

# 薄壳山核桃不同无性系开花物候特性 观测和比较

陈 芬<sup>1,2</sup>, 姚小华<sup>1\*</sup>, 高焕章<sup>2</sup>, 常 君<sup>1</sup>, 王开良<sup>1</sup>, 刘 曲<sup>1,2</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 长江大学, 湖北 荆州 434025)

**摘要:**对薄壳山核桃 32 个无性系的雌、雄花开花物候期和花量进行了观测和比较。结果表明:2011—2014 年薄壳山核桃无性系开花物候期有所差异,但开花物候类型一致。2013 年,供试的 32 个薄壳山核桃无性系整个花期持续时间为 4 月 24 日—5 月 21 日。雄花花期持续时间为 11~18 d,雌花花期持续时间为 9~17 d;雌花最佳授粉期与雄花散粉盛期持续天数均为 3~8 d。依据雌花与雄花开放的先后次序可以确定其中的 16 个无性系为雌先型,10 个无性系为雄先型,6 个无性系为同时型;并根据观测结果确定了其中 86 个可行的授粉组合。最佳的授粉配置方案为:将 1 号、5 号、27 号、29 号、35 号无性系作为马汉、28 号、65 号无性系的授粉配置无性系。32 个薄壳山核桃无性系之间,雄花序长度无显著性差异,单枝雄花簇数、单个雄花序花粉囊数、单株雄花序总数、单枝雌花数、每簇雄花序数、单株雌花总数的差异均达到显著水平,总体变异幅度最大的是单株雄花序总数(变异系数为 75.51%)。

**关键词:**薄壳山核桃;开花物候;授粉组合;花量比较

中图分类号:S664.1

文献标识码:A

## Observation and Comparison of Flowering Phenology of Different *Carya illinoensis* Clones

CHEN Fen<sup>1,2</sup>, YAO Xiao-hua<sup>1</sup>, GAO Huan-zhang<sup>2</sup>, CHANG Jun<sup>1</sup>, WANG Kai-liang<sup>1</sup>, Liu Qu<sup>1,2</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Yangtze University, Jingzhou 434025, Hubei, China)

**Abstract:** Flowering phenology of thirty-two *Carya illinoensis* clones was observed and compared. The results showed that there existed some differences in flowering phenological phase from 2011 to 2014 and the duration of blossom process of all the thirty-two clones was from April 24 to May 21 in 2013. The lasting days of male flower of the thirty-two clones were 11-18 days and the whole flowering period of female flower were 9-17 days in 2013. The duration of receptivity stage of female flower and pollen shedding stage of male flower of thirty-two clones were all 3-8 days. According to the time order of blossom of male and female flowers, sixteen clones could be determined as protogynous type, ten clones were protandrous type and six clones the homogamic type. Eighty-six feasible pollination combinations could be selected according to the observation results. The best configuration scheme of clones was proposed. No significant difference was found in the length of male inflorescence among the thirty-two clones, but the differences among the clusters of male flower in a single branch, the number of pollen sac in a single male inflorescence, the total number of male inflorescence per plant, numbers of female flower per branch, numbers of male

收稿日期:2014-05-29

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目“华东区长核桃高效生产关键技术研究及示范”(2013BAD14B0104);浙江省重大科技专项计划项目“薄壳山核桃资源评价及新品种选育”(2012C12904-13)

作者简介:陈 芬(1988—),女,湖北汉川人,硕士研究生,主要研究方向园林植物与观赏园艺。

\* 通讯作者:研究员,博士生导师,主要从事经济林栽培与育种研究。E-mail:yaoxh168@163.com

inflorescence per cluster and numbers of female flower per plant reached a significant level. The range of whole variation in the total number of male inflorescence per plant was the biggest, the coefficient of variation was 75.51%.

**Key words:** *Carya illinoensis*; flowering phenology; pollination combination; flowers comparison

薄壳山核桃(*Carya illinoensis* K. Koch)又名美国山核桃、长山核桃,为胡桃科(Julandaceae)山核桃属(*Carya* Nutt.)的一种落叶乔木<sup>[1-2]</sup>,是世界著名的干果油料树种之一,又是优良的材用和庭园绿化树种<sup>[2-3]</sup>。薄壳山核桃原产于美国和墨西哥北部<sup>[4]</sup>,我国于19世纪末开始引种<sup>[1-2,5]</sup>,目前引种栽培分布主要集中在浙江、江苏、云南、安徽、江西和湖南等地<sup>[6]</sup>。薄壳山核桃果仁色美味香,无涩味,营养丰富,含有对人体有益的各种氨基酸,其含量比油橄榄(*Olea europaea* L.)高,还富含维生素B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>,因此备受人们的喜爱<sup>[5]</sup>。

薄壳山核桃是北美最有价值、最有前途的坚果树种之一,在我国虽有百年的引种历史,但到目前为止仍未实现产业化生产,坚果消费基本依赖进口,造成这种现象的一个重要原因是建园时未科学配置授粉树,导致授粉不良,生理落果严重。国外对薄壳山核桃的研究主要集中在植物生长物质、遗传多样性研究及品种鉴定、化学成分研究、综合利用及产量与经济效益方面<sup>[7-9]</sup>,国内对薄壳山核桃的研究主要是基础研究、繁殖技术、引种栽培、适生性、根系和芽生长发育和果实性状等方面<sup>[10-15]</sup>,对薄壳山核桃开花物候特性的观测虽有所报道,但涉及的品种较少,不够全面。因此,本文系统调查观测了32个薄壳山核桃无性系的开花物候期和花量的特性,为确定主要栽培良种和筛选适宜的授粉组合积累基础资料,也为薄壳山核桃在浙江地区乃至全国的推广栽培、高产稳产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于浙江省金华市婺城区琅琊镇东方红林场薄壳山核桃种质园内,园内收集了41个无性系。该地属亚热带季候风气候,四季分明,气温适中,热量丰富,雨量充沛。年平均气温17.3℃,最热月(7月)平均气温为29.4℃,极端最高气温为41.2℃,最冷月(1月)平均气温为5℃,极端最低气温为-9.6℃,≥10℃有效积温为5 504.5℃,稳定通过10℃的持续天数246 d,无霜期257 d。年平均日照时数2 062.6 h,年太阳总辐射量4 712

MJ·m<sup>-2</sup>,年平均降水量1 406 mm,相对湿度为77%,年平均蒸发量981.6 mm,年最多风向为东北或东北偏东风。土壤为第四纪红壤,pH值5.5左右,土壤肥力低下,有机质含量仅为2‰。2007—2014年,每年进行常规的人工管理(定期施肥、除草、喷施农药)。

### 1.2 试验材料

薄壳山核桃无性系为2007年栽植,试验设计为5株小区,3次重复,株行距为6 m×6 m,植株平均地径为94.45 mm,平均树高为538.7 cm,冠幅均值372 cm×381 cm(落叶期调查)。选取其中32个无性系作为试验对象。

### 1.3 调查观测方法

2011—2014年对薄壳山核桃无性系开花物候期进行调查。每个无性系选定5株,从初花期到始凋谢期,每天调查、记录一次,主要调查内容:雌花和雄花当日的开花情况,以及每株无性系雄花和雌花开放的总数量(在雌花、雄花盛花期各调查一次),并记录单株雌花序总数、单株雄花序总数和每簇雄花序花粉囊数。

参考莫正海等<sup>[16]</sup>的观测方法,在无性系植株东、南、西、北4个方位各选1个标准枝,对单枝雄花序簇数、每簇雄花序数、雄花序花粉囊数、雄花序长度(精确到0.01 cm)和单枝雌花序数进行统计、测定和分析。4个标准枝中,3个标准枝的雄花散粉为散粉盛期开始,3个标准枝的雌花柱头分泌粘液为雌花最佳授粉期开始;4个标准枝的雄花都散粉为散粉盛期结束,4个标准枝的雌花柱头都分泌粘液为雌花最佳授粉期结束。

雄花的开花物候期分初花期(花被裂开期)、散粉初期(雄花变黄期)、散粉盛期(全树75%以上的花药散粉)、散粉末期(花药变黑期)、始凋谢期(小花脱落期)。雌花的开花物候期分初花期(全树5%的花开放)、盛花初期(全树25%~50%的花开放)、盛花中期(50%~75%的花开放)、盛花末期(75%~100%的花开放)、始凋谢期(5%的花凋谢)。

### 1.4 数据处理

采用Excel 2007和DPS v7.05软件对数据进行计算、作图,多重比较分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 薄壳山核桃不同无性系的开花物候期

薄壳山核桃雌雄异花同株,雌花为聚状花序,小花3~7朵,着生在当年生枝的顶端;雄花多为3个1组的柔荑花序,中间的雄花序最长,着生于上年生枝的叶腋处或当年生枝的基部<sup>[11-12,17]</sup>。据2013年的调查观测,浙江金华东方红林场薄壳山核桃各无性系的整个花期是在4月24日—5月21日。单个无性系雄花花期持续天数为11~18 d,雌花花期持续天数为9~17 d;不同无性系的初花期有一定的差异,雄花的始花期差异最长为12 d,最短为1 d,雌花的初花期差异最长为14 d,最短为1 d。观测数据说明薄壳山核桃不同无性系的开花物候期比较集中,持续天数差异不大。

2.1.1 雄花的开花物候期 由表1观测结果可以

看出,薄壳山核桃不同无性系的雄花初花期差异较大,其初花期介于4月24日—5月9日之间,最早进入初花期的是34号、35号无性系,最晚进入初花期的是66号无性系,雄花初花期早晚最长相差15 d。雄花散粉初期一般持续3~5 d,差异不大。雄花散粉盛期一般持续4~8 d,差异较大,其中14号、27号、29号无性系的散粉盛期持续时间最长,均为8 d。雄花散粉末期持续的时间为2~3 d,此时,雄花可提供的花粉量较少,难以满足薄壳山核桃果园对花粉的需求。雄花始凋谢期的时间介于5月8日—5月21号之间,早晚最长相差13 d,最早进入始凋谢期的是35号无性系,最晚进入始凋谢期的是13号无性系。薄壳山核桃不同无性系雄花整个花期持续时间为27 d,不同无性系雄花花期持续的天数相差不大,如最早进入雄花初花期的35号无性系,其进入雄花始凋谢期的时间也最早。

表1 薄壳山核桃不同无性系雄花开花物候期

无性系号	月-日				
	初花期	散粉初期	散粉盛期	散粉末期	始凋谢期
1	04-29	05-01-05-02	05-03-05-08	05-09-05-10	05-11
5	04-26	04-28-04-29	04-30-05-06	05-07-05-08	05-09
7	05-02	05-05-05-07	05-08-05-13	05-14-05-15	05-16
8	04-30	05-03-05-06	05-07-05-13	05-15-05-16	05-17
9	04-30	05-03-05-07	05-08-05-13	05-14-05-16	05-17
11	05-04	05-07-05-08	05-09-05-12	05-13-05-15	05-16
12	05-04	05-07-05-09	05-10-05-15	05-16-05-17	05-18
13	05-06	05-08-05-11	05-12-05-16	05-17-05-20	05-21
14	04-27	04-29-04-30	05-01-05-08	05-09-05-10	05-11
17	04-28	04-30-05-01	05-02-05-06	05-07-05-08	05-09
19	05-04	05-06-05-08	05-09-05-14	05-15-05-16	05-17
20	05-05	05-06-05-07	05-08-05-11	05-12-05-13	05-14
22	04-30	05-05-05-08	05-09-05-13	05-14-05-17	05-18
23	05-01	05-06-05-09	05-10-05-14	05-15-05-16	05-17
26	05-04	05-05-05-06	05-07-05-13	05-14-05-16	05-17
27	04-25	04-27-04-29	04-30-05-07	05-08-05-09	05-10
28	05-02	05-06-05-09	05-10-05-16	05-17-05-18	05-19
29	04-25	04-27-04-28	04-29-05-06	04-29-05-06	05-09
30	05-02	05-04-05-07	05-08-05-12	05-13-05-15	05-16
32	05-04	05-06-05-08	05-09-05-14	05-15-05-17	05-18
34	04-26	04-29-05-02	05-03-05-05	05-06-05-07	05-08
35	04-24	04-27-04-28	04-29-05-05	05-06-05-07	05-08
36	05-04	05-06-05-07	05-08-05-12	05-13-05-14	05-15
42	05-03	05-05-05-08	05-09-05-15	05-16-05-17	05-18
45	05-04	05-07-05-11	05-12-05-14	05-15-05-16	05-17
48	04-29	05-04-05-07	05-08-05-12	05-13-05-14	05-15
52	05-03	05-04-05-05	05-06-05-10	05-11-05-12	05-13
65	04-27	04-29-05-02	05-03-05-08	05-09-05-15	05-16
66	05-09	05-11-05-12	05-13-05-16	05-17-05-18	05-19
99	05-04	05-06-05-08	05-09-05-13	05-14-05-15	05-16
黄山1号	04-29	04-01-05-02	05-03-05-08	05-09-05-10	05-11
马罕	05-02	05-05-05-08	05-09-05-15	05-16-05-17	05-18

2.1.2 雌花的开花物候期 由表2观测结果可以看出,2013年,薄壳山核桃不同无性系雌花的初花期是4月26—5月11日,相差15d,最早进入初花期的是无性系马罕,最晚进入初花期的是无性系14号、35号。盛花初期持续的时间为2~6d,盛花中

期持续的时间为3~7d,盛花末期持续的时间为2~3d,最早进入始凋谢期的是65号无性系,最晚进入始凋谢期的是14号无性系。薄壳山核桃不同无性系雌花整个花期持续时间为25d,不同无性系雌花花期持续的天数相差不大。

表2 薄壳山核桃不同无性系雌花开花物候期

月-日

无性系号	初花期	盛花初期	盛花中期	盛花末期	始凋谢期
1	05-03	05-06-05-09	05-10-05-13	05-14-05-16	05-17
5	05-09	05-11-05-12	05-13-05-17	05-18-05-19	05-20
7	05-03	05-04-05-05	05-06-05-08	05-09-05-11	05-12
8	04-29	05-01-05-03	05-04-05-07	05-08-05-09	05-10
9	04-27	04-29-04-30	05-01-05-07	05-08-05-09	05-10
11	04-29	05-01-05-03	05-04-05-08	05-09-05-10	05-11
12	05-03	05-04-05-05	05-06-05-09	05-10-05-13	05-14
13	05-06	05-07-05-08	05-07-05-11	05-12-05-14	05-15
14	05-11	05-13-05-14	05-15-05-18	05-19-05-20	05-21
17	05-04	05-06-05-08	05-09-05-13	05-14-05-15	05-16
19	05-07	05-09-05-10	05-11-05-15	05-16-05-17	05-18
20	04-27	04-29-05-01	05-02-05-07	05-08-05-09	05-10
22	05-01	05-04-05-05	05-06-05-09	05-10-05-11	05-12
23	04-28	04-30-05-04	05-05-05-10	05-11-05-13	05-14
26	05-07	05-09-05-10	05-11-05-14	05-15-05-16	05-17
27	05-08	05-10-05-11	05-12-05-16	05-17-05-19	05-20
28	05-01	05-02-05-03	05-04-05-09	05-10-05-11	05-12
29	05-08	05-10-05-12	05-13-05-17	05-18-05-19	05-20
30	05-01	05-03-05-04	05-05-05-09	05-10-05-11	05-12
32	05-04	05-08-05-10	05-11-05-14	05-15-05-16	05-17
34	05-06	05-09-05-12	05-13-05-15	05-16-05-17	05-18
35	05-11	05-12-05-13	05-14-05-17	05-18-05-19	05-20
36	05-04	05-05-05-06	05-07-05-09	05-10-05-11	05-12
42	04-29	05-02-05-04	05-05-05-09	05-10-05-11	05-12
45	05-04	05-06-05-07	05-08-05-10	05-11-05-13	05-14
48	04-29	05-01-05-03	05-04-05-08	05-09-05-12	05-13
52	05-03	05-07-05-10	05-11-05-13	05-14-05-15	05-16
65	04-27	04-28-04-29	04-30-05-05	05-06-05-07	05-08
66	04-27	04-28-04-29	04-30-05-06	05-07-05-09	05-10
99	05-05	05-07-05-08	05-09-05-11	05-12-05-13	05-14
黄山1号	05-05	05-07-05-08	05-09-05-13	05-14-05-15	05-16
马罕	04-26	04-29-05-01	05-02-05-07	05-08-05-09	05-10

## 2.2 雄花散粉盛期和雌花最佳授粉期的观测

观测结果表明:供试的32个薄壳山核桃无性系中,雄花散粉盛期持续的天数为3~8d,多数无性系散粉盛期集中在6d内;雌花最佳授粉期天数为3~8d,多数无性系的最佳授粉期集中在5d内。大部分薄壳山核桃无性系雄花和雌花的开花时间极不一致(表3、图1、图2),雄花早于雌花开的为雄先型,雌花早于雄花开的为雌先型,雄花与雌花同时开放的为同时型。其中,7号、8号、9号、11号、12号、

13号、20号、22号、23号、28号、42号、45号、48号、65号、66号、马罕16个无性系为雌先型,1号、5号、14号、17号、27号、29号、34号、35号、52号和黄山1号10个无性系为雄先型,19号、26号、30号、32号、36号、99号6个无性系雄花散粉盛期和雌花最佳授粉期重合2~4d,可视为同时型。

薄壳山核桃大多雌雄异熟,为了提高坐果率,改善果实品质,在同一种植园内配置雌雄花期相遇的无性系十分重要。从表3观测结果可以看出,1号无

表3 薄壳山核桃不同无性系散粉盛期与最佳授粉期观测

无性系号	散粉盛期		持续天数/d	最佳授粉期		持续天数/d
	日期(月-日)	日期(月-日)		日期(月-日)	日期(月-日)	
1	05-03-05	08	6	05-10-05	13	4
5	04-30-05	06	7	05-13-05	17	5
7	05-08-05	13	6	05-06-05	08	3
8	05-07-05	13	7	05-04-05	07	4
9	05-08-05	13	6	05-01-05	07	7
11	05-09-05	12	4	05-04-05	08	5
12	05-10-05	15	6	05-06-05	09	4
13	05-12-05	16	6	05-07-05	11	5
14	05-01-05	08	8	05-15-05	18	4
17	05-02-05	06	5	05-09-05	13	5
19	05-09-05	14	6	05-11-05	15	5
20	05-08-05	11	4	05-02-05	07	6
22	05-09-05	13	5	05-06-05	09	4
23	05-10-05	14	5	05-05-05	10	6
26	05-07-05	13	7	05-11-05	14	4
27	04-30-05	07	8	05-12-05	16	5
28	05-10-05	16	7	05-04-05	09	6
29	04-29-05	06	8	05-13-05	17	5
30	05-08-05	12	5	05-05-05	09	5
32	05-09-05	14	6	05-11-05	14	4
34	05-03-05	05	3	05-13-05	15	3
35	04-29-05	05	7	05-14-05	17	4
36	05-08-05	12	5	05-17-05	09	8
42	05-09-05	15	7	05-05-05	09	4
45	05-12-05	14	3	05-08-05	10	3
48	05-08-05	12	6	05-04-05	08	5
52	05-06-05	10	3	05-11-05	13	3
65	05-03-05	08	6	04-30-05	05	6
66	05-13-05	16	4	04-30-05	06	7
99	05-09-05	13	5	05-09-05	11	3
黄山1号	05-03-05	08	6	05-09-05	13	5
马罕	05-09-05	15	7	05-02-05	07	6

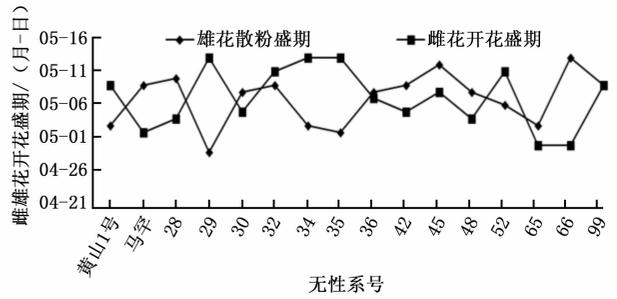


图2 薄壳山核桃不同无性系开花物候比较

号、26号、黄山1号等无性系雌花最佳授粉期相遇,13号无性系雄花散粉盛期分别与34号、35号、52号等无性系雌花最佳授粉期相遇,17号无性系雄花散粉盛期分别与28号、42号、48号、马罕等无性系雌花最佳授粉期相遇,23号无性系雄花散粉盛期分别与27号、52号、黄山1号等无性系雌花最佳授粉期相遇,27号无性系雄花散粉盛期分别与28号、42号、66号和马罕等无性系雌花最佳授粉期相遇,28号无性系雄花散粉盛期分别与29号、52号、黄山1号等无性系雌花最佳授粉期相遇,29号和34号无性系雄花散粉盛期均可与42号、66号和马罕等无性系雌花最佳授粉期相遇,35号无性系雄花散粉盛期分别与8号、9号、11号、20号、65号、马罕等无性系雌花最佳授粉期相遇,42号无性系雄花散粉盛期分别与52号、65号、黄山1号等无性系雌花最佳授粉期相遇。目前,生产上主栽品种有马罕和28号无性系等,结合果实品质和丰产性能,再综合考虑32个无性系雄花散粉盛期和雌花最佳授粉期重合时间的长短,优选出雄先型的1号、5号、27号、29号和35号无性系作为雌先型马罕、28号、65号无性系的授粉配置无性系。在实际生产中,可选择1~2个主要栽培良种,2~3个授粉无性系进行混合栽植。

2.3 雌雄花开花数量与雄花序长度等之间的差异

供试的32个薄壳山核桃无性系之间,雄花序长度无显著性差异,单枝雄花序簇数、单个雄花序花粉囊数、单株雄花序总数、单枝雌花序数、每簇雄花序数、单株雌花序总数的差异均达到了显著水平(表4、表5)。总体变异幅度最大的是单株雄花序总数(变异系数为75.51%),其次是单株雌花总数(变异系数为64.61%)、每簇雄花序数(变异系数为54.41%)、单枝雄花簇数(变异系数为47.41%)等,最小的是雄花序长度(变异系数为12.31%)。其中,23号、13号、45号、99号、35号、1号、29号、11号无性系的单枝雄花序簇数较多,19号无性系的单

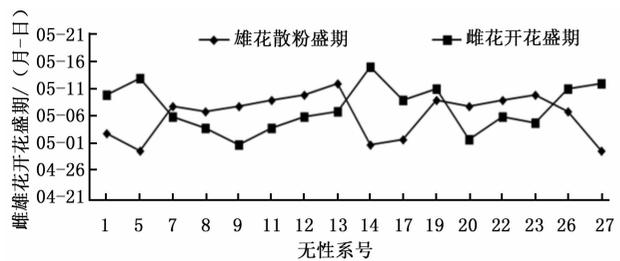


图1 薄壳山核桃不同无性系开花物候比较

性系雄花散粉盛期分别与8号、9号、11号、28号、42号、48号、马罕等无性系雌花最佳授粉期相遇,5号无性系雄花散粉盛期分别与12号、42号、45号、65号和马罕无性系雌花最佳授粉期相遇,8号无性系雄花散粉盛期分别与12号、17号和32号等无性系雌花最佳授粉期相遇,11号无性系雄花散粉盛期分别与17号、52号、黄山1号等无性系雌花最佳授粉期相遇,12号无性系雄花散粉盛期分别与17号、19

表4 雌雄花开花数量与雄花序长度、花粉囊数量之间的差异

无性系号	单枝雄花序簇数/个	雄花序长度/cm	单个雄花序花粉囊数/个
1	11.42 ± 0.10abcd	8.30 ± 0.16a	270.38 ± 0.02k
5	9.50 ± 0.09abcdef	9.17 ± 0.05a	314.36 ± 0.02abcdefgi
7	9.83 ± 0.08abcdef	9.43 ± 0.01a	335.53 ± 0.02abcde
8	7.17 ± 0.07defg	9.69 ± 0.01a	285.03 ± 0.02ghijk
9	10.21 ± 0.11abcdef	9.33 ± 0.02a	336.20 ± 0.02abcd
11	11.33 ± 0.07abcde	8.32 ± 0.05a	283.67 ± 0.02hijk
12	9.04 ± 0.04abcdefg	7.23 ± 0.15a	271.36 ± 0.05jk
13	12.50 ± 0.09ab	7.33 ± 0.10a	279.16 ± 0.02ijk
14	9.42 ± 0.12abcdefg	8.30 ± 0.03a	309.90 ± 0.02bcdefghijk
17	9.92 ± 0.10abcdef	9.09 ± 0.06a	296.61 ± 0.03defghijk
19	4.46 ± 0.11g	9.04 ± 0.07a	279.06 ± 0.02ijk
20	6.17 ± 0.13fg	9.81 ± 0.09a	349.20 ± 0.03ab
22	8.42 ± 0.08abcdefg	8.87 ± 0.06a	295.11 ± 0.02defghijk
23	12.71 ± 0.07a	8.84 ± 0.09a	292.33 ± 0.02fghijk
26	9.54 ± 0.13abcdef	9.53 ± 0.07a	324.33 ± 0.02abcdefgh
27	9.46 ± 0.11abcdef	7.95 ± 0.17a	282.50 ± 0.03hijk
28	7.54 ± 0.15bcdefg	9.93 ± 0.02a	311.40 ± 0.02bedefghijk
29	11.42 ± 0.09abcd	9.51 ± 0.04a	324.33 ± 0.02abcdefgh
30	7.67 ± 0.08bcdefg	8.76 ± 0.08a	289.90 ± 0.03ghijk
32	7.42 ± 0.10cdefg	9.79 ± 0.09a	342.10 ± 0.03abc
34	7.88 ± 0.13abcdefg	9.71 ± 0.03a	313.40 ± 0.02bedefghij
35	11.54 ± 0.09abcd	9.53 ± 0.04a	334.46 ± 0.03abcdef
36	8.88 ± 0.09abcdefg	9.81 ± 0.04a	352.71 ± 0.02ab
42	9.46 ± 0.06abcdef	9.47 ± 0.02a	340.64 ± 0.02abc
45	12.17 ± 0.11abc	8.95 ± 0.10a	306.40 ± 0.02cdefghijk
48	8.33 ± 0.16abcdefg	8.35 ± 0.14a	289.98 ± 0.03ghijk
52	9.25 ± 0.13abcdefg	7.99 ± 0.20a	279.38 ± 0.04ijk
65	9.29 ± 0.10abcdefg	9.05 ± 0.08a	323.69 ± 0.02abcdefgh
66	6.21 ± 0.14fg	8.89 ± 0.06a	288.96 ± 0.02ghijk
99	12.00 ± 0.07abcd	9.47 ± 0.09a	327.55 ± 0.03abcdefg
黄山1号	9.46 ± 0.06abcdef	9.66 ± 0.06a	346.30 ± 0.02abc
马罕	6.38 ± 0.11efg	9.10 ± 0.07a	293.18 ± 0.03efghijk
总体均值	9.24 ± 0.09	9.01 ± 0.07	308.41 ± 0.03
变异系数/%	47.41	12.31	19.31

注:同列数据不同字母表示差异达5%的显著水平,下同。

枝雄花序簇数较少,其它无性系的单枝雄花序簇数处于中等;36号、20号、黄山1号、32号无性系的单个雄花序花粉囊数较多,12号、1号无性系较少,其它无性系处于中等;23号、1号、99号无性系单株雄花序总数较多,19号无性系较少,其它无性系处于中等;12号、65号、26号、28号无性系的单枝雌花序数较多,5号、19号、9号无性系较少,其它无性系处于中等;23号、13号、66号、45号无性系的每簇雄花序数较多,19号无性系较少,其它无性系处于中等;65号、马罕无性系的单株雌花序总数较多,1号、13

号无性系较少,其它无性系处于中等。在实际生产中,可以将雌花数量多的无性系作为当地的主栽品种,如12号、28号、65号、马罕无性系,并为其配置授粉树,如1号、11号、23号、29号、35号无性系。从花变异的7个性状来看,薄壳山核桃无性系雄花序长度有较强的稳定性,其它6个性状都有一定程度的变异,其中有4个性状的变异系数超过20.00%,说明薄壳山核桃的花量变异相对较大,单株雄花序总数、每簇雄花序数和单枝雄花序簇数的数量越大,其花粉量也越大,更有利于授粉;单株雌花序总数越大,说明在正常授粉条件下,其坐果率也越高。

## 2.4 不同年份薄壳山核桃无性系的开花物候期

据调查观测,浙江金华东方红林场薄壳山核桃种质园内,各无性系2011年的开花物候期为4月26—5月20日,2012年的开花物候期为4月24日—5月10日,2013年的开花物候期为4月24日—5月21日,2014年的开花物候期为4月18日—5月13日。观测结果表明:同一薄壳山核桃无性系在不同年份的开花物候类型(雌先型或雄先型)是一致的;同一薄壳山核桃无性系在不同年份的开花物候期不一致。常君等<sup>[18]</sup>通过对浙江省建德市更楼街道洪宅村薄壳山核桃种质园内的马罕无性系进行连续3a的开花物候观测,认为这是温度、降雨、湿度和风速等综合因子影响的结果,一般温度越高,风速越大,花期持续时间越短。如花期内适逢降雨,花期持续时间就延长。李雪等<sup>[19]</sup>通过对南京中山植物园内5个薄壳山核桃品系开花物候期的观测,得出薄壳山核桃开花物候期与温度、湿度等气象因子有密切的相关性。但不同薄壳山核桃无性系在不同年份的开花次序是一致的,4a的观测中,雌花最早开的是马罕无性系,雄花最早开的是35号无性系。浙江金华地区2013年5月份雨水天气较多,薄壳山核桃无性系花期持续的时间也较其它年份长,与此结论相符。但还需要多年的观测数据来确定开花性状的稳定性,开花物候期的长短与温度、降雨、湿度和风速等因子的相关性也是下一步有待研究的问题。

## 3 结论

调查观测表明,2013年浙江金华东方红林场薄壳山核桃种质园内不同无性系的整个花期持续时间为4月24—5月21日。单个无性系雄花花期持续

表5 32个无性系雌雄花开花数量之间的差异

无性系号	单株雄花序总数/个	单枝雌花序数/个	每簇雄花序数/个	单株雌花序总数/个
1	2 602 ± 0.41ab	4.47 ± 0.27abcde	61.33 ± 0.10abc	28.33 ± 0.22ab
5	1 851 ± 0.42ab	2.70 ± 0.67ef	45.20 ± 0.10abcde	7.00 ± 0.35b
7	1 953 ± 0.31ab	4.70 ± 0.41abcd	51.75 ± 0.09abcd	13.33 ± 0.26b
8	741 ± 0.20ab	4.88 ± 0.24abcd	37.08 ± 0.08bcde	17.00 ± 0.32b
9	1 459 ± 0.16ab	2.11 ± 0.54f	56.25 ± 0.13abcd	27.17 ± 0.58ab
11	1 612 ± 0.26ab	4.47 ± 0.17abcde	59.62 ± 0.08abcd	20.33 ± 0.14b
12	1 197 ± 0.20ab	5.70 ± 0.25a	47.96 ± 0.05abcde	17.33 ± 0.23b
13	1 782 ± 0.23ab	5.23 ± 0.25abc	67.54 ± 0.09ab	23.83 ± 0.19b
14	1 180 ± 0.50ab	3.29 ± 0.57def	48.58 ± 0.13abcde	6.67 ± 0.38b
17	1 387 ± 0.29ab	5.00 ± 0.21abcd	52.04 ± 0.11abcd	32.83 ± 0.33ab
19	265 ± 0.29b	2.58 ± 0.55ef	20.70 ± 0.12e	11.83 ± 0.35b
20	757 ± 0.43ab	5.05 ± 0.25abcd	30.17 ± 0.14de	28.17 ± 0.35ab
22	981 ± 0.22ab	5.23 ± 0.29abc	40.92 ± 0.09abcde	21.67 ± 0.38b
23	3 049 ± 0.15a	5.11 ± 0.19abcd	67.79 ± 0.08a	20.67 ± 0.21b
26	728 ± 0.32ab	5.41 ± 0.37abc	46.54 ± 0.14abcde	26.83 ± 0.25ab
27	1 902 ± 0.44ab	4.70 ± 0.36abcd	50.29 ± 0.11abcde	8.33 ± 0.73b
28	828 ± 0.52ab	5.29 ± 0.14abc	54.41 ± 0.26abcd	29.67 ± 0.07ab
29	1 151 ± 0.33ab	4.35 ± 0.15abcde	54.50 ± 0.11abcd	13.33 ± 0.31b
30	1 380 ± 0.28ab	3.94 ± 0.22abcdef	33.96 ± 0.08cde	18.00 ± 0.17b
32	808 ± 0.24ab	3.52 ± 0.50cdef	38.29 ± 0.12abcde	18.00 ± 0.37b
34	1 062 ± 0.39ab	3.70 ± 0.56bcdef	39.71 ± 0.13abcde	27.67 ± 0.25ab
35	1 036 ± 0.22ab	4.47 ± 0.21abcde	57.21 ± 0.11abcd	28.17 ± 0.24ab
36	1 232 ± 0.34ab	4.29 ± 0.35abcde	43.83 ± 0.09abcde	25.67 ± 0.39b
42	1 566 ± 0.23ab	3.88 ± 0.21abcdef	47.13 ± 0.08abcde	14.83 ± 0.17b
45	1 883 ± 0.23ab	3.64 ± 0.33bcdef	65.66 ± 0.12ab	12.17 ± 0.23b
48	1 516 ± 0.43ab	5.17 ± 0.21abcd	43.29 ± 0.17abcde	15.83 ± 0.25b
52	734 ± 0.40ab	4.82 ± 0.35abcd	43.88 ± 0.14abcde	25.50 ± 0.34b
65	1 471 ± 0.33ab	5.52 ± 0.19ab	45.54 ± 0.16abcde	64.17 ± 0.18a
66	684 ± 0.35ab	4.88 ± 0.19abcd	31.54 ± 0.16cde	17.83 ± 0.34b
99	2 474 ± 0.34ab	4.76 ± 0.18abcd	66.67 ± 0.08ab	30.67 ± 0.26ab
黄山1号	1 976 ± 0.25ab	4.70 ± 0.17abcd	52.96 ± 0.06abcd	27.33 ± 0.15ab
马罕	469 ± 0.34ab	5.05 ± 0.18abcd	29.21 ± 0.12de	38.33 ± 0.13ab
总体均值	1 366 ± 0.31	4.46 ± 0.08	47.86 ± 0.11	22.45 ± 0.29
变异系数/%	75.51	28.20	54.41	64.61

时间为11~18 d,雌花花期持续时间为9~17 d;不同无性系的初花期有一定的差异,雄花的初花期差异最长为15 d,最短为1 d,雌花的初花期差异最长为15 d,最短为1 d。与莫正海等<sup>[16]</sup>对南京地区18个薄壳山核桃品种的雌、雄花初花期的相差天数接近。不同无性系雌、雄花持续的时间是稳定的,如较早进入雄花初花期的35号无性系,其进入雄花始凋谢期的时间也较早。雄花散粉盛期一般持续4~9 d,此时花粉的活力最高,应抓紧时间收集花粉。雄花散粉末期持续的时间为2~3 d,此时的花粉量较少,但可以作为前期花粉收集不足时的补充。盛花初期持续的时间为2~6 d,盛花中期持续的时间为3~7 d,此时大部分雌蕊的柱头呈倒八字形且分泌粘液,是授粉的最佳时期,其中9号和66号无性系盛花中期均持续7 d,对授粉而言,是两个比较好

的无性系。盛花末期持续的时间为2~3 d,此时大部分雌蕊的柱头枯萎。掌握薄壳山核桃不同无性系雌、雄花期持续的时间,为种质园内薄壳山核桃杂交授粉、品种配置提供了科学依据。

供试的32个薄壳山核桃无性系中,16个无性系为雌先型,分别是7号、8号、9号、11、28号、42号、45号、48号、65号、66号、马罕无性系;10个无性系为雄先型,分别为1号、5号、14号、17号、27号、29号、34号、35号、52号、黄山1号无性系;只有19号、26号、30号、32号、36号、99号6个无性系散粉盛期和最佳授粉期重合2~4 d,可视为同时型。由此可见,薄壳山核桃的雌花最佳授粉期与雄花散粉盛期很难相遇,且雌先型的无性系占多数,因此合理配置授粉树及人工辅助授粉非常重要。综合考虑薄壳山核桃不同无性系散粉盛期和雌花最佳授期重

合天数的长短,得出最佳的授粉配置方案:将雄先型的1号、5号、27号、29号、35号无性系作为雌先型马罕、28号、65号无性系的授粉配置无性系。经过连续4a对供试的32个薄壳山核桃无性系开花物候期的观测,各无性系的开花类型(雌先型、雄先型、同时型)不变。与房瑶瑶等<sup>[20]</sup>认为该树种不同年份物候期不一致,但各单株上出现的先后次序是稳定的研究结果一致。Polito等<sup>[8]</sup>研究了胡桃和山核桃雌雄异熟与物候之间的关系,认为部分花器官分化与休眠有关。本文对薄壳山核桃花期与物候之间的关系和控制薄壳山核桃成花基因的研究涉及较少,这两方面是下一步重点研究的内容。

薄壳山核桃雌雄花量的多少直接影响到果实产量的高低,薄壳山核桃不同无性系花量之间的比较可为薄壳山核桃优良品种的引进与筛选、优质高产栽培等<sup>[21-25]</sup>提供理论参考依据。32个薄壳山核桃无性系之间,雄花序长度无显著性差异,单枝雄花簇数、单个雄花序花粉囊数、单株雄花序总数、单枝雌花数、每簇雄花序数、单株雌花总数的差异均达到了显著水平,总体变异幅度最大的是单株雄花序总数(变异系数为75.51%),其次是单株雌花总数(变异系数为64.61%)、每簇雄花序数(变异系数为54.41%)、单枝雄花簇数(变异系数为47.41%)等,最小的是雄花序长度(变异系数为12.31%)。从花变异的7个性状来看,雄花序长度有较强的稳定性,其它6个性状都有一定程度的变异,其中有5个性状的变异系数超过20.00%,说明薄壳山核桃的花量变异相对较大,单株雄花序、每簇雄花序和单枝雄花簇数的数量越大,其花粉量也越大,更有利于授粉;单株雌花数量越大,说明在正常授粉条件下,其坐果率也越高。在实际生产中,可筛选雌花数量较多的无性系作为主要栽培良种,如12号、28号、65号、马罕无性系,与雄花数量较多的授粉无性系进行混合栽植,如1号、5号、17号、27号、29号、35号无性系。

## 参考文献:

- [1] 胡芳名,谭晓风,刘惠民,等. 中国主要经济树种栽培与利用[M]. 北京:中国林业出版社,2006:66-71.
- [2] 姚小华,王开良,任华东,等. 薄壳山核桃优新品种和无性系开花物候特性研究[J]. 江西农业大学学报,2004,26(5):675-680.
- [3] 张日清,吕芳德. 优良经济树种——美国山核桃[J]. 广西林业科学,1998,27(4):202-206.
- [4] 张日清,吕芳德. 美国山核桃在原产地分布、引种栽培区划及主要栽培品种分类研究概述[J]. 经济林研究,2002,20(3):53-55.
- [5] 吴国良,陈丽霞,段良骅,等. 美国山核桃[J]. 山西果树,2005,1(1):35-36.
- [6] 侯冬培,习学良,石卓功. 我国薄壳山核桃研究概况[J]. 山东林业科技,2007(4):53-55.
- [7] 贾晓东,王涛,张计育,等. 美国山核桃研究进展[J]. 中国农学通报,2012,28(4):74-78.
- [8] Polito V S, Pinney K. The relationship between phenology of pistillate flower organogenesis and mode of heterodichogamy in *Juglans regia* L. (Juglandaceae) [J]. Sexual Plant Reprod, 1997, 10(1):36-39.
- [9] Ares A, Reid W, Brauer D. Production and economics of native pecan silvopastures in central United States [J]. Agroforestry Systems, 2006, 66(3):205-215.
- [10] 李俊南,李莲芳,熊新武,等. 薄壳山核桃无性繁殖技术研究进展[J]. 安徽农业科学,2012,40(33):16226-16228.
- [11] 夏根清,翁春余,王开良,等. 薄壳山核桃嫁接技术试验[J]. 经济林研究,2007,25(4):109-112.
- [12] 常君,姚小华,杨水平,等. 美国山核桃不同品种接穗对嫁接苗木根系生长发育影响的研究[J]. 西南大学学报:自然科学版,2007,29(10):104-108.
- [13] 常君,姚小华,王开良,等. 不同无性系美国山核桃种子对其苗木根系生长发育影响的研究[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2009,34(1):109-114.
- [14] 杨建华,习学良,范志远,等. 不同美国山核桃品种的发芽及开花习性研究[J]. 西部林业科学,2008,37(1):87-90.
- [15] 李川,姚小华,王开良,等. 12个薄壳山核桃无性系果(核)性状以及产量的比较[J]. 西南大学学报:自然科学版,2011,33(6):40-44.
- [16] 莫正海,张计育,翟敏,等. 薄壳山核桃在南京的开花物候期观察和比较[J]. 植物资源与环境学报,2013,22(1):57-62.
- [17] 姚小华. 山核桃高效栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,2012.
- [18] 常君,李川,王开良,等. 薄壳山核桃无性系开花物候特性观测[J]. 江西农业大学学报,2012,34(4):730-735.
- [19] 李雪,徐迎春,李永荣,等. 薄壳山核桃不同品系开花物候期特性观测[J]. 江苏林业科技,2012,37(6):19-21.
- [20] 房瑶瑶,陈兴彬,杨克强,等. 核桃实生群体物候的观测[J]. 经济林研究,2011,(3):98-101.
- [21] 李永荣,吴文龙,刘永芝. 薄壳山核桃种质资源的开发利用[J]. 安徽农业科学,2009,37(27):13306-13308.
- [22] 佟海英,吴文龙,闫连飞,等. 薄壳山核桃优良品种及其栽培技术要点[J]. 林业科技开发,2005,19(6):47-49.
- [23] 张雨,董润泉,习学良,等. 云南美国山核桃引种栽培试验[J]. 西南农业学报,2004(Z1):467-470.
- [24] 王曼,李贤忠,宁德鲁,等. 薄壳山核桃研究概况及发展趋势[J]. 林业调查规划,2009,34(6):93-95.
- [25] 熊新武,习学良,范志远,等. 3个美国山核桃优良品种生物学特性调查[J]. 西部林业科学,2006,35(3):81-86.