

doi:10.11937/bfyy.20172194

“空心李”的授粉生物学特征

张 义¹, 张 慧¹, 汪凤威², 胡 焕¹, 程 磊¹

(1. 长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025; 2. 建始绮丽果业有限责任公司, 湖北 建始 445300)

摘 要:以“空心李”及其授粉品种为试材,研究了“空心李”及其授粉品种的开花物候期、花粉量、花粉生活力、“空心李”柱头的可授性以及“空心李”自花和异花授粉亲和性,以期“空心李”的丰产栽培技术提供参考依据。结果表明:“黄香檳”和“红宝石”与“空心李”花期一致;各品种每个花药花粉量变化范围为 300~733 粒,从高到低依次为“紫叶李”“红心李”“黄香檳”“空心李”和“红宝石”,其花粉萌发率依次为 21.9%、47.2%、17.4%、13.5%、24.6%;“红宝石”“黄香檳”“紫叶李”和“红心李”经“空心李”授粉的坐果率依次为 16.18%、10.34%、7.41%和 7.27%，“空心李”自交授粉坐果率为 12.59%，“空心李”自然授粉坐果率为 6.00%；“空心李”柱头从大蕾期到开花后第 5 天均有授粉活性,但以大蕾期、开花当天、开花后第一天的可授性最强。综合来看,“空心李”的花粉生活力较低而花粉量中等;柱头在大蕾期至开花前 5 d 具有可授性;“空心李”自交亲和性好;“红宝石”尽管花粉量不是很大,但花粉生活力较高,与“空心李”开花期一致,且与其授粉亲和性较好,可以作为“空心李”的授粉品种。

关键词:“空心李”;花粉量;花粉生活力;柱头可授性;授粉亲和性

中图分类号:S 662.305⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0043-05

中国是世界李生产大国,种植面积和产量连续数年居世界首位并占世界的 50%以上,同时中国也是李的原产国^[1]。但是,我国李生产中存在

春季低温冻害、低温阴雨造成的授粉受精不良和冷害、雹灾、成熟期裂果等^[2-3],以及自花结实率低^[4]的问题。这些因素造成了李子花多果少、产量不稳定,极大地影响着果农的种植积极性。“空心李”因果肉与核分离而得名,主要分布于贵州省、鄂西南和重庆市东部。各地的品种名虽相同,但特性不完全一致,是地方性特色水果。湖北省

第一作者简介:张义(1964-),男,硕士,副教授,现主要从事核果类果树的生理与栽培等研究工作。E-mail: zhyi-mail@163.com.

收稿日期:2017-07-14

Abstract: 374 hybrids from 5 hybrid combinations were used as test materials, 10 leaf and fruit traits were investigated and measured, and the correlation among them were analyzed to provide theoretical basis for walnut breeding and early selection. The results showed that the phenotypic correlation and genetic correlation between nut weight and nut transverse diameter, nut longitudinal diameter, nut shell thickness were all significant; the correlation between leaf traits and nut weight was not significant. The results of path analysis showed that the path coefficient of nut transverse diameter, nut longitudinal diameter, nut shell thickness and specific leaf weight to nut weight was 0.160 4, 0.626 3, 0.290 8 and -0.163 9 respectively. These four factors contributed significantly to the nut weight and were the main factors affecting the nut weight of walnut.

Keywords: walnut; hybrids; leaf; fruit; traits; correlation

建始县“空心李”是建始县正在发掘的地方李品种,其果实扁圆形,果顶平,缝合线浅,两瓣对称,果面黄色,果粉白色,较薄,外观漂亮。平均单果质量 34 g,果肉黄绿色,肉质脆嫩,纤维少,汁多,味甜,成熟后有香味,离核,核小,品质上等,7 月上旬成熟,是一个具有较高开发价值的李品种。但该品种在生产中也存在花多果少、产量不稳的问题,而关于其原因的分析报道尚鲜见。

该研究以“空心李”为研究对象,通过对该品种及其授粉品种的开花物候期、花粉量和花粉生活力的观测,其柱头可授性的观测,以及自交、异交授粉亲和性的比较,较系统地研究了“空心李”的授粉生物学特性,以期为“空心李”的丰产栽培技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种有“空心李”(*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Kongxinli') (2010 年种植),“红宝石”(*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Gulf-ruby') (2009 年种植),“红心李”(*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Hongxinli') (2009 年种植),“黄香槟”(*Prunus domestica* L. cv. 'Yellow champagne') (8 年生),“紫叶李”(*Prunus cerasifera* Ehrh. cv. *Atropurpurea* Jacq.) (8 年生),砧木均为毛桃,种植于长江大学西校区基地(平原,海拔 34 m)。前 3 个李品种在湖北栽培较多,“黄香槟”初步观察综合性状较好,“紫叶李”观赏栽培多,与一些李品种授粉亲和性较好^[5]。授粉试验在建始县绮丽果业“空心李”果园进行。该果园为海拔 700 m 左右,岗地,粘黄壤杂有砾石、微酸性土壤,“空心李”纯林,管理水平中等。

1.2 试验方法

1.2.1 “空心李”及其授粉品种的开花物候期的观测

从 2017 年 3 月上旬有少数花蕾开放时起,每天 08:00—10:00 观察开花情况。

开花物候期划分标准为:初花期(全树 5% 的花开放)、盛花期(全树 25% 以上的花开放)、末花期(全树 75% 的花朵花瓣变色,开始落瓣)。

1.2.2 “空心李”柱头有效授粉期的观测

从 2017 年 3 月 9 日开始,分别采摘中蕾、大蕾、开花第 1 天至开花后第 9 天的花(分别记为 -2、-1、0、1、2、3、4、5、6、7、8 d)的花柱,每个时期取 5 个花柱,用联苯胺-过氧化氢法测定柱头的可授性。先将柱头切下,放入装有联苯胺-过氧化氢反应液(1% 联苯胺:3% 过氧化氢:水=4:11:22)的凹面载玻片中,20 min 后在解剖镜下观察柱头的颜色变化和产生气泡的状况。将柱头至少 2/3 部位变蓝色并伴有大量气泡出现的记为具有可授性,否则认为柱头可授性较低或者无可授性。

1.2.3 花粉量的测定

采集各品种大蕾期或刚开放的花,取完整花药 15 枚放入小青霉素瓶中(不盖盖),在 25 ℃ 下干燥。花药完全爆裂散出花粉后,加入含 1% 六偏磷酸钠溶液 1 mL 处理 24 h,让花粉从花药中完全解离,并充分振荡,使花粉粒均匀分布于溶液中。然后用 2 μ L 移液枪取 2 μ L 溶液滴于凹面载玻片上,在显微镜下观察统计花粉粒数,重复 3 次。每枚花药的花粉量(粒)=每个载玻片上平均花粉粒数 \times 500/15。

1.2.4 花粉生活力的测定

花粉采集与干燥:在空心李初花期采集大蕾花或刚开放的花带回实验室,用镊子取下花药,放在光滑的硫酸纸上,置于敞口干燥器,再将干燥器放入 25 ℃ 的恒温干燥箱中干燥 12 h,待花药开裂散粉后,收集到密封小瓶,置于 4 ℃ 冰箱保存备用。

采用琼脂培养基发芽法测定花粉发芽率。培养基配方为 1% 琼脂+10% 的蔗糖+0.03% 硼酸。将配制好的培养基均匀滴入载玻片上,每片滴 3 个位置,重复 3 次。待其基本凝固后,用铅笔的橡皮头播种花粉,不盖盖玻片。将载玻片放置在垫有湿滤纸的培养皿中,盖上培养皿盖,在 25 ℃ 温度下培养 4 h 后在显微镜下观测花粉萌发状况。以花粉管长度达到花粉粒直径一半为花粉萌发标准,每个培养基每个培养位置观察 2 个视野,每视野不少于 30 粒花粉,记录每视野的总花粉数和萌芽花粉数,6 个视野平均后计算花粉萌发率。花粉萌发率(%)=萌发花粉粒数/观察花粉总粒数 \times 100。

1. 2. 5 人工授粉亲和性试验

从 3 月 8 日开始,分别在“紫叶李”“红心李”“黄香槟”“红宝石”和“空心李”初花期采集大蕾期或刚开放的花朵。采用上述方法将花粉干燥后置于 4℃冰箱中保存备用。于初花期先筛选出生长结果正常的“空心李”植株 6 株,然后在每株植株上选择生长状况及着生角度相似、粗壮的一年生长果枝 6 个,摘除所选枝上开放的花和小蕾,仅留大蕾期的花蕾,再去雄授粉,授完后用长形牛皮纸筒将整个枝条套住,用细绳捆扎两头。每个枝条用 1 个品种的花粉进行授粉。待开花结束后摘除牛皮纸筒。自然授粉枝条只标记,不授粉也不套袋。授粉后 40 d 左右即 4 月 22 日统计坐果数,计算坐果率。坐果率(%) = 坐果数/花数 × 100。

2 结果与分析

2. 1 各品种开花物候期

由表 1 可知,“黄香槟”“红宝石”的花期与“空心李”花期基本一致;“紫叶李”花期最早,但其花期较长,其盛花期与“空心李”初花期略相遇;“红心李”开花也较早,花期与“空心李”有部分相遇。

表 1 “空心李”及其授粉品种的开花物候期

Table 1 Flowering phonological period of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ and its pollinated varieties 月-日

品种 Varieties	初花期 Initial flowering stage	盛花期 Full flowering stage	末花期 Flower falling stage
“紫叶李” <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. cv. <i>Atropurpurea</i> Jacq.	03-07	03-09	03-14
“红心李”‘Hongxinli’	03-08	03-10	03-14
“黄香槟” ‘Yellow champagne’	03-10	03-12	03-16
“空心李”‘Kongxinli’	03-11	03-13	03-17
“红宝石”‘Gulf-ruby’	03-10	03-12	03-16

2. 2 “空心李”柱头可授期

由表 2 可知,“空心李”柱头从-1 d 到开花后第 5 天均具有可授性,可授期长达 7 d,其中大蕾期、开花当天、开花后 1 d 的花柱可授性最强。

表 2 “空心李”柱头的可授性

Table 2 Stigma receptivity of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’

开花时间 Flowering stage/d	柱头可授性 Stigma receptivity	柱头颜色 Stigma color	浸泡后的结果 Results after immersion
-2	+	黄色(部分变蓝)	大量气泡无颜色变化
-1	+++	黄色(全部变蓝)	蓝色有大量气泡
0	+++	褐色(全部变蓝)	蓝色有大量气泡
1	+++	褐色(全部变蓝)	蓝色有大量气泡
2	++	褐色(部分变蓝)	深蓝色有少量气泡
3	++	褐色(部分变蓝)	深蓝色有少量气泡
4	++	深褐色(全部变蓝)	深蓝色有少量气泡
5	++	深褐色(全部变蓝)	深蓝色有少量气泡
6	+	深褐色(全部变蓝)	蓝色有少量气泡
7	+/-	深褐色(全部变蓝)	浅蓝色有少量气泡
8	-	黑褐色	无气泡产生

注:+++表示可授性强;++表示具有可授性;+表示可授性较弱;+/-表示可授性极弱;-表示不具有可授性。

Note:+++ indicates a strong receptivity; ++ indicates a certain degree of receptivity; + indicates weak degree of receptivity; +/- indicates very weak receptivity; - indicates no receptivity.

2. 3 “空心李”及其授粉品种花粉量与生活力比较

由表 3 可知,“红心李”花药的花粉量最高,为 844 粒;其次为“紫叶李”“黄香槟”“空心李”,花粉量依次为 733、677、544 粒;“红宝石”花粉量最低,仅为 300 粒。

表 3 “空心李”及授粉品种的花粉量及花粉生活力

Table 3 Quantities and viabilities of pollen of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ and its pollinated varieties

品种 Varieties	花粉量 Pollen quantities/粒	花粉萌发率 Pollen germination rate/%
“紫叶李” <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. cv. <i>Atropurpurea</i> Jacq.	733	21. 9
“红心李” ‘Hongxinli’	844	47. 2
“黄香槟” ‘Yellow champagne’	677	17. 4
“空心李” ‘Kongxinli’	544	13. 5
“红宝石” ‘Gulf-ruby’	300	24. 6

“红心李”的花粉萌发率最高,达 47. 2%,萌发率从高到低依次为“红心李”“红宝石”“紫叶李”“黄香槟”和“空心李”。各品种间花粉量的大小趋势与花粉萌发率大小趋势并不一致。

2.4 授粉品种与“空心李”的授粉亲和性

由表4可知,与自然授粉比较,各品种在人工授粉的情况下均能提高“空心李”的坐果率;在人工授粉情况下,“红宝石”授粉的坐果率高于“空心李”自花授粉,其它几个李品种授粉后坐果率均低于自花授粉。按照郁香荷等^[4]提出的李自花坐果率的标准,“空心李”自花坐果率属于高的类型,自花授粉坐果率达12.59%,其自交亲和性较好。自然授粉下,“空心李”坐果率仅为6.00%,远低于人工自花授粉。这可能与其开花授粉期间间断低温阴雨的气候条件有关,低温阴雨不利于散粉,也不利于蜜蜂等昆虫的活动。

表4 授粉品种与“空心李”的授粉亲和性

Table 4 Pollination compatibilities of pollinated varieties and *Prunus salicina* Lindl. cv. 'Kongxinli'

授粉品种 Pollinated varieties	处理花数 Flower number/朵	坐果数 Fruit set number/个	坐果率 Fruit set rate/%
“红宝石” ‘Gulf-ruby’	136	22	16.18
“空心李” ‘Kongxinli’	143	18	12.59
“黄香槟” ‘Yellow champagne’	174	18	10.34
“紫叶李” <i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. cv. <i>Atropurpurea</i> Jacq.	189	14	7.41
“红心李” ‘Hongxinli’	110	8	7.27
自然授粉(对照) Natural pollination(CK)	217	13	6.00

3 讨论与结论

3.1 花粉量与花粉生活力

据谢鹏等^[6]、张建英等^[7]的研究,李品种间花粉量差异大,且花粉量与花粉生活力间没有大的相关性,与该研究的结果一致。品种间花粉量的差异除与其自身的遗传特性有关外,还会与树体的营养状况、花芽分化和发育状况有关。

该研究中“红心李”花粉萌发率最高,达47.2%,另外4个品种均不超过30%，“空心李”花粉活力最低,仅13.5%。朱立武等^[5]、宋立功等^[8]的研究也表明,李品种花粉萌发率普遍较低,一般不超过40%。

3.2 柱头的可授性

何兴波^[9]在“风味玫瑰”上的研究认为,开花

前2 d花柱已具有可授性,但可授性较低;在开花后前2 d柱头的可授性最高,随后柱头的可授性逐渐降低,直至开花后第7天柱头完全丧失可授性,柱头可授性前后持续8 d。彭伟秀等^[10]用晚熟李试验表明,柱头可授期可持续3 d,但开花后1~2 d可授性最高。该研究表明“空心李”柱头从大蕾期到开花后第5天均有授粉活力,其中以大蕾期、开花当天、开花后1 d的花柱可授性最强。与上述研究结果相近。

3.3 授粉亲和性

大量研究表明^[4,11-13],李自交不结实或结实率低,通过配置授粉树,可提高李树坐果率。该研究显示,“空心李”的自花授粉亲和性较高,往年的观察也显示“空心李”纯林能够丰产;异花授粉能够提高“空心李”的坐果率,前提是要选配好授粉品种。

“空心李”自然授粉坐果率较低,可能与当年在李开花幼果期连续的低温阴雨天气有关(当年该地区李坐果率普遍低)。

综合上述分析可知,“空心李”的花粉生活力较低而花粉量中等;“空心李”柱头从大蕾期到开花后第5天均有授粉活力,其中大蕾期、开花当天、开花后1 d的花柱可授性最强;“空心李”自交亲和性好;“红宝石”尽管花粉量不是很大,但花粉生活力较高,而且与“空心李”开花期一致与“空心李”授粉亲和性较好,可以作为“空心李”的授粉品种。

参考文献

- [1] 王刚,宣继萍,张计育,等. 中国李产业发展、贸易与国际竞争力分析[J]. 中国农学通报,2016,32(13):191-199.
- [2] 张吉国. 巴山脆李产业化现状分析与发展对策[J]. 科学种养,2014(8):24-25.
- [3] 陈玉玲,夏乐哈,李洪杰,等. 河南省杏、李产业现状分析与建议[J]. 现代园艺,2017(2):15-17.
- [4] 郁香荷,孙猛,刘威生. 李种质资源自花和自然坐果率及分级标准[J]. 中国果树,2008(3):17-19.
- [5] 朱立武,孙文平. 李品种花粉活力及授粉初步研究[J]. 安徽农业大学学报,2000,27(3):214-216.
- [6] 谢鹏,谭晓风,李芳东,等. 6个杏李品种花粉量及花粉萌发率测定[J]. 中国南方果树,2009,38(2):34-35.
- [7] 张建英,朱亚伟. 李品种花粉量及花粉发芽率的测定[J]. 河北林业科技,2006(1):9,14.
- [8] 宋立功,周怀军,王仁娴,等. 李树不同品种花粉生活力研究

- [J]. 河北林果研究, 2006, 21(3): 57-58, 62.
- [9] 何兴波. 杂交杏李品种风味玫瑰授粉特性研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014: 26-28.
- [10] 彭伟秀, 冯大领. 晚熟李花粉生活力及柱头可授性研究[J]. 河北农业大学学报, 2008, 31(5): 57-60.
- [11] 刘海荣. 矮甜李授粉试验[J]. 中国林副特产, 2000(3): 17.
- [12] 杨建明. 提高大石早生李坐果率试验研究[J]. 河北林果研究, 1999, 14(4): 323-325.
- [13] 王会娜, 李建安. 秭归秋露李系列品种授粉生物学及果实品质特征[J]. 经济林研究, 2012, 30(2): 99-102.

Pollination Biology Characteristics of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’

ZHANG Yi¹, ZHANG Hui¹, WANG Fengwei², HU Huan¹, CHENG Lei¹

(1. College of Gardening and Horticulture, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025; 2. Jianshi Qili Fruit Industry Co. Ltd., Jianshi, Hubei 445300)

Abstract: *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ and its pollinated varieties were used as materials. The flowering phonological period, quantities and viabilities of pollen, stigma receptivity and the self-pollination and cross-pollination compatibilities of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ were studied in order to provide reference for the high-yield cultivation techniques of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’. The results showed that the flowering period of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Gulf-ruby’ and *Prunus domestica* L. cv. ‘Yellow champagne’ were consistent with that of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’. The variation range of pollen quantity among all varieties was 300—733 grains per anther, the order from high to low among all varieties was *Prunus cerasifera* Ehrh. cv. *Atropurpurea* Jacq., *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Hongxinli’, *Prunus domestica* L. cv. ‘Yellow champagne’, *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ and *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Gulf-ruby’, and their pollen germination rate were 21.9%, 47.2%, 17.4%, 13.5% and 24.6%, their fruit setting rates after pollinating *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ were 7.41%, 7.27%, 10.34%, 12.59% and 16.18%, respectively. The fruit setting rates of natural pollination of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ was 6.00%. The stigma receptivity could stay 7 days from the day before flowering to the fifth day after flowering, and ones were the strongest in the day before flowering, flowering day and the day after flowering. On the whole, *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’ showed lower pollen viability, moderate pollen quantity, 5 days stigma receptivity after flowering, a good self-pollination compatibility. Although the pollen quantity of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Gulf-ruby’ was low, the pollen viability was higher, the flowering period was consistent with and showed a good pollination compatibility with and could be used as a pollinated variety of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’.

Keywords: *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Kongxinli’; pollen quantity; pollen viability; stigma receptivity; pollination compatibility