

# 马尾松种子园花粉散发及其空间分布特征

谢焰锋<sup>1,2</sup> 张卓文<sup>1</sup> 高大雄<sup>3</sup> 许林<sup>2</sup> 梅莉<sup>1</sup>  
邹杰<sup>1</sup> 胡文君<sup>1,4</sup> 孙敏<sup>1,5</sup> 邹庆琳<sup>1,6</sup> 魏健生<sup>1</sup>

1. 华中农业大学园艺植物生物学教育部重点实验室, 武汉 430070;

2. 武汉市林业果树科学研究所, 武汉 430075; 3. 湖北省京山县太子山林场管理局, 京山 431800;

4. 湖北省黄石市园林花木有限责任公司, 黄石 435002; 5. 青岛市海滨风景区管理处, 青岛 266003;

6. 武汉市现代都市农业规划设计院, 武汉 430065

**摘要** 以湖北省太子山林场管理局仙女林场马尾松无性系种子园为研究对象, 对其花粉散发及其空间分布特征进行研究, 结果表明: 散粉期间种子园大气中花粉量呈现低-高-低节律, 散粉的高峰期一般出现在散粉的中期, 持续 3~5 d, 不同日期大气散粉量之间存在极显著性差异。在高峰期间, 不同时段种子园大气中花粉量亦呈现低-高-低节律, 高峰时间段一般出现在 10:00—14:00, 高峰期内不同时段大气花粉量之间存在极显著性差异。种子园外大气花粉量随传播距离的增大而减小, 并呈 S 曲线。影响马尾松花粉散发的因子有风速、温度、大气相对湿度及地形等。依据种子园外大气花粉量与距离的关系, 为防止外源花粉污染, 建议马尾松种子园的隔离距离在 1 000 m 以上, 以提高种子园种子的遗传品质。

**关键词** 马尾松; 无性系种子园; 花粉; 散粉特征

**中图分类号** S 722.8<sup>+</sup>3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)06-0032-06

湖北省林地面积 850 万  $\text{hm}^2$ , 占其国土总面积的 45.72%; 森林面积 714 万  $\text{hm}^2$ , 森林覆盖率 38.40%, 森林总蓄积量 3.13 亿  $\text{m}^3$ 。其中马尾松林面积 202 万  $\text{hm}^2$ , 占林地面积的 23.75%, 蓄积量 1.25 亿  $\text{m}^3$ , 占总蓄积量的 40% 以上。因森林面积与蓄积量均排在第一, 马尾松已成为湖北省最重要的用材树种<sup>[1]</sup>。马尾松球花为单性, 雌雄同株, 花期 3 月上旬至 4 月中旬, 风媒异花传粉, 球果 2 年成熟, 成熟期 10 月下旬至 11 月中下旬, 球果通常在成熟后陆续脱落, 种子飞散<sup>[2]</sup>。

为了提高林分单位面积木材产量与质量, 人们开展了多年马尾松遗传改良及良种选育工作。因林木树体高大且生长周期长, 因此优树选择、优树无性繁殖(无性系林分)、林木种源试验及种子园建设是林木遗传改良常规、成熟与有效的方法<sup>[2-10]</sup>。

种子园是良种繁殖基地, 建立种子园是育种系统中的—个重要环节<sup>[9]</sup>。湖北省太子山林场管理局

于 1990 年建立了马尾松无性系嫁接种子园, 自 2003 年起种子园建立后生产了大量优质种子, 子代林的遗传增益大<sup>[5-6]</sup>。种子园立地条件优越, 植株光照充分, 且每株母树都受到集约经营管理, 种子生产量比同等条件下的林分大; 同时利用种子园内不同无性系植株之间的遗传差异生产杂交种子, 经过育苗后造林能显著地提高林分生产能力与木材质量。由于人们对马尾松开花习性不太了解导致种子园生产中存在很多问题。如种子园内偏雄植株的存在导致种子产量低; 种子园内授粉水平不稳定, 出现很多空粒种子; 种子园同一无性植株雄球花散发时间与雌球花可授粉时间同步, 而不同无性植株雄球花散发时间与雌球花可授粉时间不同步, 出现种子杂交率降低而自交率升高, 自交种子因没有杂交优势影响林木的生产能力与林木质量。为了减少种子空壳率, 提高种子园生产能力, 减少或消灭种子园内林木的自交现象, 提高种子的遗传品质, 有必要对种子园

收稿日期: 2012-09-03

基金项目: 湖北省科技厅科技专项(鄂科 2001-75) 和湖北省林业厅科技专项(鄂 2001-43)

谢焰锋, 硕士, 助理工程师. 研究方向: 林业生态. E-mail: xieyanfeng33@126.com

通讯作者: 张卓文, 博士, 教授. 研究方向: 林木育种及森林生态. E-mail: zhzwzhang@mail.hzau.edu.cn

雌雄球花开花习性进行研究,但有关马尾松花粉散发规律的研究尚未见报道。笔者以湖北省太子山林管局仙女林场马尾松无性系种子园为试验对象,对其花粉散发及其空间分布特征进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 种子园概况

马尾松无性系种子园位于湖北省京山县境内,隶属于湖北省林业局太子山林场管理局仙女林场。该种子园地处石龙水库边,三面环水,近似半岛环境,形成了天然的花粉隔离带。年平均气温为 $16.4^{\circ}\text{C}$ ,年平均降雨量为 $1\,094.6\text{ mm}$ ,无霜期 $240\text{ d}$ 左右。种子园平均海拔 $106.6\text{ m}$ ,开阔向阳,光照充足,土层深厚,土壤为山地黄棕壤, $\text{pH}\ 6.0\sim 6.8$ 。

该种子园共划分8个大区,115个小区,园内株行距为 $6\text{ m}\times 6\text{ m}$ 。1990年采用当地马尾松1年生苗定植,1991—1992年进行嫁接。种子园共有141个无性系,接穗来源于中亚热带的中南部,其中安徽5个、江西22个、湖南44个、浙江49个、四川9个及贵州12个<sup>[11]</sup>。种子园母树树高 $8.67\pm 0.46\text{ m}$ ,变异系数 $5.28\%$ ;胸径 $18.87\pm 2.70\text{ cm}$ ,变异系数 $14.32\%$ ;一级侧枝数 $21.58\pm 3.92$ ,变异系数 $18.15\%$ ;冠幅 $\text{CW}_{\text{N-S}}\ 6.71\pm 1.00$ ,变异系数 $14.93\%$ , $\text{CW}_{\text{E-W}}\ 6.54\pm 0.83\text{ m}$ ,变异系数 $12.64\%$ 。

### 1.2 花粉采样点设置

1)24 h水平采样点设置。依据种子园面积与采样工作量大小,设30个水平样点。因样点间的距离受地形所限不能完全等距,但在种子园内尽可能对样点进行均匀设置,样点分别布设在不同方位及不同地形部位。其中,东南西北每个方位至少6个样点;山顶、山坡及山脚各不同地形部位至少7个样点。散粉期间每天上午8:00—10:00按固定线路取样,取样日期从花粉散发开始至散完结束。

2)垂直-昼夜采样点设置。垂直采样点5个,每个垂直采样点分5个层次,即 $0/3$ 倍树高( $0/3\text{H}$ ,地面)、 $1/3$ 倍树高( $1/3\text{H}$ )、 $2/3$ 倍树高( $2/3\text{H}$ )、 $3/3$ 倍树高( $3/3\text{H}$ )及 $4/3$ 倍树高( $4/3\text{H}$ )。结合垂直采样点进行昼夜节律采样,取样时间为08:00、10:00、12:00、14:00、16:00、18:00、20:00及02:00(2011年取样时间增加22:00及06:00)。昼夜-垂直取样重复3次,取样日期应均匀地分布在散粉高峰期的

前期、中期和后期。

3)种子园外采样点设置。因种子园三面环水,所以采样点只能设立在种子园外东偏北与西偏北2个方向。按高峰期散粉时段的风向(白天由水面向山坡吹风,夜晚风向相反),每隔 $100\text{ m}$ 设置样点1个,每个方位设置5个点。

4)气象因子测定。每次换取采样器的同时,进行气温、相对湿度、风速、风向及气压等气象因子测定。

### 1.3 取样

取样盒规格为 $15\text{ cm}\times 15\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ ,四面通风,采样器为涂有薄层的凡士林载玻片。将载玻片用橡皮筋固定在取样盒的中心位置,即成为一个简易的取样器。水平样点取样盒固定于距地面木杆 $1.5\text{ m}$ 高处,垂直样点的取样盒用细绳连接,固定于一根垂直竖杆上,通过一个固定圈升降绳子以便换取取样盒中的载玻片。各载玻片在 $10\times 10$ 倍显微镜下观察,计算视野内花粉的数目,每个载玻片随机观测5个视野<sup>[12-16]</sup>。

### 1.4 数据处理

应用Excel及SPSS软件进行方差分析、多重比较与回归分析。在进行大气中花粉量(自变量)与方位、高度、风速等单因素(因变量)进行回归分析时,用线性、对数、幂函数、指数函数、二次抛物线、三次抛物线、S型曲线、倒数曲线及Logistic回归方程拟合,选择 $F$ 值及 $R^2$ 最大并且显著性水平在 $0.05$ 以下者作为其回归方程。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子园内花粉散发特点

1)散发期内大气花粉量。2010年散粉日期为4月1—12日,持续了 $12\text{ d}$ ,平均每天大气中的花粉量为 $924.09\text{ 粒}/(\text{cm}^2\cdot \text{d})$ 。2010年3月底多阴雨天气,花粉散发受阻,4月1日天气变晴后便开始散粉,次日出现大量散粉,高峰期出现在4月2—6日,平均每天大气中的花粉量达到 $1\,944.81\text{ 粒}/(\text{cm}^2\cdot \text{d})$ ,其中最高峰值出现在4月5日,大气中花粉量达到了 $3\,446.04\text{ 粒}/(\text{cm}^2\cdot \text{d})$ ,之后散粉量逐渐减少,直至散粉结束。

2011年受春季气候条件的影响,散粉时间较2010年晚了 $7\text{ d}$ ,于4月7日开始散粉,17日散粉基本结束,共持续了 $11\text{ d}$ ,平均每天大气中的花粉量为

710.57 粒/(cm<sup>2</sup>·d)。高峰期出现在 4 月 8—11 日, 平均每天大气中的花粉量为 1 619.94 粒/(cm<sup>2</sup>·d), 其中最高峰值出现在 4 月 10 日, 当天大气中花粉量达到了 3 079.34 粒/(cm<sup>2</sup>·d), 之后散粉量逐渐减少。12 日由于下雨, 花粉散发受阻, 散粉

量较少, 13 日天气转好后, 又出现一个小高峰, 但散粉量较前两天大幅度下降, 此后散粉量持续减少, 直至散粉结束。散粉期内不同日期大气花粉量见图 1。方差分析结果表明, 2010 年及 2011 年种子园不同日期大气花粉量之间的差异均达极显著性水平。

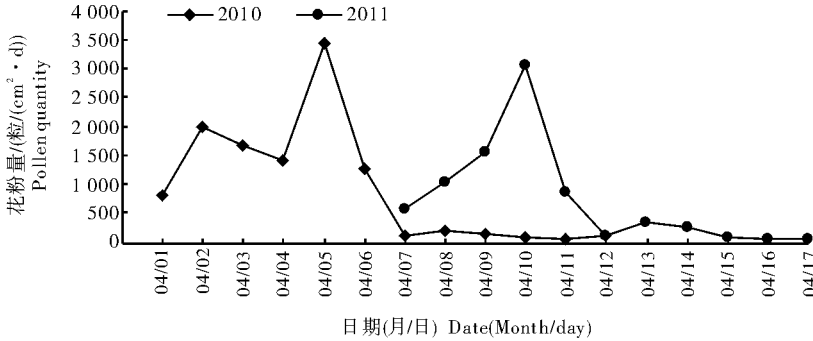


图 1 散粉期内马尾松种子园不同日期大气中花粉量

Fig. 1 The pollen quantity in the air at different date during pollen dispersal in the seed orchard of *P. massoniana*

2) 高峰期间不同时段大气花粉量。马尾松在散粉期间有一个高峰期, 一般为 3~5 d, 且为晴天。在散粉高峰期期间, 每天随着气温及风速的变化散粉量会有所不同。经实地观测, 高峰期内每天会有 1~2 个高峰时间段, 这个时间段一般会出现在 10:00—14:00, 出现的具体时间受当时天气状况的影响, 特别是风速的影响。2010 年的高峰时间段为 02:00—08:00 以及 10:00—12:00, 散粉量分别为 434.63 粒/(cm<sup>2</sup>·h) 和 520.26 粒/(cm<sup>2</sup>·h), 此时段的风速在 2 m/s 以上。当风速达到一定程度, 且空气湿度又较小的情况下, 花粉便可以散发。2011 年的高峰时间段为 10:00—12:00, 散粉量为 481.46 粒/(cm<sup>2</sup>·h) (表 1)。为了检验散粉期内种子园不

同时段大气花粉量之间的差异, 我们进行了方差分析, 结果表明 2010 年及 2011 年种子园不同时段大气花粉量差异均达极显著性水平 (表 1)。

2.2 种子园内花粉空间分布情况

1) 不同垂直高度花粉空间分布。马尾松在花粉散发期间具有空间分布规律性, 在 0/3~1/3H 处花粉量较大, 4/3H 处最小, 总体上呈现出随高度增加而递减的规律。2010 年种子园林冠冠底的花粉量最大, 达 2 303.48 粒/(cm<sup>2</sup>·d), 4/3H 时最小, 仅 1 069.96 粒/(cm<sup>2</sup>·d)。2011 年种子园林冠冠底的花粉量为 1 919.74 粒/(cm<sup>2</sup>·d), 4/3H 的花粉量仅为 782.16 粒/(cm<sup>2</sup>·d) (图 2)。方差分析结果显示 2010 年和 2011 年在种子园内不同垂直高度大气花粉量差异均达到极显著性水平 (图 2)。

表 1 高峰期马尾松种子园不同时段大气中花粉量<sup>1)</sup>

Table 1 The Pollen quantity in the air at different time in the seed orchard of *P. massoniana*

时段 Time	花粉量/(粒/(cm <sup>2</sup> ·h)) Pollen quantity in the air	
	2010	2011
02:00—08:00	434.63±156.17 AB	33.55±1.04 E
08:00—10:00	418.73±81.99 ABC	217.87±17.90 BC
10:00—12:00	520.26±99.37 A	481.46±75.79 A
12:00—14:00	251.11±42.91 BCD	272.08±34.37 B
14:00—16:00	139.40±21.33 CD	151.08±19.35 CD
16:00—18:00	116.82±15.29 CD	102.54±14.17 DE
18:00—20:00	74.79±12.80 D	71.35±12.32 DE
20:00—02:00	90.12±22.51 CD	31.03±1.68 E
22:00—06:00		28.41±0.83 E

1) 同一年份内不同字母表示差异极显著 (P<0.01), 下同。Different letters in the same year indicate significant difference (P<0.01), the same as below.

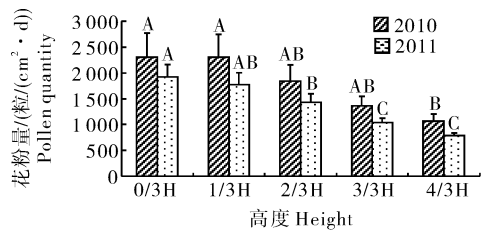


图 2 散粉期间马尾松种子园不同垂直高度大气中花粉量  
Fig. 2 The pollen quantity in the air at different vertical height in the seed orchard of *P. massoniana*

2) 种子园不同坡向花粉空间分布。受选址条件的限制, 种子园分为东坡区、西坡区和西北坡区 3 个

区域。东坡区光照条件好,母树生长情况也较好;西北坡立地条件比较差,光照条件差,母树生长情况也较东坡区的母树差。2010 年整个散粉期间,东坡累积散粉量达到 14 955.23 粒/cm<sup>2</sup>,而西北坡只有 6 958.07 粒/cm<sup>2</sup>,两者差异较大;2011 年受松毛虫病害的影响,整个种子园散粉量有所减少,在整个散粉期,东坡大气中的累积散粉量为 11 223.45 粒/cm<sup>2</sup>,而西北坡仅为 6 036.91 粒/cm<sup>2</sup>,这说明坡向对母树花粉的产量有一定的影响(图 3)。

为了检验种子园内不同坡向大气中花粉量的差异,进行了方差分析,结果表明:2010 年不同坡向大气中花粉量之间的差异均达到了显著性水平,但 2011 年不同坡向花粉量之间的差异没有达到显著性水平(图 3),这可能与受到马尾松松毛虫虫害有关。虫害使种子园母树的总叶面积指数减小,光合作用产物的积累降低,花粉产量减少。

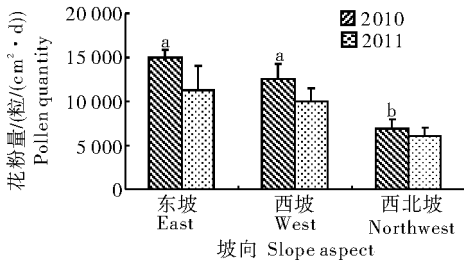


图 3 马尾松种子园不同坡向大气中花粉量

Fig. 3 The pollen quantity in the air of different slope aspect in the seed orchard of *P. massoniana*

### 2.3 种子园外大气中花粉空间分布

为了解种子园外马尾松花粉的传播距离,在散粉高峰期对花粉传播距离进行了观测,结果表明,大气中花粉量随传播距离的增加而减少。方差分析还表明,东偏北与西偏北方向不同距离大气花粉量之间存在极显著性或显著性差异(图 4),这说明主风方向对花粉的传播产生重要影响。

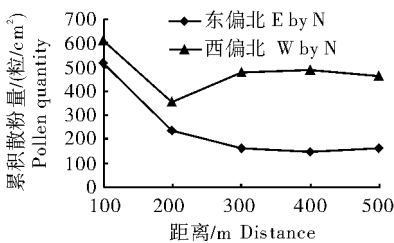


图 4 马尾松种子园外不同距离大气中花粉量(2010 年)

Fig. 4 The pollen quantity in the air with different distance outside the seed orchard of *P. massoniana* in 2010

我们对东偏北方向的数据进行曲线拟合,与 S 曲线拟合的 R<sup>2</sup> 达到 0.975,曲线模型达到极显著性水平,因此,园外花粉的散粉距离与花粉量可以用  $y = e^{4.673+156.41/x}$  表示。

## 3 讨论

对马尾松种子园散粉期间花粉垂直分布观测结果表明:大气中花粉量呈现出随高度增加而递减的规律,即树冠下部的花粉密度要大于上部。这一结果与有的学者对林木种子园内大气中花粉空间分布规律研究结果有的相似,有的则存在差异<sup>[12-20]</sup>。王晓茹等<sup>[18]</sup>对油松种子园林内不同高度花粉的接收结果分析表明:林冠下部的花粉接收量显著地少于林冠上部,2 m 处的接收量约为林冠层上部接收量的 1/2 左右。同一树种,不同地点不同气象条件不同林分状况种子园花粉的垂直空间分布也存在差异。如张卓文等<sup>[15,19]</sup>在浙江姥山林场杉木种子园观测到,树冠下部接受花粉量最大,随着高度的增加,花粉密度减小。而陈晓阳等<sup>[13]</sup>的观测结果与张卓文等的研究结论正好相反,他们在贵州 3 个种子园多年研究均表明,如果散粉盛期天气正常,黔东南地区杉木花粉能飞扬到树冠上层,不会因雌球花、雄球花垂直分布的差异而造成上部雌花受粉不足的问题。

我们认为,影响种子园花粉垂直分布的原因可能有以下几个方面:

1) 种子园花粉产量。影响种子园花粉产量的因素包括:①种子园林木种植密度。在同等情况下林木密度越大则林木花粉产量越大,反之亦然;②无性系植株单株雄球花产量、单个雄球花着生小孢子叶球数目、单个小孢子叶球数着生小孢子叶数、单个小孢子叶着生的花粉囊数、单个花粉囊数产生花粉数。

2) 风速。一般情况下林冠层下风速低,随高度的增加风速加大。在一定风速范围内,风能使花粉流通量增加,故大气中花粉量也增加。无风条件不利于花散发,风速太大则花粉随风吹散而使种子园内大气中花粉量减少。风速在 2~4 m/s 时,不仅有利于花粉散发,还有利于花粉在种子园内上升与混合。

另外,种子园内林分的郁闭度对花粉的抬升产生影响。在定植距离较大的种子园中,如果林分没

有郁闭,各植株对风既起阻挡作用,同时又起抬升作用,这样就不断地把林冠下层的花粉带到上层,使树冠上部处于富含花粉的流动空气之中。王晓茹等<sup>[18]</sup>对油松种子园及陈晓阳等<sup>[13]</sup>对杉木种子园花粉垂直空间分布可能就是因种子园内风速适中,有利于种子园花粉抬升,出现林冠上部花粉量比林冠下部的大。而我们在2010年和2011年研究种子园散粉时,因高峰期间风速都较小,马尾松的花粉不能向上抬升,故本研究出现了树冠下部的花粉密度大于树冠上部花粉密度的结果。

3)地形。种子园的林分一般是沿山坡种植的,这种地形条件有利于花粉的混合和传播。

4)花粉形态结构。马尾松花粉有1个本体与2个气囊。具有气囊结构的花粉一方面有利于花粉在大气中漂浮,有利于不同无性系花粉的混合,有利于减少自交率增加杂交率,提高种子的遗传品质;另一方面延长胚珠的受粉与受精的时间,提高种子的饱满率,减少种子的空粒率。

人们在研究种子园花粉散发规律以及对种子园集约经营管理时,都会不约而同地关注花粉的散发时间节律及种子园内外花粉的空间分布特征。这是因为通过对种子园花粉散发时间节律与花粉空间分布特征的研究,就能使人们对种子园授粉水平作出准确的评估;计算出种子园自交率与杂交率;对不同无性植株雄球花散发时间与雌球花可授粉时间同步性作出分析与判断;分析与计算出胚珠可受粉与受精的时间。据此可以指导种子园生产,如:当种子园内授粉水平低下时就可以制定人工授粉计划并实施,通过人工辅助授粉确保种子园高产与稳产;另外,当种子园花粉散粉期间无风或风速太小时,建议在种子园散粉期间使用风力灭机给种子园林木鼓风,一方面使种子园花粉抬升,提高林冠层花粉密度,延长胚珠授粉与受精时间,另一方面可促进不同无性系花粉的混合提高杂交率降低自交率,提高种子的遗传品质。

马尾松花粉能借助风力传播一定的距离,花粉的传播距离与风向及风速相关。据2010年的观测发现,种子园外大气花粉量随距离增加而递减,马尾松花粉的传播距离超过500 m。因此,在建立马尾松种子园时,应该增加隔离距离,尽可能地减少外源马尾松花粉进入种子园防止花粉污染,以提高

种子园种子的遗传品质。参照已有研究结果<sup>[12-15,18-20]</sup>,本研究认为马尾松种子园的隔离距离应大于1 000 m。

## 参 考 文 献

- [1] 孟翎冬. 湖北省马尾松人工林近自然经营初探[J]. 湖北林业科技, 2012(1): 43-46.
- [2] 周政贤. 中国马尾松[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [3] 徐进, 王章荣, 丘进清, 等. 马尾松种子园无性系结实量、种实性状及遗传参数的分析[J]. 林业科学, 2004, 40(4): 201-205.
- [4] 雷静品, 肖文发, 黄志霖, 等. 三峡库区上游马尾松生长及其与气候变化的关系[J]. 华中农业大学学报, 2011, 30(4): 426-431.
- [5] 胡云, 胡泽军, 高大雄, 等. 马尾松半同胞家系子代林早期生长差异分析[J]. 福建农林大学学报, 2012, 41(4): 493-497.
- [6] 洪永辉, 林文奖, 黄以法, 等. 马尾松全同胞子代测定及优良单株选择[J]. 福建林学院学报, 2010, 30(2): 109-114.
- [7] 陈亚斌. 马尾松第一代改良无性系种子园建园材料选择[J]. 福建林业科技, 2009, 36(3): 111-116.
- [8] 谭小梅, 周志春, 金国庆, 等. 马尾松二代无性系种子园子代父本分析及花粉散布[J]. 植物生态学报, 2011, 35(9): 937-945.
- [9] 沈熙环. 种子园技术[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992.
- [10] 杨章旗. 马尾松种子园优良家系生长性状选择[J]. 福建林学院学报, 2006, 26(1): 45-48.
- [11] 高大雄, 刘宗友, 王希群, 等. 太子山马尾松种子园营建技术研究[J]. 湖北林业科技, 2003(1): 15-21.
- [12] 张卓文, 唐靖, 黄子锋, 等. 崇阳杉木无性系种子园花粉散发与空间分布特性研究[J]. 种子, 2001(5): 15-17.
- [13] 陈晓阳, 李文刚. 杉木种子园花粉空间分布和传播距离的研究[J]. 北京林业大学学报, 1996, 18(2): 24-30.
- [14] 隋娟娟, 张卓文, 李时元, 等. 日本落叶松种子园花粉散发及其空间分布特征[J]. 中南林业科技大学学报, 2006, 26(2): 55-59.
- [15] 张卓文, 林平. 杉木花粉生态学特性研究[J]. 林业科学, 1990, 26(5): 410-418.
- [16] 陈岳武, 蒋恕. 杉木无性系种子园花粉数量的研究[J]. 南京林产工业学院学报, 1979(1/2): 111-122.
- [17] SILENT R R. Pollen dispersal consideration for douglas-fir [J]. Jof For, 1962, 60: 790-795.
- [18] 王晓茹, 沈熙环. 油松种子园花粉飞散规律的研究[J]. 林业科学, 1987, 23(1): 1-10.
- [19] ZHANG Z W. Pollen dispersal and its spatial distribution in seed orchards of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook [J]. Sil Gen, 2002, 51(6): 237-241.
- [20] ZHANG Z W, SUI J J, MEI L, et al. Pollen dispersal and its spatial distribution in a seed orchard of *Larix kaempferi* (Lamb.) Carr [J]. Sil Gen, 2008, 57(4/5): 256-261.

## Pollen dispersal and its spatial distribution in the seed orchard of *Pinus massoniana*

XIE Yan-feng<sup>1,2</sup> ZHANG Zhuo-wen<sup>1</sup> GAO Da-xiong<sup>3</sup> XU Lin<sup>2</sup>  
MEI Li<sup>1</sup> ZOU Jie<sup>1</sup> HU Wen-jun<sup>1,4</sup> SUN Min<sup>1,5</sup> ZOU Qing-lin<sup>1,6</sup> WEI Jian-sheng<sup>1</sup>

1. Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. Wuhan Forestry & Fruit Tree Research Institute, Wuhan 430075, China;
3. Taizishan Forest Management Bureau, Jingshan 431800, China;
4. Huangshi Horticultural Co., Ltd, Huangshi 435002, China;
5. Qingdao Seaside Scenic Area Administration, Qingdao 266003, China;
6. Wuhan Modern Urban Agriculture Planning and Design Institute, Wuhan 430065, China

**Abstract** The pollen dispersal and its spatial distribution was studied in *Pinus massoniana* clonal seed orchard located in Taizishan, Hubei Province. The results showed that the pollen quantity in the air in the clonal seed orchard of *Pinus massoniana* had a date rhythm of low-high-low. The pollen dispersal peak stage appeared in the mid of the whole pollen dispersal period with a duration of 3-5 days. The pollen quantity in the air had significant differences among dates and had a time regular of low-high-low with the peak time occurring from 10:00 to 14:00. However, the peak time was impacted by climatic factors. The pollen quantity in the atmosphere outside the seed orchard decreased with the distance increase showing an S curve regression. The pollen dispersal and its distribution were affected by a lot of factors, such as wind speed, relative humidity, temperature, terrain and so on. Based on the characteristics of the pollen dispersal and its distribution outside the seed orchard, the minimum isolation distance for a seed orchard was more than 1 000 m in order to prevent pollen pollution by external pollen.

**Key words** *Pinus massoniana*; clonal seed orchard; pollen; pollen dispersal characteristics

(责任编辑:张志钰)