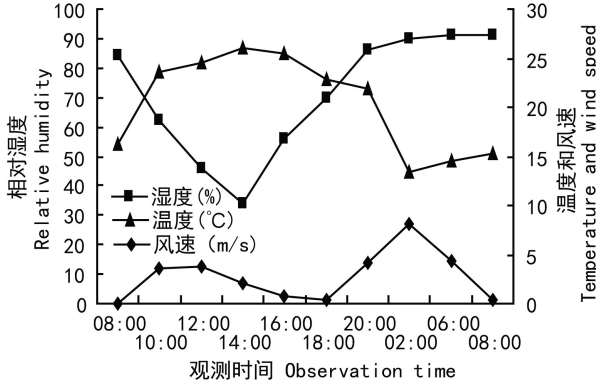


图 4 传粉日进程中气象因子的变化

Fig. 4 Change of meteorological factors in daily change of pollen dispersal

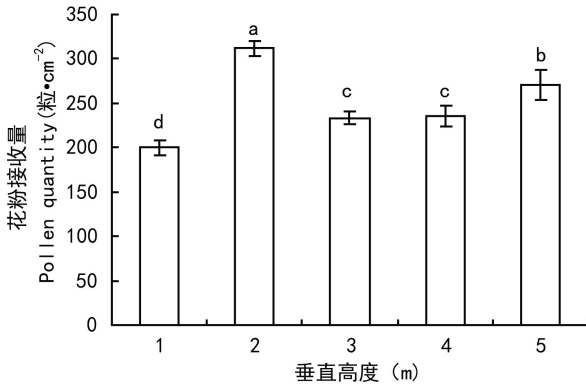


图 5 不同高度花粉密度变化

Fig. 5 Change of pollen density in different heights

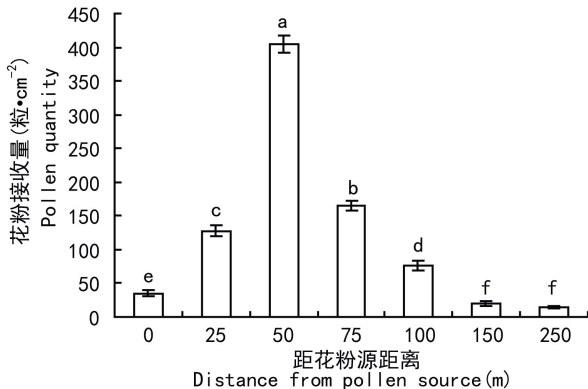


图 6 花粉水平距离传播特征

Fig. 6 The characteristic of pollination in horizontal distance

## 2.4 大别山五针松花粉的水平距离传播

花粉在水平方向上能进行一定的距离传播。图

6 显示,在顺风方向下,距离花粉源 50 m 处花粉密度最高,达  $404.52 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,与其它距离接受到的花粉差异显著。50 m 之后,距花粉源的距离越远,花粉密度越低,至 150 m 处花粉密度低至  $20.53 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,但在 250 m 处仍能捕捉到一定程度的花粉。

## 3 讨论与结论

### 3.1 五针松母树林花粉在时间和空间上的飞散特点

大别山五针松从 5 月中旬花粉成熟开始散粉后很快便进入盛粉期(图 1,图 2),此期间珠鳞张开,有利于接收花粉,是风媒植物在传粉结构上的高度适应。散粉期间由于受到暴雨天气的影响导致散粉期的延长,同时也缩短了盛粉期。花粉在雨中大量散失并很快失去活性,使正常发育的雌球花不能授粉,从而影响母树林的产量,这也得到了种子生殖力调查结果的支持。笔者对母树林种子生殖力调查发现,饱满种子数占种子总数的 8% 左右,生殖力极低。祖元刚等(2000)报道了红松在传粉期易受到降雨的影响从而导致花粉活力下降。

大别山五针松的花粉与松属其它类型花粉相同,具有气囊结构,使花粉在气流作用下能上升到一定高度,在垂直空间上,花粉在 2~5 m 的高度上保持较高密度的花粉,由于雌球花着生在植株的中上部,且母树林的平均植株高度在 5 m 左右,因而此高度具有较高密度的花粉对保证雌球花的授粉具有重要意义。花粉在风力作用下可以进行一定水平距离的传播,但在传播过程中由于受到风向、风速、林分密度、种群大小、光照等因素的影响,使花粉水平传播距离有限,大多花粉都由于重力作用而落在花粉源附近,造成授粉植株的花粉源可能大多来自自身或较近距离的父本。图 6 的花粉水平距离飞散实验即是很好的说明。在距花粉源 50 m 处花粉密度高达  $404.52 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,随后花粉密度下降较快,至 75 m 处时降至  $165.00 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,距花粉源 150 m 处时仅为  $20.53 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。一般来说,风媒传粉植物的花粉除非在强风情况下,否则距花粉源越远花粉密度则越低(Timmons *et al.*, 1995; 王国义等, 1995),大别山五针松也不例外。

### 3.2 种植密度对花粉飞散的影响

本研究结果表明,在盛粉期的 13 日和 14 日,上坡的花粉密度分别为  $153.28 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$  和  $200.08 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ ;而下坡 13 日和 14 日花粉密度各为  $416.08 \text{ 粒} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

粒·cm<sup>-2</sup>和 451.77 粒·cm<sup>-2</sup>, 此两日下坡的花粉密度均比上坡要高出 1 倍之上, 差异显著。散粉期, 大别山五针松主要盛行西南风, 白天坡面随着气温的升高, 气流沿坡面被抬升, 促进花粉向上坡飞散, 理论上应是上坡的花粉密度高于下坡, 而母树林中花粉飞散特点正好相反, 种植密度可能是重要的影响因素。首先, 种植密度影响了花芽的形成。通过花芽形成期的观测发现, 上坡植株间由于枝条的相互遮蔽, 影响了植株对光的吸收, 因而形成的花芽比下坡要少得多; 其次, 由于上坡种植密度较大, 气流运动复杂, 且花粉受到林分密度的干扰, 因而捕捉到的花粉较少, 而下坡的种植密度小, 植株能接收到充分的光照, 促使花芽的大量形成, 且气流在较低的种植密度间易随着温度的升高被抬升, 因而下坡能捕捉到大量花粉。Whitehead(1983)认为适度的密闭空间是形成花粉云的必备条件, 从而是风媒植物得到高效授粉的前提。从花粉飞散的时空规律可以看出, 下坡的种植密度更适合花芽的形成及形成足够的花粉。

### 3.3 气象因子对花粉飞散的影响

与华北落叶松(温秀凤等 1990)传粉研究结果一致的是, 温度和湿度影响大别山五针松小孢子囊的开裂, 而较大的风速则会促进花粉的散发。盛粉期白天天气晴朗, 在温度渐升、湿度渐小的 10:00~12:00 时段, 小孢子囊在此期间大量开裂, 由于此时间风速最大, 花粉爆发, 空气中能捕捉到高密度花粉; 而夜间尽管观测的时间长达 14 h, 但由于温度低、湿度高, 此期间接收的花粉只有 12.07 粒·cm<sup>-2</sup>, 仅占白天花粉总量的 5%。散粉期间受到降雨的影响(图 1, 图 2), 15 日的大雨导致空气中湿度增加、温度下降, 接连几天花粉密度都较低, 下坡最高时也仅测到 16.61 粒·cm<sup>-2</sup>的花粉。天晴数日后, 空气湿度降低温度增加花粉又出现爆发现象, 19 日下坡的花粉密度上升至 175.03 粒·cm<sup>-2</sup>, 所以温度和湿度是花粉散发的重要影响因素。

### 3.4 大别山五针松的保护生物学意义

大别山五针松的水平距离传播结果(图 6)表明, 母树林中能进行一定程度的花粉流。但由于此实验样地是设在种植密度较低的母树林边缘且样线是顺风方向布置, 因而园中心的传播距离可能要短。另外, 通过上下坡花粉密度对比可以看出种植密度对花粉流的影响。在下坡, 由于植株间空间较大, 能形成大量花芽且花粉容易在气流的作用下被抬升,

因而能捕捉到较高密度的花粉。

种植密度、母树林的环境等对子代的品质具有重要影响。大别山五针松母树林花粉飞散规律研究表明, 雌球花有效授粉高度具有较高密度的花粉, 为雌球花的授粉提供了一定保障。但密度较大的植株枝条空间上相互重叠, 此部分枝条因光照不足很少形成花芽, 影响了母树林的产量。针对母树林的现状, 建议对密度较大的植株进行移栽以开辟林窗提高林中的结实率。由于传粉期易受雨季影响, 宜在散粉前采集部分即将成熟的雄球花或盛粉期储备一定的花粉配合人工授粉以减少气象因子对传粉的不利影响, 对于大别山五针松的保护应进一步从其它环节如生态因子、发育等环节寻找濒危原因, 目前此项工作研究者正在开展。

### 参考文献:

- Ai C(艾畅), Xu LA(徐立安), Lai HL(赖焕林), *et al.*, 2006. Genetic diversity and paternity analysis of a seed orchard in *Pinus massoniana* (马尾松种子园的遗传多样性与父本分析)[J]. *Scient Silv Sin*(林业科学), **42**(11):146—150
- Barrett SC. 2002. Sexual interference of the floral kind[J]. *Hered.*, **88**:154—159
- Blair AW, Williamson PS. 2010. Pollen dispersal in star cactus(*As-trophytum asterias*)[J]. *J Arid Environ*, **74**:525—527
- Chen LZ(陈灵鸢), Yang CH(杨春华), Shu SM(舒思敏), *et al.*, 2011. The pollen dispersal characteristics of *Hemarthria compressa* (扁穗牛鞭草花粉散布特征)[J]. *Pratacul Sci*(草业科学), **28**(6):974—977
- Ellstrand NC. 1992. Gene flow by pollen: implications for plant conservation genetics[J]. *Oikos*, **63**:77—86
- Feng FJ, Sui X, Chen MM, *et al.* 2010. Mode of pollen spread in clonal seed orchard of *Pinus koraiensis*[J]. *J Biophys Chem*, **1**:33—39
- Levin DA, Kerster HW. 1974. Gene flow in seed plants[J]. *Evol Biol*, **7**(1):139—220
- Lu XW(鲁先文), Ma RJ(马瑞君), Sun K(孙坤), *et al.*, 2008. Determination of the wind pollination distances and flowering characteristics of *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis* Rousi(Elaeagnaceae) (中国沙棘的开花特性及风媒传粉距离的检测)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **26**(6):2 518—2 525
- Maria CC, Marcial E, Javier RP, *et al.* 2012. The role of seed dispersal, pollination and historical effects on genetic patterns of an insular plant that has lost its only seed disperser[J]. *J Biogeogr*, **39**:1 996—2 006
- Neel MC. 2002. Conservation implications of the reproductive ecology of *Agalinis acuta* (Scrophulariaceae)[J]. *Am J Bot*, **89**(6):972—980
- Sindu AS, Singh S. 1961. Studies on the agents of cross-pollination of cotton[J]. *Indian Cott Grow Revol*, **15**(3):341—353
- Reincke DC, Bloom WL. 1979. Pollen dispersal in natural popula-
- (下转第 392 页 Continue on page 392)