

# 不同薄壳山核桃品种开花物候特征及品种配置

张 辉<sup>1</sup>, 储国林<sup>2</sup>, 汤玉洁<sup>2</sup>, 湛梦云<sup>2</sup>

(1. 江苏省涟水县林业科技推广中心, 江苏 涟水 223400; 2. 南京林业大学, 江苏 南京 210037)

**摘要:**为观测江苏地区10个薄壳山核桃品种的开花物候特征,确定适宜的品种配置方案,该文以江苏地区的10个薄壳山核桃主栽品种为供试材料,观察和比较了其雌雄花的开花时间、形态特征,以及雌花的可授期和雄花的散粉期。结果如下:10个薄壳山核桃品种中有8个品种为雌先型,2个品种为雄先型。各品种的雌花在4月下旬进入初花期,终花期在5月下旬,可授期持续4—14 d;雄花在5月上旬开始散粉,5月下旬散粉结束,散粉期持续4—7 d。根据雌花的可授期与雄花的散粉期确定了15种可行的授粉组合,如‘马罕’×‘波尼’、‘马罕’×‘卡多’、‘金华’×‘卡多’等。根据薄壳山核桃的开花物候,认为以‘波尼’‘卡多’2个雄先型品种能满足大多数薄壳山核桃雌先型品种的授粉需求。

**关键词:**薄壳山核桃;开花物候期;形态特征;品种配置;江苏

**中图分类号:**Q142.2;S664.1;S792.13

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2022.02.005

薄壳山核桃[*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch],又名美国山核桃,长山核桃,是胡桃科(Juglandaceae)山核桃属的经济林树种,其木材质地坚韧、纹理细腻,树形高大挺拔,是理想的绿化及材用树种<sup>[1-2]</sup>。果实大且壳薄;果仁美味香,无涩味,出仁率及产量高,营养丰富,是理想的保健食品<sup>[3]</sup>,因此综合价值极高。

薄壳山核桃在我国引种历史悠久,于经济林产业中占有重要地位,具有良好的发展前景,但因其尚未形成规模性的生产方式,资源呈零星分布,无法满足当前市场需求<sup>[4-8]</sup>。而根据薄壳山核桃雌雄花异熟的特性,运用配置授粉技术,选择合适的授粉树,可以保证雄花散粉期与雌花可授期达到一致,从而解决授粉不良、生理落果严重等问题。虽然目前已有对其开花及物候进行的观察研究<sup>[9-10]</sup>,但考虑到配置授粉技术有利于规模化生产,因此在薄壳山核桃栽培期间,充分了解不同品种的开花物候期,合理配置品种,可以达到完善栽培技术及促进果实丰产的目的。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

江苏淮安涟水县朱码街道韩陈村三支堆北侧

江苏省林业科技创新与推广项目“薄壳山核桃良种及高效栽培”基地(位置为东南:119°14′37.0″/33°51′47.2″,东北:119°14′36.4″/33°51′50.8″,西北:119°14′28.5″/33°51′49.7″,西南:119°14′29.3″/33°51′46.5″),处于北亚热带和暖温带交界区内,基本属于暖温带季风气候,四季分明,年均气温14℃,年均气温5℃以上时间289 d,年均无霜期229 d。光照充足,雨水丰沛,年均降水量1 018.6 mm,年雨日104 d,年均相对湿度为77%。

### 1.2 试验材料

选取10个7年生薄壳山核桃品种,株行距为4 m×5 m,要求生长整齐一致,无病虫害。品种包括‘波尼’(Pawnee)、“马罕”(Mahan)、“卡多”(Caddo)、“金华”(Jinhua)、“绍兴”(Shaoxing)、“斯图尔特”(Stuart)、“特贾斯”(Tejas)、“尼可罗”(Nacono)、“威奇塔”(Wichita)、“肖肖尼”(Shoshoni)。

### 1.3 试验方法

每个品种选取标准株3个,对其发育过程中形态特征的变化进行观测,并拍照记录。于2021年4月对各品种的花期进行观测,直至雌雄花花期结束。在花期观测期间,共有16 d降雨,尤在4月下旬降雨量较大,并伴有3—4级风。

收稿日期:2021-12-24;修回日期:2022-02-21

基金项目:江苏省林业科技创新与推广项目“薄壳山核桃良种及高效栽培技术示范推广”(LYKJ-涟水[2020]1号)

作者简介:张 辉(1974—),江苏涟水人,高级工程师,大学本科毕业。从事林业科技推广工作。

1.3.1 雌雄花花期观察 从供试的薄壳山核桃品种中选取生长整齐一致、无病虫害、树冠开阔且采光好的林木为标准株。在标准株的4个方向选择生长健壮的枝条2—3个为标准枝进行定点观察。物候期观测标准参考前人的研究<sup>[11-12]</sup>,雌花初花期5%的花子房显现,盛花始期25%雌花的柱头开裂,盛花期50%柱头开裂且表面湿润,盛花末期75%的柱头为倒八字形且分泌物增多,末花期80%的柱头变黑萎蔫。雄花萌动伸长期5%雄花萌动直至最终长度,盛花始期25%的雄花开始散粉,盛花期50%的雄花散粉,盛花末期75%的雄花散粉,终花期90%的雄花序脱落。

1.3.2 雌雄花发育过程观察 在不同方位的标准枝上选择2—4个雌雄花序,开花前每2—3 d观测1次,花期每天进行观测,记录雌雄花的发育过程。

雌雄花发育过程参考前人的研究<sup>[11-12]</sup>,雌花的发育过程可分为现蕾期(5%雌花花蕾出现),柱头开裂期(50%雌花柱头开裂),柱头倒八字湿润期(70%雌花柱头湿润,呈倒八字形或圆锥状),柱头干涸期(90%雌花柱头变黑萎蔫)。雄花的发育过程可分为萌动期(5%雄花萌动),雄花序伸长期(75%雄花序生长至最终长度),花药可见期(50%雄花花药可见),花药变黄期(75%雄花花药变黄),花药变黑期(80%雄花花药变黑),雄花序脱落期(90%雄花序脱落)。

1.3.3 不同品种雌雄花形态特征比较 雌花:在4个方位的标准枝上各选择2—4个雌花,当雌花进入盛花期时,观察雌花的形态特征。

雄花:在雄花开放期,每2—3 d对不同品种的雄花进行观测,记录雄花序的发育过程。

1.3.4 可授期观测及品种配置 在不同方位的标准枝上分别选择3—5个雄花序和雌花序,根据标准枝上的雌雄花形态特征判断可授性。对于雌花,当雌花柱头打开、张开一定角度呈“倒八字形”,且柱头表面湿润,分泌物增多,则雌花进入可授期,当标准枝上的雄花柱头变黑、干枯,则雌花的可授期结束。对于雄花,当标准枝的一个方位开始散粉,则雄花散粉期开始,若每个标准枝上无花粉散出时,则雄花的散粉期结束。根据不同品种雌花的可授期与雄花的散粉期进行不同品种的配置。

## 2 结果与分析

### 2.1 薄壳山核桃雌雄花发育过程及形态特征

2.1.1 雄花发育过程的形态特征 根据雄花发育过程形态特征的变化,将雄花发育过程分为萌动期、雄花序伸长期、花药可见期、花药变黄期、花药变黑期和雄花序脱落期。以‘波尼’为例:(1)萌动期:雄花序从叶腋基部长出,雄花序较小,长2—3 cm,小花苞片紧密连接在一起,此阶段持续3—9 d;(2)雄花序伸长期:小花分离,向外张开,花轴可见,雄花长度不断增加,伸长至最终长度;(3)花药可见期:小花绿色花药可见,雄花序长度基本稳定,此阶段持续3—11 d;(4)花药变黄期:雄花小花变黄,经过3—6 d后开始散粉,此阶段持续4—13 d;(5)雄花散粉结束后,花药变黑,小花苞片角度张开到最大,小花变黑3—6 d后脱落。

如图1所示,‘波尼’雄花序出现的时间最早(4月9日),‘金华’雄花序出现时间最晚(4月20日),雄花序最早与最晚相差12 d。而‘绍兴’‘马罕’及‘肖肖尼’雄花序出现的时间较晚,在4月15日前后萌动。4月18日至4月30日,‘威奇塔’雄花序生长速度最快,在4月30日后,‘波尼’‘卡多’‘威奇塔’雄花序基本停止生长。

雄花序的长度为6—11 cm,不同品种其长度不同,按长度大小的品种顺序为‘威奇塔’>‘斯图尔特’>‘金华’>‘马罕’>‘绍兴’>‘肖肖尼’>‘特贾斯’>‘卡多’>‘波尼’,其中‘威奇塔’雄花花序最长,达到11.07 cm,‘波尼’和‘卡多’雄花序最短,仅6 cm左右,雄花序最长与最短相差4 cm。

2.1.2 雌花发育过程的形态特征 根据雌花的形态特征变化,可以将雌花的发育过程分为4个阶段:现蕾期、柱头开裂期、柱头倒八字湿润期和柱头干涸期。以‘马罕’为例:(1)现蕾期:雌花刚刚露出,着生于枝条顶端,子房不可见,外部观察近似于一个绿色圆点,此阶段持续7—10 d;(2)柱头开裂期:柱头开裂,柱头表面湿润,子房可见,此阶段持续3—5 d;(3)柱头倒八字湿润期:柱头开裂的角度增大,90—120°,柱头表面有大量突出腺性细胞,湿润物增多,此阶段持续3—17 d;(4)柱头干涸期:柱头干枯,变黑,最终柱头干枯脱落,子房开始膨大。

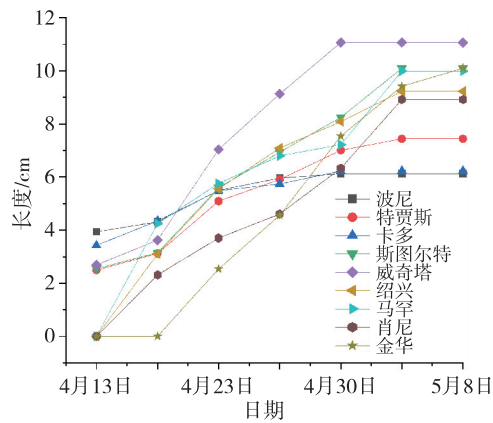
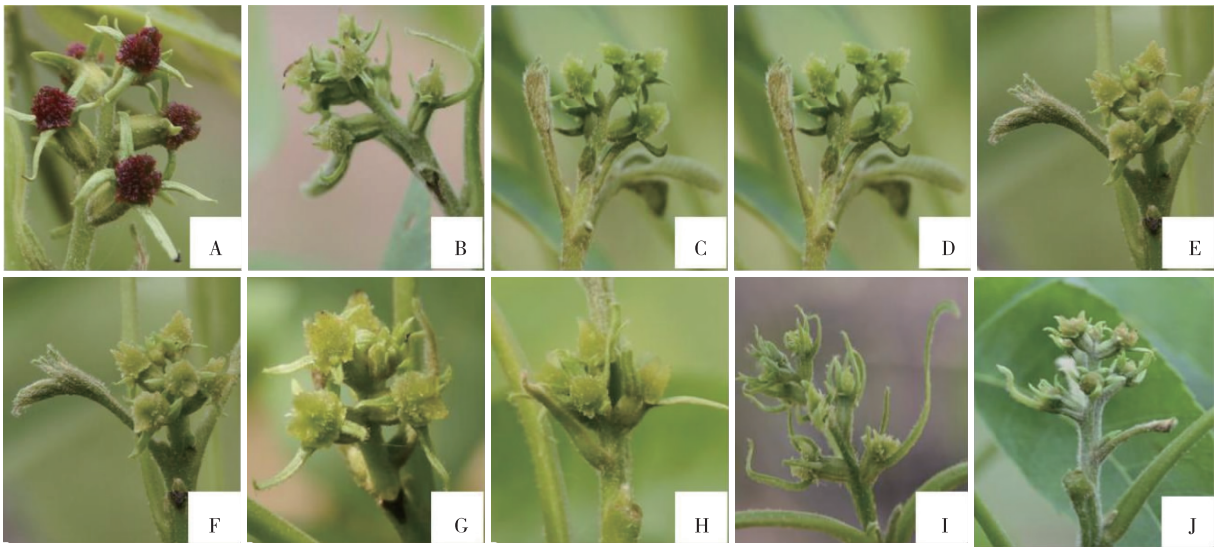


图 1 不同品种薄壳山核桃雄花序生长量

不同品种雌花的形态特征有很大的区别。从图 2 中可以看出,除‘波尼’‘卡多’及‘肖肖尼’的柱头分别呈红棕色、翠绿色及橙绿色外,其余品种的柱头均呈淡黄绿色。‘威奇塔’雌花柱头倒八字形明显,柱头张开 160—180°,雌花苞片较长呈弯曲状;‘波尼’‘金华’和‘肖肖尼’倒八字形不明显,柱头张开小于 90°,柱头肥厚,呈圆锥状。



A. 波尼;B. 马罕;C. 卡多;D. 金华;E. 绍兴;F. 斯图尔特;G. 特贾斯;H. 尼克罗;I. 威奇塔;J. 肖肖尼

图 2 不同品种薄壳山核桃雌花形态特征

2.2 薄壳山核桃雌雄花开花物候期

2.2.1 雄花的开花物候期 不同薄壳山核桃品种雄花的开花物候期如表 1 所示。10 个品种雄花萌动伸长期从 4 月 9 日持续到 4 月 20 日,其中‘波尼’的雄花在 4 月 9 日萌动,萌动时间最早,最晚的为‘金华’,与‘波尼’相差 11 d。10 个品种的盛花期(包括盛花始期、盛花期、盛花末期)主要集中在 4 月 29 日至 5 月 18 日,其中‘波尼’和‘卡多’进入盛花期时间较早,‘金华’进入的时间最晚,与最早品种相差 20 d。盛花期时间持续 4—7 d,其中‘波尼’‘绍兴’和‘威奇塔’散粉持续时间较长为 7 d,‘肖肖尼’和‘尼克罗’散粉持续时间短,仅有 4 d。

2.2.2 雌花的开花物候期 不同薄壳山核桃品种雌花开花物候期如表 2 所示。10 个品种雌花的初花期在 4 月 25 日至 5 月 3 日,相差 9 d。其中‘波

尼’最早进入初花期,最晚进入的是‘金华’。从 4 月 30 日至 5 月 6 日,雌花进入盛花始期,最早进入盛花始期的是‘马罕’,最晚进入的是‘金华’。

表 1 薄壳山核桃品种雄花开花物候期

品种	开花日期					t1/d	t2/d
	S1	S2	S3	S4	S5		
波尼	04-09	04-29	05-01	05-05	05-08	7	29
马罕	04-17	05-10	05-11	05-14	05-15	5	29
卡多	04-14	05-01	05-03	05-06	05-07	6	24
金华	04-20	05-14	05-16	05-18	05-20	5	31
绍兴	04-18	05-08	05-12	05-14	05-15	7	28
斯图尔特	04-13	05-07	05-09	05-12	05-15	6	33
特贾斯	04-15	05-06	05-09	05-11	05-12	6	28
尼克罗	04-19	05-09	05-11	05-12	05-14	4	27
威奇塔	04-15	05-09	05-14	05-15	05-17	7	33
肖肖尼	04-17	05-12	05-14	05-15	05-16	4	30

注:S1:萌动伸长期;S3:盛花始期;S4:盛花期;S5:盛花末期;S6:终花期;t1:盛花持续天数;t2:开花总天数。



各品种雌花的盛花期经历 4—14 d,其中‘卡多’的盛花期持续时间最长,达到 14 d,其次是波尼,达到 9 d;盛花期持续时间最短的是‘特贾斯’和‘尼克罗’,仅持续 4 d。

表 2 薄壳山核桃品种雌花开花物候期						
品种	开花日期					t/d
	S1	S2	S3	S4	S5	
波尼	04-25	05-06	05-09	05-14	05-18	9
马罕	04-27	04-30	05-01	05-03	05-05	5
卡多	05-01	05-03	05-08	05-16	05-18	14
金华	05-03	05-09	05-11	05-13	05-15	5
绍兴	04-28	05-01	05-02	05-05	05-08	5
斯图尔特	04-27	05-02	05-04	05-07	05-09	6
特贾斯	04-25	05-01	05-02	05-04	05-06	4
尼克罗	04-29	05-03	05-05	05-06	05-07	4
威奇塔	04-28	05-01	05-02	05-05	05-07	5
肖肖尼	05-01	05-03	05-06	05-08	05-10	6

注:S1:初花期;S2:盛花始期;S3:盛花期;S4:盛花末期;S5:终花期;t:盛花期持续天数。

2.3 薄壳山核桃品种配置

根据 10 个品种开花物候期的观测结果(如表 3)可知,‘马罕’‘金华’‘绍兴’‘特贾斯’‘尼克罗’‘威奇塔’和‘肖肖尼’为雌先型。‘波尼’‘卡

多’为雄先型。大部分品种花期不遇,不能完成自花授粉,因此在品种配置时,需要配置授粉树。

根据各品种雄花的散粉期和雌花的可授期进行品种配置,‘波尼’雄花的散粉期有 7 d,雌花的可授期有 9 d,雌雄花的花期不可遇,可用‘马罕’绍兴‘斯图尔特’‘特贾斯’和‘尼克罗’等作为授粉树。其中,‘绍兴’和‘斯图尔特’雄花的散粉期与‘波尼’雌花的可授期相遇时间较长,达到 7 d,用这 2 个品种作为授粉树,能够提高授粉率。‘卡多’雌雄花花期相遇,可进行自花授粉,雌花可授期时间较长,达到 14 d,10 个品种均可以作为其授粉树,其中‘绍兴’和‘斯图尔特’雄花的散粉期与‘卡多’雌花的可授期花期相遇时间最长,可优先考虑作为授粉树。‘金华’可配置‘马罕’‘绍兴’‘斯图尔特’‘特贾斯’‘尼克罗’和‘威奇塔’作为授粉树。‘斯图尔特’雌雄花花期可遇,但花期相遇时间仅为 1 d,需要配置‘波尼’‘卡多’和‘特贾斯’提高授粉率。‘马罕’‘绍兴’‘特贾斯’和‘威奇塔’雌花的可授期时间较短,与大多数品种花期不遇,可配置散粉时间较长的‘波尼’和‘卡多’为其授粉。‘尼克罗’可配置‘波尼’和‘马罕’。‘肖肖尼’可用‘波尼’‘卡多’‘特贾斯’作为其授粉树。

表 3 薄壳山核桃雌花可授期与雄花散粉期																					
序号	品种	雌雄花	日期																		
			4 月		5 月																
			29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	波尼	雄花	△	△	△	△	△	△	△												
		雌花								○	○	○	○	○	○	○	○	○			
2	马罕	雄花												△	△	△	△	△			
		雌花		○	○	○	○														
3	卡多	雄花			△	△	△	△	△	△											
		雌花					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
4	金华	雄花																△	△	△	△
		雌花											○	○	○	○	○				
5	绍兴	雄花										△	△	△	△	△	△	△			
		雌花			○	○	○	○	○												
6	斯图尔特	雄花									△	△	△	△	△	△					
		雌花				○	○	○	○	○	○										
7	特贾斯	雄花								△	△	△	△	△	△						
		雌花			○	○	○	○													
8	尼克罗	雄花											△	△	△	△					
		雌花					○	○	○	○											
9	威奇塔	雄花											△	△	△	△	△	△	△		
		雌花			○	○	○	○	○												
10	肖肖尼	雄花														△	△	△	△		
		雌花					○	○	○	○	○	○									

注:“△”为雄花散粉期,“○”为雌花可授期。

在薄壳山核桃雌雄花的发育过程中,不同品种雌雄花的外部形态存在差别。以‘波尼’为代表的雄花序粗壮且较短,散粉量大;雌花柱头倒八字型不明显,柱头张开角度小于 $90^{\circ}$ 。以‘威奇塔’为代表的雄花序细长,小花苞片松散;雌花柱头倒八字形明显,柱头张开角度在 $90^{\circ}$ — $120^{\circ}$ 之间。另外,不同品种的雌花柱头颜色也不同,除‘波尼’‘卡多’及‘肖肖尼’的柱头分别呈红棕色、翠绿色及橙绿色外,其余品种的柱头均呈淡黄绿色。花的形态特征与外部环境因子和体内基因表达相关<sup>[13-14]</sup>,因此在发育过程中的形态特征差异可作为品种鉴定的依据。

根据对 10 个薄壳山核桃品种开花物候期的观察,其雌花的发育可以分为现蕾期,柱头开裂期,柱头倒八字形期,柱头干涸期;雄花的发育可分为萌动期,雄花序伸长期,花药可见、变黄、变黑期,花序脱落期,这与蒋瑶等人的研究结果基本一致<sup>[12]</sup>。供试的 10 个品种雄花 4 月上旬开始萌动,5 月中下旬散粉、花序脱落;雌花在 4 月下旬集中进入初花期,末花期集中在 5 月上旬,花期持续 9—23 d,与南京地区的薄壳山核桃开花物候期基本一致<sup>[11]</sup>。

薄壳山核桃为风媒花,雌花着生于当年生枝头,雄花着生于去年生枝基部。雄花先散粉的为雄先型,雌花先接受花粉的为雌先型<sup>[5, 9, 15]</sup>。研究表明,‘波尼’在南京和湖南地区雌雄花花期相遇<sup>[16-18]</sup>,可进行自花授粉。但在本研究中,仅有‘卡多’和‘斯图尔特’雌雄花花期相遇,‘波尼’并未出现花期相遇的现象,可能是因为区域的限制,导致试验材料和气候条件有所不同。在前人研究中,观测地为湖南地区<sup>[18]</sup>,年均温度 $16.6^{\circ}\text{C}$ ,年平均降水 $1\,500\text{ mm}$ ,全年无霜期 $290\text{ d}$ 。而在本研究中,观测地为江苏涟水,年降水量 $1\,018.6\text{ mm}$ ,无霜期 $229\text{ d}$ 。因此可以看出,由于地区的不同,会导致同一品种开花物候期存在差异。

薄壳山核桃大部分为雌雄异熟的树种。研究表明,自花授粉会导致果仁重量和体积减少、坐果率降低,而异花授粉的果实,由于基因的杂合性高,在果实大小、品质、产量等方面优于自花授粉植物<sup>[19-21]</sup>,所以栽培过程中品种的配置十分重要。本研究中供试的 10 个品种均可以找到授粉树,可相互授粉的品种情况有‘马罕’×‘波尼’、‘绍兴’×‘波尼’、‘斯图尔特’×‘波尼’、‘特贾斯’×‘波尼’、‘尼克罗’×‘波尼’、‘威奇塔’×‘波尼’、‘肖肖尼’×‘波尼’、‘马罕’×‘卡多’、‘金华’×‘卡多’、‘绍兴’×‘卡多’、‘斯图尔特’×‘卡多’、‘特贾斯’×‘卡多’、‘尼克罗’×‘卡

多’、‘威奇塔’×‘卡多’、‘肖肖尼’×‘卡多’。综合考虑,‘波尼’和‘卡多’2 个雄先型品种能满足大多数薄壳山核桃雌先型品种的授粉需求。

#### 参考文献:

- [1] 王 曼,宁德鲁,李贤忠,等.薄壳山核桃研究概况[J].中国林副特产,2010(2):84-86.
- [2] 姚小华.美国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,何 方.美国山核桃及其在我国的适应性研究[J].江苏林业科技,2001,28(4):45-47.
- [4] 谢 静.薄壳山核桃开花生物学特性研究[D].南京:南京林业大学,2013.
- [5] 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,2010,37(6):18-21.
- [6] 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.
- [7] 彭方仁.美国薄壳山核桃产业发展现状及对我国的启示[J].林业科技开发,2014,28(6):1-5.
- [8] 徐永杰,徐春永,杜洋文,等.美国山核桃在湖北省引种可行性探讨[J].湖北林业科技,2012(1):51-53.
- [9] 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(1):86-90.
- [10] 房瑶瑶,陈兴彬,杨克强.核桃实生群体物候的观测[J].经济林研究,2011,29(3):97-101.
- [11] 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.
- [12] 蒋 瑶,魏海林,高昌虎,等.湖南低山丘陵区薄壳山核桃的开花物候期观测及品种配置[J].南京林业大学学报(自然科学版),2021,45(1):53-62.
- [13] 张 瑞,李 晖,彭方仁,等.薄壳山核桃开花特征与可授性研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(3):50-54.
- [14] WANG M, XI D, CHEN Y, et al. Morphological characterization and transcriptome analysis of pistillate flower in pecan (*Carya illinoensis*) [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 257, 108674.
- [15] WORLEY R E, DOVE S K, MULLINIX JR B G, et al. Long-term dichogamy of 80 pecan cultivar [J]. Scientia Horticulturae, 1992, 49(1):93-101.
- [16] 张 瑞.薄壳山核桃生殖特性及杂交育种研究[D].南京:南京林业大学,2016.
- [17] 谢 静,彭方仁,韩明慧,等.不同品种薄壳山核桃花期特性研究[J].江苏林业科技,2013,40(2):18-22.
- [18] 张嘉伟.不同地区长山核桃品种开花习性与经济性状比较研究[D].长沙:中南林业科技大学,2019.
- [19] 周米生,陈素传,蔡新玲,等.薄壳山核桃不同无性系花期特性观测与分析[J].安徽林业科技,2018,44(6):6-10.
- [20] POLLES S G, LONG W J, MULLENAX R H. Flowering dates of several pecan cultivars and selections in the central and Delta areas of Mississippi [J]. Pecan South, 1980, 7(1):38-41.
- [21] WOOD B W, MARQUARD R D. Estimates of self-pollination in pecan orchards in the southeastern United States [J]. HortScience, 1992, 27(5):406-408.