

# Studies on Pollination Characteristics and Breeding System of *Paeonia lactiflora* Pall

Jie Gao, Zhenzhu Fu, Xiaoyu Dong, Limin Wang, Xin Yuan, Jing Zhang, Huijuan Wang, Yanmin Li, Naixi Feng, Yaotang Wang, Hui Jiang, Hechen Zhang\*

Horticulture Research Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Henan  
Email: \*zhc5128@126.com

Received: Sep. 4<sup>th</sup>, 2018; accepted: Sep. 18<sup>th</sup>, 2018; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

Herbaceous peony is the traditional Chinese medicinal and ornamental specie as well as a kind of new oil crops in China. Here, we focused and analyzed the pollination characteristics and breeding system in *Paeonia lactiflora* Pall, which can be as actual or potential value specie. The results showed that there existed self-compatible, but mainly out-crossing in *Paeonia lactiflora* Pall. And we found that their pollination processes require pollinators, such as wind and insects. Thus, our studies provide important theoretical support for planting this kind of herbaceous peony in future.

## Keywords

*Paeonia lactiflora* Pall, Pollination, Breeding System

# 油用芍药的传粉特性及繁育系统研究

高杰, 符真珠, 董晓宇, 王利民, 袁欣, 张晶, 王慧娟, 李艳敏, 冯乃曦, 王耀堂, 蒋卉, 张和臣\*

河南省农业科学院, 园艺研究所, 河南 郑州  
Email: \*zhc5128@126.com

收稿日期: 2018年9月4日; 录用日期: 2018年9月18日; 发布日期: 2018年9月25日

## 摘要

芍药是我国重要的一类观赏和药用花卉, 在油用方面的价值也越来越重要。本研究对当前主要的一类油用芍药资源——杭白芍的传粉特征和繁育系统进行了相关研究。结果表明, 油用芍药存在一定程度的自

\*通讯作者。

文章引用: 高杰, 符真珠, 董晓宇, 王利民, 袁欣, 张晶, 王慧娟, 李艳敏, 冯乃曦, 王耀堂, 蒋卉, 张和臣. 油用芍药的传粉特性及繁育系统研究[J]. 植物学研究, 2018, 7(5): 536-542. DOI: 10.12677/br.2018.75065

交,但其授粉需要昆虫的辅助,以异交为主,属兼性自交的植物;但是存在自交衰退的现象。本研究可为油用芍药的生产及育种实践提供重要的理论支持。

## 关键词

芍药, 传粉, 繁育系统

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

芍药(Herbaceous peony)是一类著名的观赏花卉,也是一种重要的药用植物资源。进入新世纪以来,芍药在切花、油用等方面也凸显出了越来越重要的价值。2011年,牡丹被正式批准为新的食用木本油料资源(主要为凤丹和紫斑牡丹两个种群)。与牡丹亲缘关系较近的芍药,由于其具有生长周期短、繁殖更加容易,宜于机械化管理等优势,也具有开发为油用植物资源的潜力。目前的栽培芍药中,结实率较高的种群主要为杭白芍(*Paeonia lactiflora* Pall 的栽培品种,下文统称“油用芍药”);但是存在花色多样、结实率不一致的问题。因此,需要对油用芍药的传粉特性及繁育系统进行研究,从而为今后育种和栽培实践提供理论支持。植物的繁育系统主要指花部形态特征、花瓣开放的方式、自交或杂交亲和性等,直接影响植物的有性生殖是否成功,关系着植物后代的繁育[1][2]。

## 2. 材料及方法

### 2.1. 实验材料

供试品种为5年生以上的芍药实生苗(杭白芍),以及牡丹品种凤丹、紫斑、海黄、寓所樱等。

### 2.2. 实验时间及地点

实验于2016~2018年4月中旬至5月初分别在洛阳国际牡丹园(地理位置:北纬34.77,东经112.42。气候特征:年均气温15℃左右,1月份气温最低,平均气温在0℃左右,极端最低气温可达-15℃;7月份气温最高,平均气温在27℃左右,极端最高气温曾达到42℃;年均降水量630毫米左右。)、虞城油用芍药示范基地(地理位置:北纬34.23,东经115.76。气候特征:常年平均气温14℃,年平均无霜期216天;年均气温为14.1℃,年均降水量726.5 mm。)和河南农科院芍药种质资源基地(地理位置:北纬34.99,东经113.74。气候特征:年平均气温14.4℃,7月最热,平均27℃;1月最冷,平均0.1℃;年平均降雨量632毫米,无霜期220天。)进行。

### 2.3. 花部特征分析

分别于4月中旬至5月上旬对供试芍药品种的种群花期、单花的花期、花瓣的颜色、花瓣结构特征进行连续性观察,统计并分析单个花的花瓣数量、雄蕊数量、雌蕊数量等指标。

### 2.4. 授粉处理

分别于4月中旬至5月初对供试芍药品种进行了1)自然授粉2)人工自花3)自动自花4)自然异花

5) 人工异花等处理。为了保证结果的可靠性,人工去雄、自交、杂交(与供试牡丹品种)、自交(杂交)后套袋、去雄套袋、去雄不套袋及自然授粉等各种方式的授粉处理尽量同一时间段、相似天气特征条件下进行;授粉后分别在 10 d、20 d、30 d、50 d、70 d、80 d 进行连续性观察、记录。每个处理分别在单个芍药植株上进行三次重复(三个单花)。

## 2.5. 传粉昆虫观察

分别于 4 月中旬至 5 月上旬,在盛花期选择晴朗天气,定点观察不同花色油用芍药的访花昆虫,时间从上午 9:00 至 16:00,每隔一个小时分别统计昆虫的种类和访问频次。

## 2.6. 数据统计与分析

数据通过 EXCEL 进行统计和计算,然后采用 SPSS 分析软件进行差异统计分析。

# 3. 结果和分析

## 3.1. 油用芍药花部特征分析

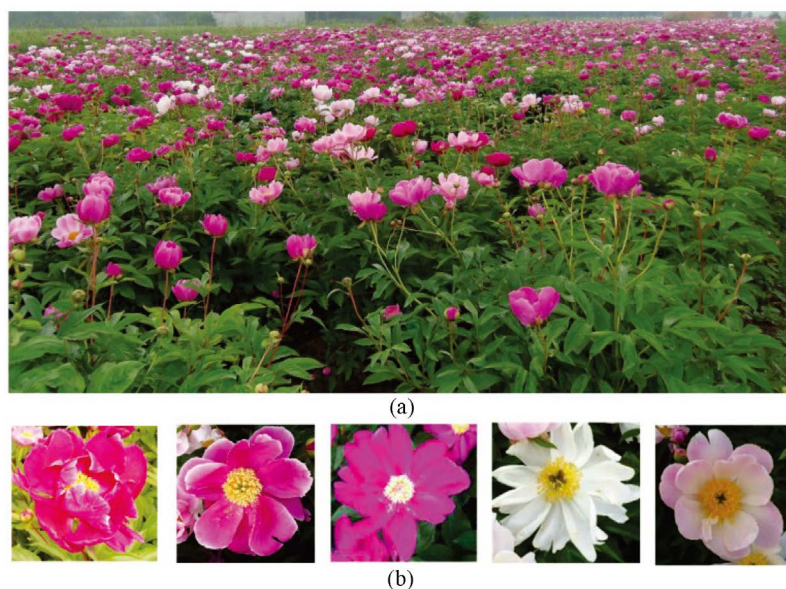
油用芍药的栽培种都是通过种子繁殖,花瓣一般着生于茎的顶端或近顶端叶腋处,共 5~13 枚。其花部器官中雄蕊的颜色都为黄色。花色非常丰富,多数为粉红色至紫红色,少有白色,说明该类群杂合程度较高,但是缺少黄色和绿色的花色类型。花型多是单瓣和荷花型(图 1)。果为蓇葖果,呈纺锤形,2~8 枚离生,由单心皮构成,内含种子一般 5~7 粒,少的 2~3 粒,多的甚至 10 粒以上。油用芍药在河南(黄淮地区)自然开放的时间为 4 月中旬至 5 月上旬,各地区开放时间随着当年气温的变化有异。单朵花的花瓣开放周期为一周左右。

## 3.2. 油用芍药的访花昆虫分析

通过连续两年在不同生境地观察发现,油用芍药的花瓣没有蜜液,提供给传粉昆虫的报酬物主要是花粉和花瓣;昆虫访花的时间主要集中在晴天的 8:00~11:00,午后访花昆虫的活动频率显著降低,阴雨天气里几乎没有访花昆虫出现(图 2)。经过 2 年,多次重复观察,共发现访花昆虫有 8 种;其中膜翅目的种类最多,有 6 种,主要为蜂类;其次为双翅目和鞘翅目,各 1 种,分别是食蚜蝇和金龟子。蜜蜂是调查生境地访花频率最高且传粉效率最高的访花昆虫,平均每天达到 20 次左右。蜜蜂在访花时喜欢直接飞向黄色的雄蕊,降落时其虫体的压力使得长雄蕊向中心靠拢,花药也随之向上弹起并贴近蜜蜂的身体,花药的顶端与蜜蜂身体的腹部或侧面直接接触,从而是外轮雄蕊的花粉由于蜜蜂的振动从花药弹出,附着在蜜蜂的腹部和背部两侧,并随着蜜蜂的运动使花粉接触到花药,从而为芍药完成了传粉过程。研究表明,油用芍药法的访花昆虫种类与牡丹相似,主要为蜂类;并且他们传粉的过程也类似,都是通过振动完成了授粉[2]。

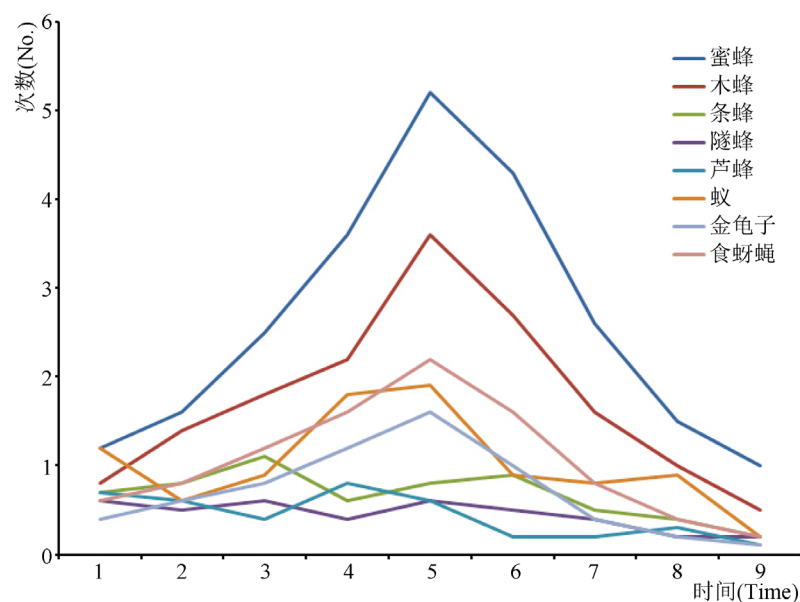
## 3.3. 油用芍药的传粉特性

前面研究结果表明,油用芍药具有访花昆虫,为了研究昆虫对油用芍药传粉是否具有必要性,是否需要其他传粉辅助参与,我们进一步采用套袋、去雄、自然传粉、人工辅助授粉等措施,对生境地油用芍药的受育特性进行了调查研究。经过统计结果表明,套袋但不去雄的油用芍药有部分结实,但是结实率很低,只有 3~5 个果夹,每个果夹只有 2~3 粒种子,部分没有结实;套袋并且去雄的油用芍药基本上无结实,而自然状态下的油用芍药结实率很高,平均每枝 4~6 个果夹,每个果夹达到 5~8 粒种子(图 3)。该结果表明油用芍药自然状态下的传粉的确需要辅助者的参与。



**Figure 1.** Natural phenotypic diversity (a) and flower characteristics (b) of *Paeonia lactiflora* Pall

**图 1.** 油用芍药群体表型(a)及花部特征(b)

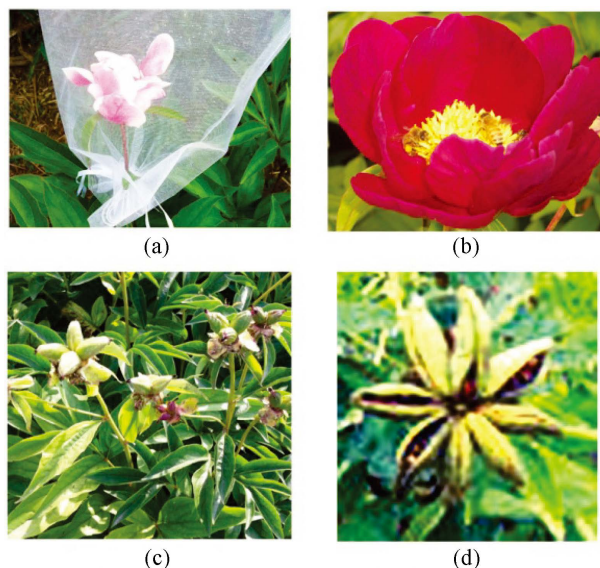


**Figure 2.** The visiting insects of *Paeonia lactiflora* Pall at flowering stage

**图 2.** 油用芍药访花昆虫种类及次数(时间 1~8 分别代表从早上 9:00 至下午 16:00 的时间节点)

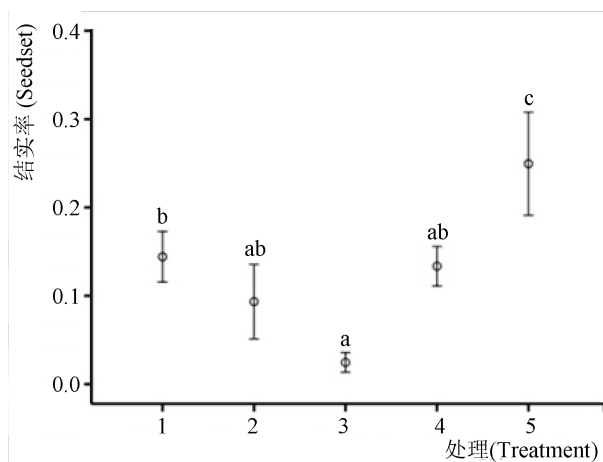
### 3.4. 油用芍药繁育方式研究

以牡丹品种凤丹为对照, 通过不同授粉方式系统研究了油用芍药的繁育情况。研究结果显示(图 4), 凤丹与油用芍药的繁育方式类似。在生境条件下, 不同授粉处理的凤丹、油用芍药结籽率差异显著( $F(4,45) = 4.722, P < 0.01$ )。套袋处理(自动自花)的结籽率最低, 为  $0.02 \pm 0.01$  (均值  $\pm$  标准误), 与自然授粉( $0.14 \pm 0.03$ )和人工异花( $0.24 \pm 0.06$ )存在显著差异, 而与人工自花( $0.09 \pm 0.04$ )和自然异花( $0.13 \pm 0.02$ )差异并不



**Figure 3.** Pollination characteristics of *Paeonia lactiflora* Pall. (a) Self-pollination under isolation condition, (b) Visiting insects, (c) Seed-setting characters under natural condition, (d) Seed-setting characters under artificial pollination

**图 3.** 油用芍药的传粉特性分析(a) 网袋隔绝实验, (b) 油用芍药的传粉昆虫, (c) 自然状态下油用芍药的结实特征, (d) 辅助授粉后的油用芍药结实特征



**Figure 4.** Effects of pollination mode on bearing of *Paeonia lactiflora* Pall. (1. Bagging isolation, 2. Natural pollination, 3. Hand-cross pollination, 4. Hand-self pollination, 5. Natural-cross pollination)

**图 4.** 不同授粉方式对油用芍药结实的影响(横坐标 - 处理方式: 1. 套袋处理; 2. 自然授粉; 3. 人工异花; 4. 人工自花; 5. 自然异花)

显著, 说明凤丹及油用芍药都存在一定程度的自交, 但其授粉需要昆虫的辅助, 属于兼性传粉、兼性自交的植物。人工自花与人工异花的结籽率存在显著差异, 说明存在自交衰退的现象; 自然授粉和自然异花差异不显著, 说明其以异交为主; 自然授粉与人工异花差异显著, 说明实验居群存在严重的花粉限制(与访花昆虫观察结果一致, 同时也证明了其授粉需要风媒辅助)。



**Table 1.** Analysis on the fertility of *Paeonia lactiflora* Pall and tree peony**表 1.** 油用芍药与不同牡丹品种之间的杂交育性统计

母本 父本	油用芍药(单株 1#, 白色)			油用芍药(单株 2#, 白色)			油用芍药(单株 1#, 粉色)			油用芍药(单株 2#, 粉色)			油用芍药(单株 1#, 红色)			油用芍药(单株 2#, 红色)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
紫斑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
凤丹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
海黄	0	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2
寓所樱	2	1	1	1	3	2	2	1	3	2	2	2	1	0	1	1	1	2

通过网袋与纸袋隔绝传粉媒介作用比较, 结果显示网袋处理平均结籽率为  $0.087 \pm 0.069$ , 纸袋处理平均结籽率为  $0.003 \pm 0.003$ , 并不存在显著差异( $P = 0.152$ ); 将多个实验生境地的网袋自交实验进行对比发现, 不同样地之间的网袋处理结果差异不显著( $P = 0.205$ ), 但虞城、洛阳试验地的网袋处理结果显著高于原阳基地( $P < 0.05$ ), 推测可能跟原阳基地当年开花的植株较少有关; 该结果也说明油用芍药结实与生境地的花粉量有相关性, 存在风媒授粉的可能。

### 3.5. 油用芍药的杂交特性

为了进一步研究油用芍药的育性, 探索油用芍药杂交育种的可能性, 我们与紫斑、凤丹、寓所樱和海黄等牡丹品种进行了杂交实验研究, 以上四个牡丹为父本, 以不同油用芍药单株(分别为红、粉、白等)为母本, 设置了 24 个杂交组合, 每个组合三个重复, 经过三个月生长期, 共收取果实 31 个, 得到种子 56 颗; 其中以寓所樱和海黄为父本的组合, 结籽率较高, 以紫斑和凤丹为父本的组合没有获得种子后代(表 1)。该结果表明, 油用芍药与牡丹种群之间具备一定的杂交可能性, 但是不同亲本之间存在差异。

## 4. 讨论

有研究表明, 油用芍药在脂肪酸含量、成分等方面与油用牡丹 - 凤丹之间没有显著差异[3] [4], 说明油用芍药可作为油用牡丹的替代种质资源。与油用牡丹相比, 油用芍药的草本、花色丰富等特性又具有非常独特的优势。本研究通过研究油用芍药的花部特征、传粉特性、育性及杂交特性等结果表明: 油用芍药花色非常丰富、花型多样, 各个芍药单株之间的育性及结实率存在一定差异, 属于兼性传粉及兼性自交的植物。

油用牡丹目前存在的最大产业瓶颈是种质资源参差不齐, 有良种但是无配套繁育技术, 严重限制了产业发展。油用芍药在种苗繁育上可通过分株、组培快繁等途径实现, 实现良种与种苗的产业化配套。在种质创新上, 油用芍药比牡丹也具有更加独特的优势, 油用芍药资源上更加丰富, 亦可通过杂交获得后代实现种质创新[3] [5]。因此, 油用芍药的发展可以很好地实现从育种、种苗繁育到产业栽培的良性循环。另外, 由于油用芍药的适应性较广, 在栽培区域上可以满足不同气候条件下的种植。此外, 油用芍药在花色上比较丰富, 油赏兼用属性更加突出, 经济附加值(观赏)较大, 比油用牡丹更利于实现一产和三产的融合发展, 可为乡村振兴提供非常好的种植素材。

总之, 油用芍药具有重要的经济价值, 当前急需解决的问题就是实现油用芍药种质资源纯化、种苗繁育及标准化栽培技术体系建设。因此, 研究油用芍药的传粉及育性可为油用芍药育种及栽培提供重要的理论支持, 为今后油用芍药的健康发展提供动力。

## 致 谢

本研究由国家自然科学基金项目(31701945)和河南省科技开放合作项目(17210600005)共同资助。

## 参考文献

- [1] 张洪芳, 李利强, 刘仲健, 等. 菜粉蝶对两种迁地保护的兰科植物传粉和繁殖成功的作用[J]. 生物多样性, 2010, 18(1): 11-18.
- [2] 杨勇, 骆劲涛, 张必芳, 等. 四川牡丹的花部特征和繁育系统研究[J]. 植物资源与环境学, 2015, 24(4): 97-104.
- [3] 谭真真. 芍药油用品种筛选及与油用牡丹“凤丹”对比研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.
- [4] 查素娥, 高凯, 李晓慧, 等. 芍药籽油含油率及成分比较试验[J]. 中国园艺文摘, 2015(4): 216-218.
- [5] 史小华, 马广莹, 金亮. 10 个芍药油用品种在杭州的结实特性表现[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(3): 459-462.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [br@hanspub.org](mailto:br@hanspub.org)