

# 马尾松种子园球花在树冠中的分布及雌雄配子产量

张卓文<sup>1</sup> 高大雄<sup>2</sup> 刘小宇<sup>2</sup> 谢焰锋<sup>1,3</sup> 梅莉<sup>1</sup> 胡文君<sup>1,4</sup> 邹庆琳<sup>1</sup>

1. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; 2. 湖北省太子山林场管理局, 京山 431800;  
3. 武汉市林业果树科学研究所, 武汉 430075; 4. 湖北省黄石市园林花木有限责任公司, 黄石 435002

**摘要** 以太子山林场管理局马尾松嫁接无性系种子园为研究对象, 探讨雌雄球花在树冠中的分布及雌雄配子比例。结果表明: 各无性系单株间马尾松雌雄球花数差异均达显著性水平, 雄球花为 291.61~1 549.69 个/株, 平均值为 1 009.09 个/株, 变异幅度大; 雌球花为 135.40~636.39 个/株, 平均值为 343.91 个/株, 变异幅度较大; 雌雄球花比值变异幅度也较大(0.14~1.07)。不同无性系马尾松单株花粉产量间存在极显著性差异, 平均单个马尾松花粉囊产花粉 16 513.33 粒, 平均单株马尾松花粉产量为  $3.75 \times 10^{11}$  粒, 全园花粉产量为  $2.03 \times 10^{15}$  粒。平均单个马尾松雌球花生产胚珠 177 个, 平均单株马尾松产胚珠 60 872.07 个, 全园产胚珠 3.29 亿个, 种子园马尾松雌雄配子比例为  $1:6.16 \times 10^6$ ; 全年种子产量期望达到约 4 115.53 kg。

**关键词** 马尾松; 种子园; 球花; 花粉; 胚珠

**中图分类号** S 722.8<sup>+</sup>3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)02-0034-06

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 1.252 亿  $\text{m}^3$ , 占总蓄积量的 40% 以上。因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>。

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。因林木生长周期长且树体高大, 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就成为林木遗传改良常规、成熟且最有效的方法<sup>[2-8]</sup>。种子园即是良种繁殖基地, 是育种系统中的一个重要环节<sup>[9]</sup>。湖北省太子山林场管理局于 1990—1993 年建立了嫁接马尾松无性系种子园, 从 2003 年起进入种子生产稳定时期, 从此种子园每年都生产大量良种。文献<sup>[4-5]</sup>表明, 种子园子代林的遗传增益很大。

建立种子园的目的就在于提高种子的产量与质量。种子园立地条件优越, 每个植株光照充分, 且每株母树都受到人们集约经营管理, 种子生产量比同等条件下的林分大; 同时人们利用种子园内不同无性系植株之间的遗传差异生产具有杂交优势的杂交

种子, 杂交种子经过育苗然后上山造林能显著地提高林分生产能力与木材质量。

马尾松为单性球花, 雌雄同株。一般花期 3 月上旬至 4 月中旬, 风为传粉媒介, 是典型的风媒花。胚珠授粉受精后, 球果要经历 2 年时间才能发育成熟。球果成熟期一般在 10 月下旬至 11 月中下旬, 成熟后球果陆续脱落, 种子飞散。

由于人们对马尾松开花习性缺少深入的了解, 在种子园生产实践中存在很多授粉与受精方面的问题, 影响了种子的遗传品质与种子园种子产量。例如在马尾种子园内常常因为授粉水平不高或授粉水平不稳定, 许多植株雌球花没有充足的花粉授粉而出现很多空粒种子; 种子园内偏雄植株数目多而影响平均单株种子产量; 种子园中有的无性系单株结实力低; 种子园中有的母树存在自交现象等, 这些因素均减少了种子园内单位面积上母树的种子产量, 降低了种子的遗传品质。为了减少种子的空壳率, 伐除种子生产量低的无性系植株, 促进种子园种子产量的高产与稳产, 提高种子的遗传品质, 我们前期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<sup>[10]</sup>, 本研究探讨雌雄球花在树冠中的分布及雌雄配子比例。

收稿日期: 2013-01-14

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)

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

## 1 材料与方法

### 1.1 种子园概况

供试马尾松无性系种子园地处湖北省京山县太子山林场管理局仙女林场,位于石龙水库边,三面环水,近似半岛环境,水域面积形成了天然的花粉隔离带,具体情况参见文献[10]。

### 1.2 雌雄球花在树冠中的分布

在种子园同一小区内,随机选择10个无性系,每个无性系测定3株(挂牌)。将每一植株树冠等距离划分为树冠上层、树冠中层及树冠下层。每层又分别在东南西北四个方向,调查1个一级代表侧枝,

$$\text{单个花粉囊产花粉数} = \frac{\text{测定样本体积} \times \text{平均每个视野花粉数}}{\text{每视野体积} \times \text{测定的小孢子叶数} \times \text{每个小孢子叶含花粉囊数}}$$

$$\text{种子园总花粉量} = \text{单个花粉囊花粉量} \times \text{单个小孢子叶花粉囊数} \times \text{单个小孢子叶球含小孢子叶数} \times \text{单个雄球花含小孢子叶球数} \times \text{单株树含雄球花数} \times \text{种子园总株数}$$

### 1.4 马尾松胚珠产量

与花粉产量测定方法相同,在上述挂牌的各无性系植株上随机采集雌球花和球果。分别对不同无性雌

$$\text{单株产胚珠数} = \text{单个大孢子叶产胚珠数} \times \text{单个雌球花产可育苞鳞数} \times \text{单株树产雌球花数目}$$

$$\text{种子园产胚珠总量} = \text{单株产胚珠数} \times \text{种子园内马尾松总株数}$$

### 1.5 数据处理

应用SAS软件,进行不同马尾松无性系单株间各特征值的方差分析、多重比较(Duncan)及聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 雌雄球花数及其在树冠中的分布

1)不同无性系单株雌雄球花数。马尾松各无性系单株雄球花数变异幅度很大,从89<sup>#</sup>无性系的291.61个/株至112<sup>#</sup>无性系的1549.69个/株,平均生产雄球花1009.09个/株。马尾松各无性系单株雌球花数变异幅度也很大,从3<sup>#</sup>无性系的135.43个/株至132<sup>#</sup>无性系的636.39个/株,平均生产雌球花343.91个/株。雌雄球花比值为0.14~1.07(表1)。方差分析表明,不同无性系单株雌球花总量之间以及不同无性系单株雄球花总量之间的差异都达到了极显著性水平(表1)。在种子园中,各无性系植株所处的气候、土壤、母岩、地形等立地条件相似,生产技术措施也相同,因此,不同无性系单株雌球花数与雄球花数差异是由于遗传差异所致,与陈岳武等<sup>[11]</sup>的研究结果类似。

以雌雄球花比值为参数进行各无性系聚类分析的结果表明,马尾松可划分为三类:偏雄类型,这类

计数枝上的雌雄球花数并以此计算全株的雌球花与雄球花数目。

### 1.3 马尾松花粉产量

在上述挂牌的各无性系植株上随机采集20个雄球花。再分别从各无性系20个雄球花中随机抽取3个小孢子叶球,分别计数小孢子叶数,再从中随机选取10个小孢子叶。将小孢子叶溶于10 mL甘油与水配成的等渗溶液( $V_{\text{甘油}} : V_{\text{水}} = 1 : 6$ )中,用镊子撕破花粉囊后洗出花粉囊内的花粉。在显微镜(10×10倍)下通过用Neubauer血球计数板统计视野中的花粉数,每个无性系重复3次。种子园花粉数用以下公式计算:

球花及球果测定各特征值,均重复3次。由树冠各部位的一级侧枝数计算出各部位雌球花数及各无性系单株的雌球花数。马尾松胚珠产量用以下公式计算:

无性系有112<sup>#</sup>、135<sup>#</sup>、134<sup>#</sup>、102<sup>#</sup>及3<sup>#</sup>;雌雄比例居中型,这类无性系有106<sup>#</sup>、114<sup>#</sup>、132<sup>#</sup>及131<sup>#</sup>;偏雌型,这类无性系有89<sup>#</sup>。

2)马尾松树冠不同方位枝条雌雄球花数。调查发现,马尾松种子园内雌雄球花在树冠东南西北不同方位的分布存在差异:树冠南向枝条的雄球花花量最多,平均为49.01个/枝;西向和东向枝条次之,分别为44.52与43.09个/枝;北向枝条花量最少,平均38.60个/枝。树冠中不同方位的枝条雌球花差异也存在差异,东南西北四个方位的球花数分别平均为15.52、15.50、14.79和14.81个/枝,结果见图1。方差分析结果显示,种子园内马尾松不同方位枝条雌球花数与雄球花数差异均未达到显著性水平。

3)马尾松不同冠层雌雄球花数。雌球花与雄球花在马尾松无性系树冠中的分布表现出明显规律:大多数雄球花分布在中层至下层树冠之中,大多数雌球花则分布在中层至上层的树冠之中(图2)。树冠下层平均雄球花数为618.27个/株,中层为360.02个/株,上层仅有61.55个/株。雌球花数树冠下层平均为9.17个/株,中层为19.65个/株,上层为16.65个/株。方差分析表明,不同树冠层之间马尾松雌球花数与雄球花数均存在极显著性差异。

表 1 雌雄球花在马尾松树冠中的分布<sup>1)</sup>

Table 1 Distribution of male cones and female cones in the tree crown of *P. massoniana*

无性系 Clone	树高/m Height	胸径/cm Diameter at breast height	单枝雄球花数 Male cones per branch			单株雄球花数 Male cones per tree	单枝雌球花数 Female cones			单株雌球花数 Female cones per tree	雌/雄 M/F
			上层 Top	中层 Middle	下层 Bottom		上层 Top	中层 Middle	下层 Bottom		
			112 <sup>#</sup>	8.50	17.90		29.67	66.33	112.17		
106 <sup>#</sup>	8.40	16.70	5.17	9.83	67.33	613.17 E	17.00	13.17	6.00	269.28 CD	0.44
114 <sup>#</sup>	8.90	20.70	5.50	45.17	79.67	970.83 CD	12.50	42.67	3.33	436.11 BC	0.45
135 <sup>#</sup>	9.70	23.70	6.17	62.17	93.83	1 420.28 AB	16.67	10.33	8.33	309.28 CD	0.22
132 <sup>#</sup>	9.00	22.40	10.67	23.33	104.17	1 214.28 BC	29.67	29.33	13.50	635.89 A	0.52
131 <sup>#</sup>	8.70	21.50	17.83	84.00	73.83	1 096.33 C	36.67	23.83	34.00	591.05 AB	0.54
134 <sup>#</sup>	8.90	19.00	2.50	34.00	106.67	1 240.83 BC	11.83	17.83	0.50	260.94 CD	0.21
89 <sup>#</sup>	8.30	16.20	3.00	4.00	22.50	219.45 F	5.50	16.17	10.00	235.67 D	1.07
102 <sup>#</sup>	8.50	17.00	5.50	65.00	50.83	799.44 DE	7.17	9.67	3.83	135.11 D	0.17
3 <sup>#</sup>	8.60	17.10	5.83	47.17	70.33	971.39 CD	6.33	9.50	1.33	135.22 D	0.14
平均值 Mean	8.75	19.22	9.18	44.10	78.13	1 009.09	16.65	19.65	9.17	343.91	0.40
标准差 SD	0.41	2.67	8.45	26.19	27.76	393.68	10.40	10.58	9.71	174.28	0.28
变异系数/% CV	4.64	13.90	92.05	59.40	35.53	39.01	62.47	53.83	105.93	50.67	68.84

1) 同列数据后不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。Data with different capital letters in the same rows show significant different at 0.01 level (the same as follows).

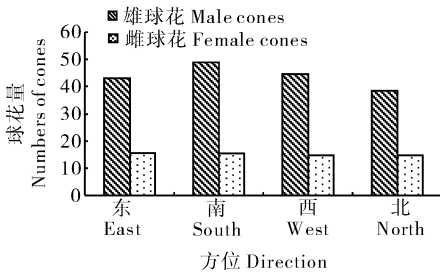


图 1 马尾松树冠不同方位枝条雌雄球花数

Fig. 1 Male cones and female cones numbers on branches in different crown direction of *P. massoniana*

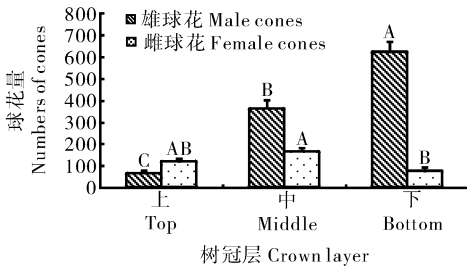


图 2 不同冠层马尾松枝条雌雄球花数

Fig. 2 Male cones and female cones numbers in different crown layer of *P. massoniana*

马尾松雌球花主要着生在上中部树冠, 这种分布方式有利于光合产物在球花中的积累; 雄球花的花量冠下最多, 冠中其次, 而冠上最少。这一结果与张卓文等<sup>[12-13]</sup>对杉木及湿地松的花量研究结果一致。

## 2.2 马尾松种子园雌雄配子产量与比例

1) 不同无性系单株间马尾松花粉产量差异。种子园内的花粉总产量决定于不同无性系林木株数、平均单株母树生产的雄球花数、每朵雄球花着生的小孢子叶球数、每个小孢子叶球生长的小孢子叶数、每个小孢子叶着生的花粉囊数以及单个花粉囊生产的花粉数, 马尾松花粉生产量如表 2 所示。

马尾松单个花粉囊平均产花粉粒 16 513.33 粒, 每个小孢子叶球平均含 97.00 个小孢子叶, 每个小孢子叶一般含 2 个花粉囊, 每个小孢子叶球平均可产花粉  $3.24 \times 10^6$  粒。每个雄球花平均含 96.73 个小孢子叶球, 平均生产花粉  $3.13 \times 10^8$  粒。单株平均生产 1 009.09 个雄球花, 生产花粉  $3.75 \times 10^{11}$  粒。

马尾松种子园不同无性系植株单个花粉囊花粉产量变异幅度很大, 最小的是 89<sup>#</sup> (9 174.07 粒/花粉囊), 最大的是 112<sup>#</sup> (24 245.76 粒/花粉囊)。方差分析表明, 不同无性系植株单个花粉囊花粉产量之间的差异达到极显著水平(图 3)。

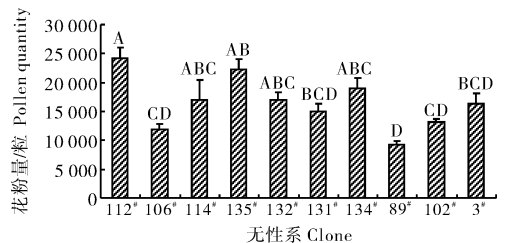


图 3 马尾松不同无性系植株单个花粉囊产花粉数

Fig. 3 Pollen quantity produced by a sac for different clone trees of *P. massoniana*

表 2 马尾松无性系植株间雄球花特征值

Table 2 Characteristics of male cone for each clone tree of *P. massoniana*

无性系 Clone	单个花粉囊 生产花粉数 Pollens per sac	每个小孢子叶球 生长小孢子叶数 Microsporophylls per microstrobilus	每朵雄球花着生 小孢子叶球数 Microstrobilus per male cone	单株雄球花数 Male cone per tree	单株花粉产量/ (粒/株) Pollen per tree
112#	24 245.76	104.00	95.33	1 549.69	7.45×10 <sup>11</sup>
106#	11 795.23	88.33	70.67	612.93	9.03×10 <sup>10</sup>
114#	17 037.56	91.67	82.00	970.26	2.49×10 <sup>11</sup>
135#	22 279.89	106.00	118.67	1 423.46	7.98×10 <sup>11</sup>
132#	17 037.56	103.33	96.00	1 212.80	4.10×10 <sup>11</sup>
131#	15 071.69	83.33	92.00	1 093.04	2.53×10 <sup>11</sup>
134#	19 003.43	98.00	136.67	1 240.78	6.32×10 <sup>11</sup>
89#	9 174.07	93.33	67.33	219.61	2.53×10 <sup>10</sup>
102#	13 105.82	100.00	108.67	795.41	2.27×10 <sup>11</sup>
3#	16 382.27	102.00	100.00	972.96	3.25×10 <sup>11</sup>
平均值 Mean	16 513.33	97.00	96.73	1 009.09	3.75×10 <sup>11</sup>
标准差 SD	4 590.16	7.52	21.12	393.68	2.67×10 <sup>11</sup>
变异系数/% CV	27.80	7.75	21.83	39.01	71.15

2)不同无性系植株雌球花胚珠产量。马尾松种子园种子的总产量决定于各无性系单株胚珠的生产量与各无性系单株数目。各无性系单株胚珠产量之间变异幅度较大,种子园平均每朵雌球花生产可育苞鳞数 76.67~101.33(平均 88.50),同一无性系植

株间可育苞鳞数变异系数较小,平均 9.82%;平均单株树产雌球花数 135.43~636.39(平均 343.91);平均每株母树生产胚珠数 63 101.41。方差分析表明,各马尾松无性系植株每朵雌球花生产胚珠数之间存在差异,且差异达极显著性水平(表 3)。

表 3 马尾松不同无性系单株胚珠生产量

Table 3 Ovule number produced by a mother tree among clones in seed orchard of *P. massoniana*

无性系 Clone	每朵雌球花可育苞鳞数 Fertilizable bracts per cone	单株产雌球花数 Female cone per plant	单株产胚珠数 Ovules per tree
112#	101.33±1.76 A	431.83±8.92 BC	87 518.22±1 807.35 BC
106#	86.00±1.73 BC	269.28±17.80 CD	46 315.78±3 061.94 DE
114#	98.33±1.45 A	436.11±27.46 BC	85 768.52±5 400.86 BC
135#	91.00±1.00 B	309.28±12.58 CD	56 288.55±2 288.80 CD
132#	97.33±0.67 A	635.89±40.58 A	123 786.37±7 898.90 A
131#	91.00±1.53 B	591.05±116.71 AB	107 572.11±21 240.93 AB
134#	83.33±0.88 C	260.94±9.94 CD	43 490.74±1 656.94 DE
89#	82.33±1.20 CD	235.67±27.54 D	38 806.45±4 534.68 DE
102#	76.67±0.88 E	135.11±23.79 D	20 717.04±3 647.95 E
3#	77.67±0.88 DE	135.22±8.66 D	21 004.52±1 345.67 E
平均值 Mean	88.50	344.04	63 126.83
标准差 SD	8.69	174.83	35 965.82
变异系数/% CV	9.82	50.82	56.97

3)马尾松种子园雌雄配子比例及种子产量估测。仙女林场马尾松种子园内大约栽植母树 5 400 株,平均每朵雄球花生产花粉 3.13 亿粒,平均每株母树可生产花粉 3.75×10<sup>11</sup> 粒,种子园每年花粉总生产量 2.03×10<sup>15</sup> 粒。平均每朵雌球花生产胚珠 177 个,单株生产雌球花 343.91 个,单株生产胚珠

60 872.07 个,全园生产胚珠 3.29 亿个。雌配子与雄配子比值是 1 : 6.16×10<sup>6</sup>,授粉水平较高,在天气正常情况下能充分授粉受精。

种子质量检测表明,仙女林场马尾松种子园种子平均千粒重为 12.51 g,如果没有病虫害、气象等自然灾害,授粉水平较高时种子园产量可望达到

4 115.53 kg。

## 3 讨论

### 3.1 种子园授粉水平与人工辅助授粉

生产实践中发现,马尾松空粒种子占其总质量的14%左右。因此,如何降低种子园空粒率、提高种子饱满率就成为种子园经营过程中迫切要解决的实际问题。

在种子园内,种子空粒率取决于散粉期间种子园的授粉水平,而维持散粉期间种子园适宜的授粉水平是种子园高产稳产的前提条件。影响种子园授粉水平(花粉产量)的因素包括:种子园林木种植密度、无性系平均单株生产的雄球花数、平均单个雄球花生产的小孢子叶球数目、平均单个小孢子叶球生产的小孢子叶数、平均单个小孢子叶生产的花粉囊数、平均单个花粉囊生产花粉数。如果种子园授粉水平太低,就应该及时地通过人工辅助授粉方式来保证种子园内母树的每个胚株都能得到授粉与受精。为此,我们制定马尾松种子园人工辅助授粉操作规范如下:

1)花粉采集。当雄球花接近成熟时,在晴天内采集花粉。一般用2种方法采集,在12:00—14:00时段内用塑料袋或透明纸袋及时套上着生雄球花的小枝后轻摇,散落的花粉收集在袋中;也可在雄球花散粉前剪下花枝,将着生雄球花的小枝用瓶水培,并置于无风的房间内,瓶下铺上干净的白纸,当花粉散发时花粉即沉降在纸上。将花粉收集在500 mL广口瓶中,每个瓶花粉只装容积的1/2。

2)花粉干燥。将装有花粉的广口瓶置于干燥器内干燥,或在密闭的容器中用化学试剂干燥,在干燥过程中打开广口瓶盖。试验表明,花粉干燥是维持其生活力最关键的因子之一。

3)花粉贮藏。花粉经过干燥后盖上广口瓶盖,密封后将广口瓶置于-5~0℃的冰箱内贮藏。如果需要长期保存花粉,花粉则应该-20~-5℃条件下贮藏,并定期检测花粉生活力。

4)人工授粉。在雌球花可授粉期间分2~5次进行人工授粉,一般在晴天10:00—16:00时段进行授粉。人工授粉可采用喷粉器授粉,如果花粉充足可用纯花粉喷散,如果花粉较少则可与滑石粉临时组成混合粉剂喷散。授粉时要利用好风向与地形,节约花粉。

### 3.2 高产种子无性系选择

在太子山林场马尾松种子园中存在偏性无性系植株,如偏雄无性系3<sup>#</sup>与102<sup>#</sup>,偏雌无性系89<sup>#</sup>无性系,这一研究结果与徐进等<sup>[14]</sup>对马尾松花量研究结果相同。

在种子园内,如果偏雄无性系植株太多,即使散粉期间授粉水平较高,也会影响单位面积内种子的产量。在保证种子园中等授粉水平的前提下,如果适当地伐去部分偏雄无性系植株并补植偏雌无性系植株,就可以提高种子的产量与种子园经济效益。因此,在种子园管理中应注意各无性系植株间的合理比例与无性系植株配置,避免花粉的浪费或不足。

种子园内所有母树虽然在相似的气候、土壤、母岩、地形等立地条件下生长,但各无性系植株的雌球花数却存在差异,且这种差异达到极显著水平。这一结果表明,各无性系单株生产雌球花数与单株种子产量受遗传因素的控制,陈岳武等<sup>[11]</sup>的研究也得出相同的结论。种子园种子的总产量取决于各无性系单株生产胚珠数及其各无性系植株数。种子园各无性系单株球果产量调查表明,种子园内各无性系单株生产的球果数目差异较大,也即表明其胚珠数差异较大,变异系数达到57%,方差分析也表明各无性系单株结实量差异达极显著性水平。因此,有必要对种子园内各无性系植株进行调查与清理,淘汰不适合本地生长的无性系植株,伐除种子产量低的无性系植株。

许多学者都认为不同无性系植株雌球花数存在有很大的差异,这种差异可为高产稳产高世代种子园建设成提供建园材料<sup>[15]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] 张国洲,谢维斌.我国马尾松种子园研究进展[J].安徽农业大学学报,2012,39(1):84-87.
- [2] 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.
- [3] 王孜昌.多球果型马尾松的形态和生殖生物学特征研究[J].种子,2004,23(7):31-36.
- [4] 龚佳,季孔庶,王鹏.马尾松种子园产量及遗传多样性研究概述[J].林业科技开发,2006,20(2):4-7.
- [5] 周志春.马尾松遗传改良的成就、问题和思考[J].林业科学研究,1997,10(4):435-442.
- [6] 张薇,龚佳,季孔庶,等.马尾松实生种子园遗传多样性分析[J].分子植物遗传,2008,6(4):717-723.
- [7] 艾畅,徐立安,赖焕林,等.马尾松种子园的遗传多样性与父本

- 分析[J]. 林业科学, 2006, 42(11): 146-150.
- [8] 李志辉, 陈艺, 张冬林, 等. 广西马尾松天然林古蓬和浪水种源群体遗传多样性研究 ISSR 分析[J]. 中国农学通报, 2009, 25(16): 116-119.
- [9] 季孔庶, 樊民亮, 徐立安, 等. 马尾松无性系种子园半同胞子代变异分析和家系选择[J]. 林业科学, 2005, 41(6): 264-267.
- [10] 谢焰锋, 张卓文, 高大雄, 等. 马尾松种子园花粉散发及其空间分布特征[J]. 华中农业大学学报, 2013, 32(6): 32-37.
- [11] 陈岳武, 荣文琛. 马尾松垂直分布天然群体遗传变异的研究[J]. 南京林业大学学报, 1990, 14(2): 46-53.
- [12] 张卓文, 许大明, 朱红东, 等. 湿地松球花特性及其种子园配子比例研究[J]. 种子, 1994, 73(5): 20-22.
- [13] ZHANG Z W. Differences in flowering characteristic among clones of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook [J]. Sil Gen, 2002, 51(5): 206-210.
- [14] 徐进, 洪永辉, 朱金秋, 等. 马尾松种子园的花量分析[J]. 江苏林业科技, 1998, 25(2): 7-11.
- [15] DAG L, CUI J G, SEOG G S, et al. Balancing seed yield and breeding value in clonal seed orchards[J]. New For, 2004, 28(1): 11-22.

## Distributions of both male cones and female cones in crown and ratio of pollen to ovule in seed orchard of *Pinus Massoniana* located in Taizishan

ZHANG Zhuo-wen<sup>1</sup> GAO Da-xiong<sup>2</sup> LIU Xiao-yu<sup>2</sup> XIE Yan-feng<sup>1,3</sup>  
MEI Li<sup>1</sup> HU Wen-jun<sup>1,4</sup> ZOU Qing-lin<sup>1</sup>

1. College of Horticulture & Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Taizishan Forest Management Bureau, Jingshan 431800, China;

3. Wuhan Forestry & Fruit Tree Research Institute, Wuhan 430075, China;

4. Huangshi Horticultural Co. Ltd, Hubei Province, Huangshi 435002, China

**Abstract** Distributions of both male cones and female cones in a tree crown and the ratio of female-male gamete were studied in *Pinus massoniana* clone seed orchard located in Taizishan, Hubei Province. The results showed that there were significant differences among the quantity of both male cones and female cones in the tree crown. The average number of male cones was 1 009.09, ranging from 291.61 to 1 549.69 per tree whereas the average number of female cones was 343.91, ranging from 135.43 to 636.39 per tree. The ratio of male cones to female cones was ranged from 0.14 to 1.07 for different clone mother trees. The average pollen number per sac, the average pollen per tree and all pollen in seed orchard was 16 513.33,  $3.75 \times 10^{11}$  and  $2.03 \times 10^{15}$ , respectively. There was a significant difference for pollen yield among different clone trees. The average ovule number per female cone, average ovule number per tree and all ovule in seed orchard was 177,60 872.07 and 3.29 billion, respectively. The ratio of pollen to ovule for the seed orchard of *P. massoniana* studied was about 1 to  $6.16 \times 10^6$ . The seed yield in this seed orchard could theoretically reach to 4 115.53 kg.

**Key words** *Pinus massoniana*; seed orchard; cone; pollen; ovule

(责任编辑: 张志钰)