

# 马尾松二代种子园无性系开花物候观测

唐效蓉<sup>1</sup>, 李宇珂<sup>2</sup>, 夏合新<sup>1</sup>, 曾令文<sup>3</sup>, 伍新云<sup>4</sup>, 张翼<sup>1</sup>,  
王晓锋<sup>5</sup>, 唐黎<sup>4</sup>, 周国瑾<sup>3</sup>

(1. 湖南省林业科学院, 湖南长沙 410004; 2. 北京漫天下风采传媒文化有限公司, 北京 100029;  
3. 城步苗族自治县云马国有林场, 湖南城步 422500; 4. 桂阳县林业局, 湖南桂阳 4244002;  
5. 句容市林业科技推广中心, 江苏句容 212400)

**摘要:** [目的] 在用材林高世代种子园建园材料选择时, 最初重点考虑的是其速生性, 而对优树的开花物候关注较少。在高世代种子园营建时, 无性系的配置常根据其种源在大范围内考虑其开花物候的遗传因素, 但即使是小范围内相同种源的无性系, 其开花物候也不可能绝对同步。因此, 了解种子园无性系的开花物候, 可为种子园的集约经营、产量预测、种子遗传品质调控等提供依据。[方法] 于 2012—2013 年, 在桂阳县苗圃马尾松二代种子园 I 大区、V 大区分别随机选取不同类型的无性系 10 个和 25 个, 对其开花物候进行观测。[结果] 表明: 不同无性系的雌、雄球花花期起止日期和持续时间均有差异, 但无性系间雌、雄球花花期值差异均未达显著水平, 35 个无性系总体雌、雄球花花期具有一定的同步性; 35 个无性系雌、雄球花的初花期基本同步, 雌、雄球花的盛花期和末花期同步。株间花期差异相对于无性间要大, 但雄球花花期较早的植株, 其雌球花花期也较早, 同一株建园亲本的雌、雄球花花期有一定的同步性。除雌球花的末花期与雄球花的初花期呈微弱负相关外, 雌、雄球花的初花期、盛花期、末花期间均呈极显著或显著正相关。各花期的相关性呈现初花期和盛花期的相关 > 盛花期和末花期的相关 > 初花期和末花期的相关, 雌球花初花期与雄球花初花期的相关系数最大。坡位对母树的花期有极显著影响, 生长在不同坡位的植株, 其雌、雄球花花期值差异明显, 其大小均为上坡 < 中坡 < 下坡。坡位对花期影响最大的是雌球花的初花期, 其次是雄球花的初花期、雌球花的盛花期、雄球花的盛花期, 而对雌、雄球花的末花期影响最小。偏北产地无性系的花期相对较早, 不同的无性系类型, 其雄球花的盛花期和雌球花的初花期的差异显著; 雄球花的初花期、末花期以及雌球花的盛花期和末花期差异均不显著。不同的年份, 雌、雄球花花期的早晚差异很大, 2012 年最早初花期较 2013 年最早初花期早 25 d。[结论] 桂阳马尾松二代种子园 35 个无性系总体雌、雄球花花期具有较好的同步性; 从开花物候方面考虑, 该种子园建园材料选择较合理, 对种子园种子产量和遗传品质没有影响。

**关键词:** 马尾松; 二代种子园; 无性系; 开花物候; 雌球花; 雄球花; 初花期; 盛花期; 末花期

中图分类号: S791.248

文献标识码: A

## The Analysis of Flowering Phenology of Clones in Guiyang *Pinus massoniana* Second-generation Seed Orchard

TANG Xiao-rong<sup>1</sup>, LI Yu-ke<sup>2</sup>, XIA He-xin<sup>1</sup>, ZENG Ling-wen<sup>3</sup>, WU Xin-yun<sup>4</sup>, ZHANG Yi<sup>1</sup>,  
WANG Xiao-feng<sup>5</sup>, TANG Li<sup>4</sup>, ZHOU Guo-jin<sup>3</sup>

(1. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China; 2. Beijing Mantianxia Culture Co. Ltd, Beijing 100029, China;  
3. Yunma State-owned Forest Farm of Chengbu Miao Autonomous County, Chengbu 422500, Hunan, China; 4. Forestry Bureau of Guiyang County, Guiyang 424400, Hunan, China; 5. Jurong Forestry Science and Technology Promotion Center, Jurong 212400, Jiangsu, China)

**Abstract:** [Objective] When selecting the materials of establishing timber forest advanced-generation seed or-

收稿日期: 2016-01-25

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划课题“南方针叶树种高世代育种技术与示范”(2012BAD01B02); 国家林木种质资源平台(2013DKA210003-02-13)。

作者简介: 唐效蓉(1964—), 女, 湖南省邵东县人, 研究员, 主要从事林木遗传育种与栽培技术研究。

chard, The initial focus was on timber's fast-growth, rather than the flowering phenology of superior tree. During the establishment of the advanced-generation orchard, the clone arrangements are usually based on the flowering phenology genetic factors of its provenance in a large scale. Even clones of same provenance on a small scale, the flowering phenology can not be absolutely synchronized, rather than that in large-scale. Therefore, understanding the flowering phenology of clonal seed orchard can provide some evidences for intensive cultivation, yield prediction, seed genetic quality regulation of the seed orchard. [ **Methods** ] Ten clones of *Pinus massoniana* were randomly selected from Region I and twenty five clones randomly from Region V with different type in Guiyang *Pinus Massoniana* Second-Generation Seed Orchard from 2012 to 2013, then observed their flowering phenology. [ **Result** ] The results showed that there were differences in commencement and ending dates and durations among different clones of female and male flowering phase, but a certain synchronicity in whole flowering phase between female and male of 35 clones, and also in sync roughly in their initial flowering stage, and total synchronization occurred in their full-bloom stage and last flowering stage. The difference in flowering phase among individuals was larger than that among clones. While the individuals who had an earlier male flowering period appeared to have also an earlier female flowering period. There were certain synchronicity between male and female from the same strain of parents in generation orchard. In addition to a weak negative correlation between the late flowering stage of female cones and the initial flowering stage of male cones, there were highly significant or significantly positive correlations between male and female of their initial flowering stage and full-bloom stage and last flowering stage. The extent of correlations decreased in sequence of the correlation between initial flowering stage and full-bloom stage, the correlation between full-bloom stage and lasting flowering stage, and the correlation between initial flowering stage and lasting flowering stage. The correlative coefficient of initial flowering stage of female and initial flowering stage of male was the greatest. Slope positions showed significant affect on the flowering period of the mother tree. Among the entire individual grows in different slope positions, there were obvious differences between the flowering value of male and female. The differences listed in order of small to large are: upper slope, middle slope, and down slope. The effects of slope positions on flowering period in a sequence from high to low degree were initial flowering stage of female, initial flowering stage of male, full-bloom stage of female, full-bloom stage of male, lasting flowering stage of both male and female. The flowering period of clones came from farther north origin was comparatively earlier. Among different type of clones there were significant differences in male full-bloom stage and female initial flowering stage, but no significant difference was found in male initial flowering stage and lasting flowering stage, as well as female full-bloom stage and lasting flowering stage. Both in female and male flowering period, there were large differences yearly. The earliest flowering period in 2012 was 25 days in advance of that in 2013. [ **Conclusions** ] There were fairly good synchronicity in the whole flowering phase between female and male of 35 clones in Guiyang *Pinus Massoniana* Second-Generation Seed Orchard. Concerning the field of flowering phenology, it was quite reasonable in selecting the materials of establishing the generation orchard, and had no affect on yield prediction, seed genetic quality.

**Keywords:** *Pinus massoniana*; second-generation seed orchard; clone; flowering phenology; female cone; male cone; initial flowering stage; full-bloom stage, last flowering stage

林木高世代种子园无性系开花物候是其建园时无性系选择和配置的重要依据<sup>[1]</sup>。林木种子园种子产量及质量受诸多因素的影响,种子的质量受各无性系随机交配程度的影响<sup>[2]</sup>,而各无性系开花的同步性对种子园无性系随机交配程度具有很大影响<sup>[3]</sup>。若种子园无性系花期不遇,则会引起授粉不

良,导致球果不育,最终影响种子产量。在高世代种子园营建时,无性系的配置常根据其种源在大范围内考虑其开花物候的遗传因素,但即使是小范围内相同种源的无性系,其开花物候也不可能绝对同步。因此,了解种子园无性系的开花物候,可为种子园的集约经营、产量预测、种子遗传品质调控等提供依

据。目前,关于林木物候特点的研究报导较多<sup>[1-20]</sup>,对马尾松物候特点的研究也有不少报道<sup>[1-2, 11-17]</sup>,而对二代马尾松种子园无性系开花物候的研究报导较少。我们对湖南省桂阳县苗圃二代马尾松种子园无性系开花物候进行了观测,以期对马尾松二代种子园的可持续经营提供参考。

## 1 研究区概况

桂阳县苗圃马尾松二代种子园位于 112°38'52"~112°39'33" E、25°44'50"~25°45'23" N。其地貌属丘岗类,海拔 228.5~357.8 m,多为坡度在 20°以下的阳坡或半阳坡。该区最低气温 -9℃、最高气温 41.3℃,年均气温 17.7℃,≥10℃年积温 5241℃,无霜期 280 d,年降雨量 1473 mm,年日照时数 1644 h,相对湿度 81%,4—6 月为丰雨期,气候特征是四季分明、雨量充沛、日照充足、温和湿润<sup>[19]</sup>。种子园土壤为红壤,母岩以石灰岩为主,嵌有少量砂岩和页岩,土层厚度 100 cm 以上,肥力中等,pH 值 5.0~6.5<sup>[21-22]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样株选择

2012 年 2 月 8—10 日,于桂阳二代马尾松种子园 I 大区和 V 大区选择 35 个无性系,其中:V 大区的无性系为湖南省及少量自然条件相近的、湖南省以北的周边地区引进的基因材料,共选择 25 个无性系(1~25 号);I 大区的无性系为湖南省以南的周边地区引进的、速生性好的,特别是树高生长较突出的基因材料,共选择 10 个无性系(26~35 号)。2 个大区的母树均于 2005 年冬季嫁接,母树所在坡向均为南坡;同一类型的无性系,每 1 个无性系分别于同一小区、同一坡面的上、中、下坡各选择 1 株生长势好、无病虫害的母树作为观察样株。

### 2.2 开花物候观测方法

2012 年和 2013 年 2—4 月进行物候观测。初花期前 1~2 d 观察 1 次,发现有无性系进入了初花期,则每天观察 1 次。花期划分标准<sup>[1,12]</sup>如下:

- (1)初花期。10%左右雄球花散粉或雌球花珠鳞裂开。
- (2)盛花期。50%以上雄球花散粉或雌球花珠鳞裂开。
- (3)末花期。>90%的雄球花花粉散粉完毕,花枝变为黄褐色,呈枯萎状;>90%的雌球花珠鳞闭

合,珠鳞增厚,球花转为暗紫红色。

## 2.3 数据处理

以观测株中最早记录到的初花期的日期为基点,观察株各花期离基点的间隔天数经平方根转换后作为该植株的相应花期值<sup>[6,23]</sup>。采用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 进行数据统计、绘图以及方差分析和相关分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 无性系间花期的同步性

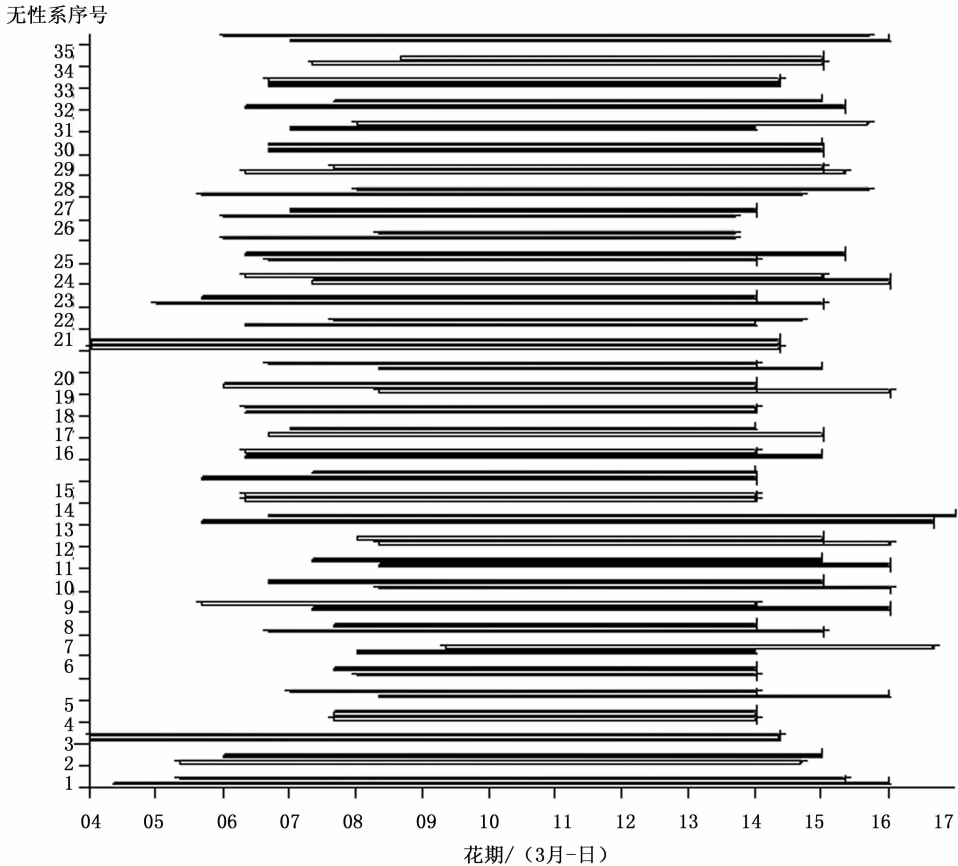
3.1.1 无性系间花期差异 以 2013 年度各无性系 3 个样株的雌、雄球花初花期至末花期起止日期的平均值为横坐标,无性系序号为纵坐标,做 35 个无性系的雌雄球花花期图(图 1)。由图 1 可以看出:不同无性系雌、雄球花花期的起止日期和持续时间均有差异,但 35 个无性系总体雌、雄球花花期具有一定的同步性。35 个无性系 3 个样株雄球花的平均初花期为 3 月 4—8 日,无性系间初花期最多相差 4 d;雌球花平均初花期为 3 月 4—9 日,无性系间初花期最多相差 5 d;雌球花初花期与雄球花初花期基本同步,雌球花初花期稍晚。雄球花平均末花期为 3 月 14—17 日,雌球花平均末花期也为 3 月 14—17 日,无性系间雄球花和雌球花的末花期均最多相差 3 d,雌球花末花期和雄球花末花期同步。35 个无性系中,雄球花初花期早于雌球花的无性系 24 个,占总数的 68.6%;雌球花初花期早于雄球花的无性系 11 个,占总数的 31.4%。

统计雄球花盛花期和雌球花盛花期发现,35 个无性系 3 个样株雄球花的平均盛花期为 3 月 8—14 日,雌球花的平均盛花期也为 3 月 8—14 日,无性系间雄球花和雌球花盛花期均最多相差 6 d,雌球花盛花期和雄球花盛花期同步。

3.1.2 无性系间花期值的差异 雌、雄球花花期值方差分析结果表明,无性系间雌、雄球花花期值差异均未达显著水平( $p < 0.05$ ),证实了无性系间花期的同步性。雌、雄球花花期差值方差分析结果也显示,无性系间雌、雄球花花期差值差异也均未达显著水平( $p < 0.05$ ),再一次验证了无性系间花期的同步性。

### 3.2 株间花期的同步性

对 105 株观察样株的花期统计得知:株间差异相对较大。雄球花初花期为 3 月 1—10 日,株间最多相差 9 d;雌球花初花期为 3 月 1—14 日,株间最



注:图中由下至上每1组2条线段分别为雄球花初花至末花和雌球花初花至末花持续时间

图1 2013年35个无性系初花期至末花期

多相差 13 d。雄球花盛花期为 3 月 5—14 日,株间最多相差 9 d;雌球花盛花期为 3 月 4—17 日,株间最多相差 13 d。雄球花末花期为 3 月 12—17 日,株间最多相差 5 d;雌球花末花期为 3 月 12—22 日,株间最多相差 10 d。可见,雌、雄球花各花期总体基本同步,雌球花花期株间差异较雄球花的大,即雌球花株间花期的同步性不如雄球花。雄球花花期较早的植株,其雌球花花期也较早。雌、雄球花花期差值成对样本检验结果显示,雌、雄球花花期差值差异并未达显著水平( $p < 0.05$ ),也说明,同一株建园亲本

的雌、雄球花的花期有一定的同步性。

### 3.3 雌雄球花花期值相关性

表 1 雌、雄球花花期值相关性分析结果显示:除雌球花的末花期与雄球花的初花期呈微弱负相关外,雌、雄球花的初花期、盛花期、末花期间均呈极显著或显著正相关;各花期的相关性呈现初花期和盛花期的相关 > 盛花期和末花期的相关 > 初花期和末花期的相关<sup>[6]</sup>,雌球花初花期与雄球花初花期的相关系数最大。这些也证实了雌、雄球花花期的同步性。

表 1 雌、雄球花花期值花期相关系数

项目		雄球花初花期	雄球花盛花期	雄球花末花期	雌球花初花期	雌球花盛花期	雌球花末花期
雄球花	初花期	1	0.685 **	0.328 **	0.714 **	0.446 **	0.048
	盛花期	0.685 **	1	0.660 **	0.450 **	0.452 **	0.169
	末花期	0.328 **	0.660 **	1	-0.017	0.072	0.219 *
雌球花	初花期	0.714 **	0.450 **	-0.017	1	0.637 **	0.240 *
	盛花期	0.446 **	0.452 **	0.072	0.637 **	1	0.544 **
	末花期	0.048	0.169	0.219 *	0.240 *	0.544 **	1

\*\* 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关; \* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

### 3.4 坡位对无性系花期的影响

表2 坡位间雌、雄球花花期值方差分析结果显示:不同坡位间,除雌球花的末花期差异未达显著水平外,雄球花的初花期、盛花期和末花期以及雌球花的初花期和盛花期的差异均达极显著水平。这可能是因为不同坡位,其光照条件有较大的差异,气温也有一定的差异,影响了球花的发育所致。

表2 花期值方差分析

项目	变异来源	平方和	df	均方	F	P 值
坡位间雌、雄球花花期值	初花期	16.835	2	8.417	35.525	0.000
	雄球花 盛花期	3.250	2	1.625	15.621	0.000
	雄球花 末花期	0.355	2	0.178	5.940	0.004
	雌球花 初花期	6.886	2	3.443	12.290	0.000
	雌球花 盛花期	2.090	2	1.045	8.045	0.001
	雌球花 末花期	0.053	2	0.027	0.972	0.382
无性系类型间雌雄球花花期值	初花期	0.076	1	0.076	0.191	0.663
	雄球花 盛花期	0.548	1	0.548	4.244	0.042
	雄球花 末花期	0.028	1	0.028	0.861	0.356
	雌球花 初花期	1.418	1	1.418	4.289	0.041
	雌球花 盛花期	0.013	1	0.013	0.086	0.769
	雌球花 末花期	0.047	1	0.047	1.728	0.192
年份间雌雄球花花期值	初花期	0.784	1	0.784	1.479	0.235
	雄球花 盛花期	4.992	1	4.992	24.614	0.000
	雄球花 末花期	5.977	1	5.977	106.867	0.000
	雌球花 初花期	0.002	1	0.002	0.004	0.949
	雌球花 盛花期	5.748	1	5.748	11.129	0.003
	雌球花 末花期	15.983	1	15.983	160.941	0.000

表3 多重比较结果显示:生长在不同坡位的植株,其雌、雄球花花期值差异明显,其大小均为上坡 < 中坡 < 下坡。雄球花初花期的花期值上坡与中坡、下坡间的差异均达显著,中坡与下坡间的差异不显著;盛花期的花期值上坡与下坡间的差异达显著,其它均不显著;末花期的花期值上坡、中坡、下坡3种坡位两两间的差异均不显著。雌球花初花期的花期值上坡、中坡、下坡3种坡位两两间的差异均达显著;盛花期的花期值下坡与上坡、中坡间的差异均达显著。

表3 坡位间雌、雄球花花期值 Duncan 多重比较

	雄球花		雌花		
	花期	花期值	花期	花期值	花期值
初花期	上坡	1.925 2 <sup>a</sup>	初花期	上坡	1.972 9 <sup>a</sup>
	中坡	2.337 3 <sup>b</sup>		中坡	2.318 2 <sup>b</sup>
	下坡	2.603 5 <sup>b</sup>		下坡	2.738 6 <sup>c</sup>
盛花期	上坡	2.213 9 <sup>a</sup>	盛花期	上坡	2.367 8 <sup>a</sup>
	中坡	2.382 7 <sup>ab</sup>		中坡	2.5101 <sup>a</sup>
	下坡	2.522 4 <sup>b</sup>		下坡	2.8107 <sup>b</sup>
末花期	上坡	1.533 7 <sup>a</sup>	末花期	上坡	1.552 9 <sup>a</sup>
	中坡	1.6935 <sup>a</sup>		中坡	1.5922 <sup>a</sup>
	下坡	1.693 8 <sup>a</sup>		下坡	1.605 7 <sup>a</sup>

注:Alpha = 0.05。

显著,上坡与中坡间的差异不显著;末花期的花期值上坡、中坡、下坡3种坡位两两间的差异均不显著。可见,坡位对花期影响最大的是雌球花的初花期,其次是雄球花的初花期、雌球花的盛花期、雄球花的盛花期,而对雌、雄球花的末花期影响最小。

### 3.5 无性系类型花期差异

统计结果显示,V大区的无性系(湖南省及少量自然条件相近的、湖南省以北的周边地区引进的)较I大区的无性系(湖南省以南的周边地区引进的)花期早。表2 无性系类型间雌、雄球花花期值方差分析结果显示,不同的无性系类型,其雄球花的盛花期和雌球花的初花期的差异均达显著,雄球花的初花和末花期以及雌球花的盛花和末花期差异则均未达显著水平。这可能是因为偏北产地的无性系长期适应较冷气候的结果<sup>[2]</sup>。

### 3.6 年份间花期差异

统计结果显示,不同的年份,雌、雄球花花期的早晚差异很大。2012年最早初期是3月26日,而2013年最早初期是3月1日,年份间相差25d。表2 年份间雌雄球花花期值方差分析结果表明:不同年份间,除雄球花和雌球花的初花期差异均未达显著水平外,雄球花的盛花期和末花期以及雌球花盛花期和末花期的差异均达极显著水平。这是因为开花早晚与 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温有关<sup>[2]</sup>。

## 3 结论与讨论

(1)花期的同步性是种子园建园无性系随机交配的基础<sup>[2,6]</sup>。本研究表明,桂阳二代马尾松种子园建园无性系的雌、雄球花花期起止日期和持续时间均有差异,但无性系间雌、雄球花花期值差异均未达显著水平,35个无性系总体雌、雄球花花期具有一定的同步性;建园无性系的雌、雄球花的初花期基本同步,雌、雄球花盛花期和末花期同步。种子园内母树株间花期差异相对于无性间要大,但雄球花花期较早的植株,其雌球花花期也较早,同一株建园亲本的雌、雄球花的花期有一定的同步性。除雌球花的末花期与雄球花的初花期呈微弱负相关外,雌、雄球花的初花期、盛花期、末花期间均呈极显著或显著正相关。各花期的相关性呈现初花期和盛花期的相关 > 盛花期和末花期的相关 > 初花期和末花期的相关<sup>[6]</sup>,雌球花初花期与雄球花初花期的相关系数最大。35个无性系中,雄球花初花期早于雌球花的无性系24个,占总数的68.6%;雌球花初花期早于雄

球花的无性系 11 个,占总数的 31.4%。这些与赖焕林等研究的结论“大部分无性系内雄球花开放要迟于雌球花<sup>[1]</sup>”有所不同。导致这种不同结论的原因可能与建园无性系的遗传特性有关。

(2)坡位对母树的花期有极显著影响,生长在不同坡位的植株,其雌、雄球花花期值差异明显,其大小均为上坡 < 中坡 < 下坡。坡位对花期影响最大的是雌球花的初花期,其次是雄球花的初花期、雌球花的盛花期、雄球花的盛花期,而对雌、雄球花的末花期影响最小。同一植株的开花物候,树冠上部的较下部的早,树冠表面的较里面早,阳面的较阴面早<sup>[2]</sup>。因此,坡位对花期的影响就不难理解了。

(3)偏北产地无性系的花期相对较早,这与陈永庆等的研究结果相同。不同的无性系类型,其雄球花的盛花期和雌球花的初花期的差异显著;雄球花的初花期、末花期以及雌球花的盛花期和末花期差异均不显著。因此,若配置在同一大区,将会出现一定程度的花期不遇现象<sup>[23]</sup>。但桂阳二代马尾松种子园的建园无性系选自湖南境内及周边地区,其产地所处纬度和总的立地条件相差不大,基本上属同一个大的生态区,即使 2 种类型的无性系配置在同一大区<sup>[17]</sup>,35 个无性间总体雌、雄球花基本同步,无性系间差异并未达到显著水平,因此,其影响也不会太大。

(4)不同的年份,雌、雄球花花期的早晚差异很大。2012 年最早初花期较 2013 年最早初花期早 25 d。这与陈永庆等“马尾松花期的早晚与  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  积温相关,高温利于开花和授粉”的结论相同<sup>[2]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 赖焕林,王章荣. 马尾松无性系种子园花期花量分析[J]. 浙江林学院学报,1996,13(4):405-410.
- [2] 陈永庆,赵世远. 马尾松种子园无性系开花习性的观察[J]. 四川林业科技,1993,14(2):58-63.
- [3] 陈晓阳,黄智慧,李悦. 针叶树种子园开花物候重叠指数及其应用[J]. 林业科技通讯,1993(6):12-14,封3.
- [4] 落叶松种子园课题组. 华北落叶松种子园物候特点的观测[J].

- 山西林业科技,1989(1):33-36.
- [5] 陈晓阳,沈熙环. 杉木种子园开花物候特点的研究[J]. 北京林业大学学报,1995,17(1):10-18.
- [6] 王润辉,胡德活,郑会全,等. 杉木 2.5 代种子园开花物候遗传变异分析[J]. 西南林业大学学报,2013,33(4):25-29,43.
- [7] 张华新,卢国美,李占和. 河南卢氏油松种子园开花物候重叠指数[J]. 河北林学院学报,1995,10(3):199-205.
- [8] 陈晓阳,黄智慧. 杉木无性系开花物候对种子园种子遗传组成影响的数量分析[J]. 北京林业大学学报,1995,17(3):1-9.
- [9] 陈绍安,陈宏伟,唐社云,等. 普文试验林场思茅松无性系种子园 10 年生植株的物候观测[J]. 西部林业科学,2009,38(1):120-123.
- [10] A. Jonsson, I. Ekberg, G. Eriksson. 欧洲赤松种子园开花物候观测分析[J]. 国外林业科技资料,1978(总13):1-12.
- [11] 黄启明,廖明. 马尾松种子园无性系开花习性的研究[J]. 贵州林业科技,1989,(4):21-28.
- [12] 陈天华,王章荣,李江茜. 马尾松种子园无性系花期观察与分析[D]. 马尾松种子园建立技术论文集. 北京:学术书刊出版社,1998. 126-135.
- [13] 谭健晖. 马尾松种子园无性系开花习性研究[J]. 广西林业科学,2001,30(2):76-78.
- [14] 罗敏,王以珊,曾令海,等. 马尾松种子园无性系开花特性与产地的关系[J]. 广东林业科技,2002,18(2):10-14.
- [15] 孔凡斌. 马尾松开花结实特征及种子产量预测[J]. 林业科学研究,2002,15(2):150-155.
- [16] 福建省马尾松种源试验协作组. 马尾松种源高生长节律与物候的研究[J]. 福建林业科技,1985(2):1-7.
- [17] 谢国阳,梁一池,林思祖. 马尾松开花结实规律研究进展[J]. 三明学院学报,2009,26(4):446-449,464.
- [18] 伍新云,王晓锋,唐效蓉. 不同种源的马尾松半同胞家系子代苗期生长表现[J]. 湖南林业科技,2015,42(2):10-14.
- [19] 唐效蓉,李午平,邓国宁,等. 施肥与抚育间伐对马尾松天然次生林土壤肥力的影响[J]. 湖南林业科技,2005,32(5):19-22.
- [20] 陈家法,田开慧,余格非,等. 秃瓣杜英开花与结实物候期的研究[J]. 湖南林业科技,2006,33(2):10-14.
- [21] 余格非,易宏,杨骏,等. 永顺落叶木莲开花与结实物候学研究[J]. 湖南林业科技,2006,33(6):35-37.
- [22] 侯伯鑫,林峰,余格非,等. 福建柏开花与结实规律的研究[J]. 湖南林业科技,2005,32(1):10-13.
- [23] 梁机,周伟明. 1.5 代杉木种子园开花规律的观察分析[J]. 广西农业大学学报,1998,17(3):285-292.

(责任编辑:崔 贝)