

文章编号:1001-1498(2014)03-0403-07

# 川榛柱头可授性及花粉管生长特性的研究

霍宏亮<sup>1,2</sup>, 张日清<sup>1</sup>, 马庆华<sup>2</sup>, 赵天田<sup>2</sup>, 梁丽松<sup>2</sup>, 王贵禧<sup>2\*</sup>

(1. 中南林业科技大学林学院, 湖南 长沙 410004; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091)

**摘要:**以川榛为实验材料,以平榛和平欧杂种榛为对照,采用荧光显微法观察不同环境条件、不同授粉方式、不同花序形态、不同授粉时间柱头上花粉的附着数量、花粉萌发率和花粉管的生长特性,以期确定川榛最佳可授期和授粉方式,掌握花粉萌发所需的适宜温湿度。结果表明:川榛不同花期柱头可授性大小为:盛花期>末花期>露红期;川榛疏散状花序的可授性优于直簇状,平刷授粉效率优于点授;在加双层湿滤纸的培养皿高湿度条件下,花粉管萌发和生长速度先于温室和田间条件,说明湿润温和的环境更利于川榛花粉的附着、萌发和花粉管的生长;环境温湿度和种质对花粉管萌发具有重要影响,花粉管的生长速度受环境温湿度的影响较大,与种质无关。

**关键词:**川榛;花期;花序形态;可授性;花粉管;荧光显微观察

中图分类号:S664.4

文献标识码:A

## Stigma Receptivity and Characteristics of Pollen Tube Growth of *Corylus kweichowensis*

HUO Hong-liang<sup>1,2</sup>, ZHANG Ri-qing<sup>1</sup>, MA Qing-hua<sup>2</sup>, ZHAO Tian-tian<sup>2</sup>, LIANG Li-song<sup>2</sup>, WANG Gui-xi<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, Hunan, China;

2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Beijing 100091, China)

**Abstract:** This study is to determine the optimum receptive period of the stigma, the feasible pollination method, the suitable pollination environment for the cross breeding of *Corylus*. Taking *C. kweichowensis* as experiment material, *C. heterophylla* and *C. heterophylla* × *C. avellana* as control groups, the female inflorescences were pollinated with mixed pollen of *C. kweichowensis*, *C. heterophylla* and *C. heterophylla* × *C. avellana* at different blooming periods, using different pollination methods and under different environments. The pollinated female inflorescences were excised at different time, the pollen adhesion number, germination rate and the pollen tube were observed by fluorescent microscopy. The results showed that the descending order of the stigma receptivity of *C. kweichowensis* in different blooming periods was florescence period > terminal florescence period > red dot period. The stigma receptivity of loose inflorescences was higher than that of the straight cluster inflorescences. The method of parallel brush pollination was more efficient than the method of point pollination. When the pollinated inflorescences were incubated in a petri dish with double-layer wet filter paper, both the germination and growth speeds of pollen tubes were faster than that in the greenhouse and the field, indicating that humid and mild environment was more suitable for the adhesion and germination of the pollen, as well as the pollen tube growth of *C. kweichowensis*. The temperature and humidity and the germplasm of the pollinated inflorescences had important effects on the germination of the

收稿日期:2013-11-25

基金项目:林业公益性行业科研专项经费项目“重要榛属植物资源种质创新与培育”(201304710)

作者简介:霍宏亮, Tel:010-62889634. E-mail:hu\_ohongliang@126.com

\* 通讯作者: E-mail:wangx0114@126.com

pollen. The speed of pollen tube growth was strongly influenced by environmental temperature and humidity, but had nothing to do with germplasm.

**Key words:** *Corylus kweichowensis*; blooming period; inflorescence morphology; stigma receptivity; pollen tube; fluorescence microscopy observation

榛子为榛科 (Corylaceae) 榛属 (*Corylus* L.) 植物, 是重要的坚果树种和上等的木本油料作物。通过平榛和欧洲榛的种间杂交, 中国已经成功培育出适合中北部栽培的平欧杂种榛, 结束了国内榛子没有栽培品种的历史, 推动了榛子产业的发展。中国榛属植物资源丰富, 分布范围居世界首位。川榛 (*Corylus kweichowensis* Hu) 是中国榛属植物资源中重要的一种, 主要分布在中国陕西、四川、湖北、湖南、江西、浙江、贵州等中南部地区, 分布范围广、适应性强, 坚果有较好的经济性状, 是培育适合南方栽种的榛子品种的重要亲本材料<sup>[1]</sup>。在生产上, 榛子坐果率偏低、空壳、出仁率低等问题一直是影响果实产量和质量的主要原因, 保证良好的授粉受精是解决这些问题的根本措施<sup>[2]</sup>。榛子的授粉受精与柱头可授性密切相关, 柱头可授性是指柱头接受有活性的花粉和维持亲和花粉萌发的性能, 是花发育成熟的重要标志<sup>[3-4]</sup>。研究不同花期、花序形态、授粉方式及温湿度对川榛柱头可授性的影响, 掌握川榛可授性与上述各因素之间的关系, 可为榛子杂交育种提供理论依据, 同时在人工辅助授粉, 提高产量和品质上也具有重要意义。研究证明, 植物的受精结实与柱头的可授性密切相关, 柱头的可授性随花期、柱头形状、授粉方式、环境温湿度等变化而表现迥异。目前, 国内研究较多的是用联苯胺—过氧化氢法测定柱头是否具有可授性, 此方法反应灵敏, 并在短时间内可观测到结果, 但是量化指标较少; 相比之下, 利用荧光显微法判断柱头可授性和花粉管生长特性直观准确<sup>[5-7]</sup>。柱头的可授性与环境的温湿度密切相关, 长时间的阴雨或过度干旱都会降低柱头的可授性, 在一定的逆境范围之内, 柱头的可授性具有一定的伸缩性和自我恢复能力<sup>[8]</sup>, 并且在植物品种和个体之间具有差异。可授性对植物受精结实有重要影响, 研究证实, 不同花期柱头的可授性不同, 在最佳可授期授粉, 植物的结实率或结子率都明显高于其他时期<sup>[9-10]</sup>。国内学者对平榛 (*Corylus heterophylla* Fisch.) 和平欧杂种榛 (*C. heterophylla* × *C. avellana*) ‘达维’柱头的可授性研究认为, 在柱头长度达到最大值前后, 对花粉的附着数量最多, 人工套

袋处理可延长柱头的可授期, 柱头对花粉粒的附着能力存在种间差异<sup>[11]</sup>; 但上述研究未涉及榛子不同花期、花序形态、授粉方式等对柱头可授性的比较及环境温湿度对花粉萌发和花粉管生长的影响。川榛是中国特有的榛属植物资源, 国内对川榛可授性的研究较少, 理论基础比较薄弱, 不能满足育种、栽培和生产需求, 对于授粉方式、花序形态及温湿度等因素对川榛柱头可授性和花粉萌发的影响等研究未见报道。本实验利用荧光显微法, 从时间、空间、外界环境 3 方面对川榛柱头可授性的影响因素进行研究, 填补榛子柱头可授性影响研究的空白, 旨在对比不同花期和授粉方式对川榛柱头可授性的影响和差异, 确定川榛的最佳可授期和最佳授粉方式; 对比不同花序形态对川榛柱头可授性的影响, 为遗传育种提供实验基础; 研究川榛花粉萌发和花粉管生长特性与温湿度间的关系, 为选择和控制杂交育种时所需的环境条件提供依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

于 2012 年 11 月至 12 月在休眠初起进行材料收集, 川榛采自陕西省宝鸡市秦岭主峰太白山 (33°55'30"N, 107°30'25"E), 对照材料平榛和平欧杂种榛 ‘达维’采自中国林业科学研究院玉泉山榛子实验基地。剪取发育充实、花芽饱满、花序较多的 1 年生枝条, 长度 30 ~ 50 cm 的花枝, 各 100 余枝, 保湿带回中国林科院林木遗传育种国家重点实验室, 于 0 ~ 4 °C 冷库保湿保存, 满足低温休眠需求后<sup>[12]</sup>, 用于实验处理。

### 1.2 水培处理

每份样品各取 20 枝左右在温室中隔离水培, 待雄花序拉长后收集花粉, 装在带有棉塞的小玻璃瓶中, 放在 -20 °C 无霜冰箱内冷藏保存、备用。将其余带有雌花芽的枝条摘除雄花序后进行水培, 根据雌花芽的开放程度, 进行柱头可授性研究。

### 1.3 试验方法

1.3.1 川榛不同花期对柱头可授性的影响 将单个雌花序开放的不同阶段分成 3 个时期: (1) 露红期

(图 1a):柱头露出芽顶 1~2 mm 左右;(2)盛花期(图 1b):雌花完全展露,颜色鲜艳,花柱挺立;(3)末花期(图 1c):柱头微微下垂,颜色变暗。

分别剪取露红期、盛花期、末花期的川榛花枝段置于培养皿中,每个花期 10 朵,培养皿加双层湿滤纸,室内给每朵雌花授以具有活力的足量平榛花粉(多株混合花粉,亲和性高,下同),室温保湿培养 24 h 后,取下花芽 FAA 固定 12 h 以上,进行荧光显微观察,花芽用蒸馏水冲洗数次,用  $8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 NaOH 软化 4 h,再次用蒸馏水冲洗数次,花柱用 0.1% 的苯胺蓝溶液(0.1 g 苯胺蓝,0.71 g  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , 100 mL 蒸馏水,pH 值调至 8.2~9.0)染色 5 min 以上<sup>[13-14]</sup>,压片,用 Zeiss Imager A1 型荧光显微镜观察花粉萌发和花粉在花柱上的附着数并拍照。

### 1.3.2 川榛雌花序形态和授粉方式对榛子柱头可授性的影响

1.3.2.1 雌花序形态 疏散状(图 1b 左侧)和直簇状(图 1b 右侧)。疏散状指排列较疏松,并略向外倾斜;直簇状指每根花柱之间紧密排列,并直立生长。

1.3.2.2 授粉方式 点授和平刷。点授指蘸取花粉点授于柱头之上;平刷指用棉签、毛笔等将花粉涂抹于整个花柱的裸露部分。

取长势相近的疏散状和直簇状盛花期川榛雌花各 20 朵,每类花序形状用平榛花粉平刷或点授各 10 朵。授粉后培养、固定和观察方式同 1.3.1 节。

### 1.3.3 温湿度对柱头可授性和花粉萌发的影响

取川榛、平榛、‘达维’去雄花枝各 60 枝,每份样品随机分成 A、B、C 3 组,每组 20 枝,A、B 2 组分别放在温室和室外水培,待雌花盛花时直接在花枝上授平榛花粉,用 HUATO 牌温湿度记录仪记录温湿度情况;C 组温室催花,雌花露红后剪取雌花枝段,置于加双层湿滤纸的培养皿中培养,盛开后进行授粉,记录培养皿内的温湿度变化。3 组的温湿度条件见表 1。培养皿中平均温度最高,温度极差最小,温室和田间的平均温度相差不大,但田间温度极差最大,瞬时最高温度和最低温度均超过温室数据;环境平均湿度的大小顺序依次为:培养皿 > 温室 > 田间。3 组材料都在授粉后 8、16、24、32、40、48、56、64、72 h 分别取下花柱连同子房,FAA 固定 24 h 以上,荧光显微观察。调查花粉萌发率,使用 AxioVision 4 数码测距软件测量花粉管在花柱中的生长长度。

表 1 不同处理间的温湿度条件

处理	最高温度 / $^{\circ}\text{C}$	最低温度 / $^{\circ}\text{C}$	平均温度 / $^{\circ}\text{C}$	平均湿度 /%	露点温度 / $^{\circ}\text{C}$
培养皿	37.3	23.3	25.3	95.3	24.2
温室	30.2	8.2	19.7	67.3	8.6
田间	39.0	5.8	17.2	38.2	-6.8

## 1.4 数据统计和分析方法

每个处理随机抽取 10 个视野,荧光显微观察柱头上附着花粉数,进行统计分析。花粉管萌发率为 0%~25% 的用“+”表示,萌发率为 25%~50% 的用“++”表示,萌发率为 50%~75% 的用“+++”表示,萌发率为 75%~100% 的用“++++”表示。每个处理重复 3 次,数据用 Excel 2003 进行统计,用 SPSS 13.0 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同花期对川榛柱头可授性的影响

荧光显微观察显示:用 0.1% 的苯胺蓝溶液染色后 DAPI 光片激发的情况下,可以清晰的观察到花粉的附着情况,而在 FITC 光片激发,花粉管发出的荧光会更加强烈。对不同花期的川榛授粉后进行观察,结果(表 2)显示:川榛雌花在露红期已具有一定的可授性,单个柱头附着花粉数为 12~78 粒,平均为 39.27 粒;盛花期单个柱头附着花粉数为 21~180 粒,平均为 110.03 粒;末花期的平均值为 119.97 粒,最多可达 206 粒。对 3 个花期柱头附着花粉数进行方差分析,结果显示:露红期柱头附着花粉的数量比盛花期和末花期的低,差异极显著( $P=0 < 0.01$ )(图 1d~f);而盛花期与末花期柱头对花粉的附着能力差异不显著( $P=0.328 > 0.1$ )。3 个时期花粉萌发率的差异较大,盛花期柱头花粉的萌发率在 75% 以上,露红期的一般不高于 50%,末花期的介于二者之间,为 50%~75%。综合表明:盛花期的可授性最强,是川榛的最佳授粉期,其次为末花期和露红期。

表 2 不同花期柱头花粉附着数和花粉萌发率

花期	花粉附着数 平均值/粒	标准差	最大值/ 粒	最小值/ 粒	花粉 萌发率
露红期	39.27 a	17.221	78	12	++
盛花期	110.03 b	46.245	180	21	++++
末花期	119.97 b	46.426	206	49	+++

注:+:代表萌发率为 0%~25%;++:代表萌发率为 25%~50%;+++ :代表萌发率为 50%~75%;++++:代表萌发率为 75%~100%;下同。

## 2.2 不同花序形态和授粉方式对川榛柱头可授性的影响

用1.3.1节所用方法,统计川榛疏散状和直簇状的雌花授粉后柱头上花粉附着数和萌发率,进行统计和 $T$ 检验分析,结果(表3)显示:疏散状雌花授粉后,花粉附着数最小值为55粒,最大值163粒,平均花粉附着数为104.9粒,花粉的萌发率为75%~100%;直簇状雌花授粉后,花粉附着数最小值为21粒,最大值为125粒,平均花粉附着数为77.67粒,花粉的萌发率为50%~75%。2种花序的花粉附着能力差异极显著( $P < 0.01$ )。无论是花柱上附着花粉的平均数量,还是花粉萌发率,疏散状的都普遍高于直簇状的,可见川榛雌花疏散状的花序为花粉萌发提供了更好的空间,其可授性更高。

以平刷和点授授粉的雌花平均花粉附着数分别为104.9、39.97粒(表4),平刷授粉的平均萌发率很高,约为75%~100%,而点授的花粉萌发率只有25%~50%,授粉方式对柱头可授性的影响极显著( $P < 0.01$ )。显然,平刷授粉有助于榛子花粉在花柱上附着和萌发,更好的完成受精作用,因此,以平刷授粉的川榛柱头表现出较高的可授性。

表3 不同形态雌花序柱头的花粉附着数和花粉萌发率

花序形态	花粉附着数 平均值/粒	最大值/ 粒	最小值/ 粒	标准差	花粉 萌发率
疏散状	104.90	163	55	26.915	+++
直簇状	77.67	125	21	26.974	+++

表4 不同授粉方式雌花序柱头的花粉附着数和花粉萌发率

授粉方式	花粉附着数 平均值/粒	最大值/ 粒	最小值/ 粒	标准差	花粉 萌发率
平刷	104.90	163	55	26.915	++++
点授	39.97	66	23	11.485	++

## 2.3 温湿度对花粉萌发和花粉管生长的影响

荧光显微观察显示:给川榛雌花授粉后,花粉均匀的附着在柱头表面。在加双层湿滤纸的培养皿中,由于湿度较大( $RH \geq 90\%$ ),柱头附着花粉较多(图1i),花粉大量萌发,大量花粉管平行向花柱基部生长(图1l);而温室中授粉的花粉附着数量(图1h)明显少于加双层湿滤纸的培养皿,花粉管萌发状态良好(图1k);在田间授粉的柱头由于受到外界因素影响,花粉附着数较少(图1g),并且与温室和培养皿条件下的花粉管生长状况相差较大,只有少数几条花粉管向子房伸长(图1j)。可见,环境对川榛花粉在柱头上的萌发有重要影响,在湿润温和的培养皿中,花粉附着数量和萌发状况明显高于温度和

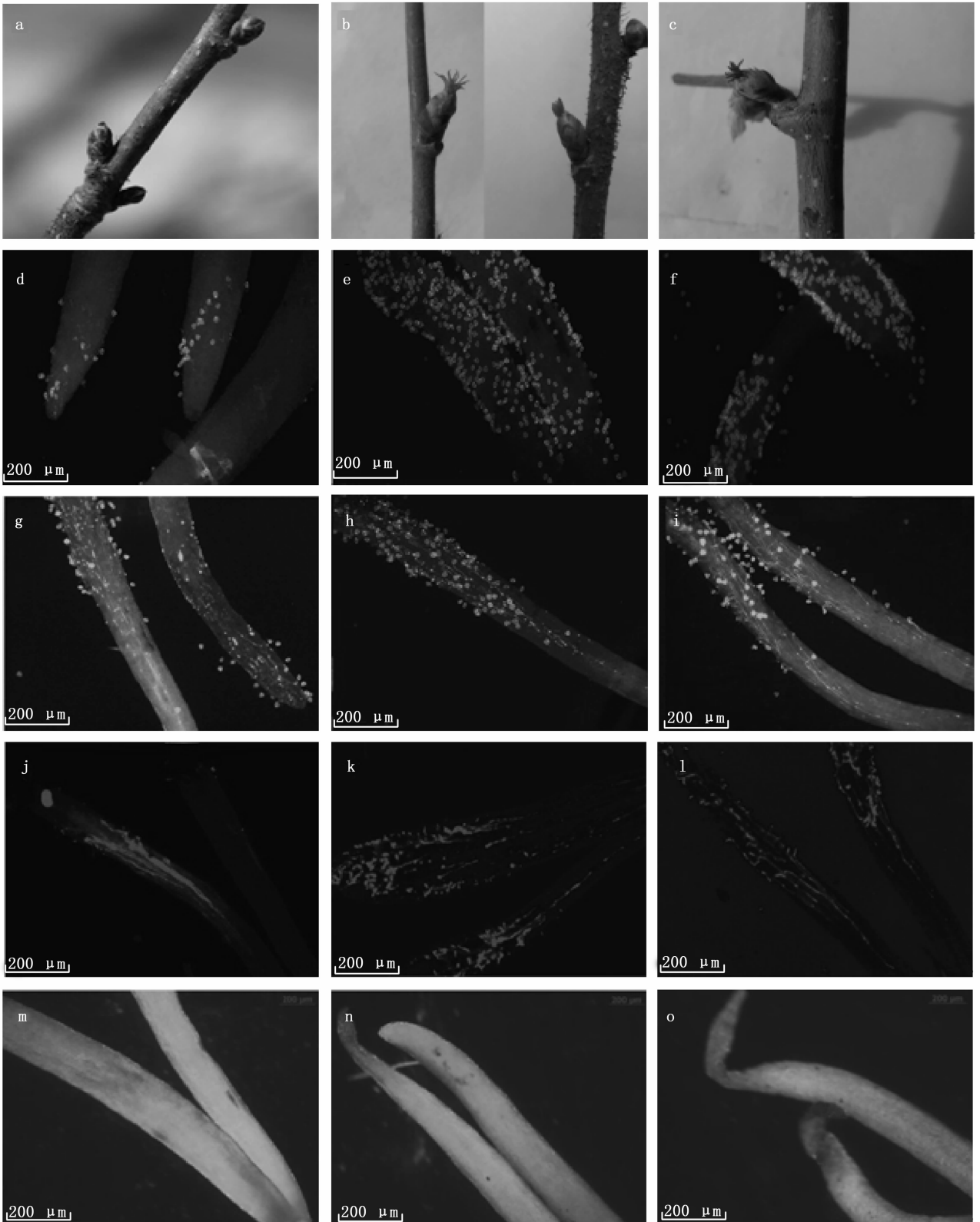
湿度较低的温室和田间。

环境条件对花粉管的生长也至关重要,由图2可见:培养皿中的川榛花粉管在授粉2h后即开始萌发,生长速度最快,可达 $65.73 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ ,20h后花粉管即到达花柱底部;在温室中,川榛在授粉8h后花粉才开始萌发,花粉管生长速度为 $39.27 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ ;在田间,川榛在授粉16h之后才开始萌发,但花粉萌发后花粉管迅速生长,速度为 $44.09 \mu\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ ,略大于温室的生长速度,所以在授粉56h后,2个环境下生长的花粉管均能到达花柱基部,进入子房。

相同的授粉环境下,川榛、平榛、‘达维’3份样品花粉管生长情况对比显示:在培养皿中,3份样品都在授粉2h后花粉管开始萌发,并在20h之内抵达花柱基部(图3a);在温室中,3份样品授粉后8h花粉才开始萌发,花粉管伸长到花柱底部所需时间都为56h(图3b);在田间,花粉开始萌发的时间存在差异,平榛和‘达维’在授粉8h后开始萌发,川榛则推迟到16h后才开始,同样在授粉56h后3份样品花粉管抵达花柱基部(图3c)。相同环境下,不同榛子样品间的花粉管平均生长速度差异不显著( $P > 0.1$ )。由此可见,环境条件对花粉在川榛柱头的附着和萌发具有显著影响,湿度大、温度适宜的情况下,花粉附着数大,花粉萌发率高;同时,温湿度对花粉在柱头上萌发的起始时间具有重要影响,在湿度较大的环境下较早萌发,生长速度较快。

## 3 结论与讨论

(1)榛子雌花开放及不同花期柱头可授性的差异分析 榛子雌花序达到一定需冷量后,在适宜的环境下开始萌动,花柱露红后逐渐伸长,达到盛开,之后从柱头顶端逐渐失水缢缩,直到全部萎蔫(图1m~o)。在未授粉的情况下,雌花从露红期末花期结束会经历一个较长的过程,柱头始终保持一定的可授性。国外报道,在地中海气候条件下生长的欧洲榛,雌花开放可持续3个月左右<sup>[15-16]</sup>;国内学者对平榛柱头的研究表明,对枝条套袋的雌花,花后30d内,可授性柱头百分率均在90%以上,花后40~50d时,可授性柱头仍超过70%;然而,在自然授粉条件下,雌蕊柱头在开花4d后迅速枯萎变短<sup>[11]</sup>。本研究通过离体枝条水培和田间活体观察也发现,川榛雌花的单花开放过程与外界环境条件及是否授粉密切相关,川榛雌花单花开放的持续时间表现为:培养皿>温室>田间,而在自然条件下,



a: 露红期花序;b: 盛花期花序(左:疏散状花序;右:直簇状花序);c: 末花期花序;d: 露红期花粉附着情况;e: 盛花期的花粉附着情况;f: 末花期的花粉附着情况;g和j为川榛在田间的花粉附着和花粉管萌发状况;h和k为川榛在温室的花粉附着和花粉管萌发状况;i和l为川榛在培养皿的花粉附着和花粉管萌发状况;d~i为DAPI光片激发;j,k,l为FITC光片激发;m、n、o为川榛花柱的失水萎蔫过程。

图1 榛子雌花序及花柱

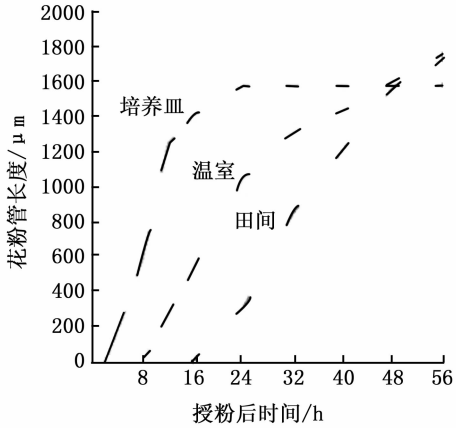


图2 不同环境下川榛花粉管生长情况对比

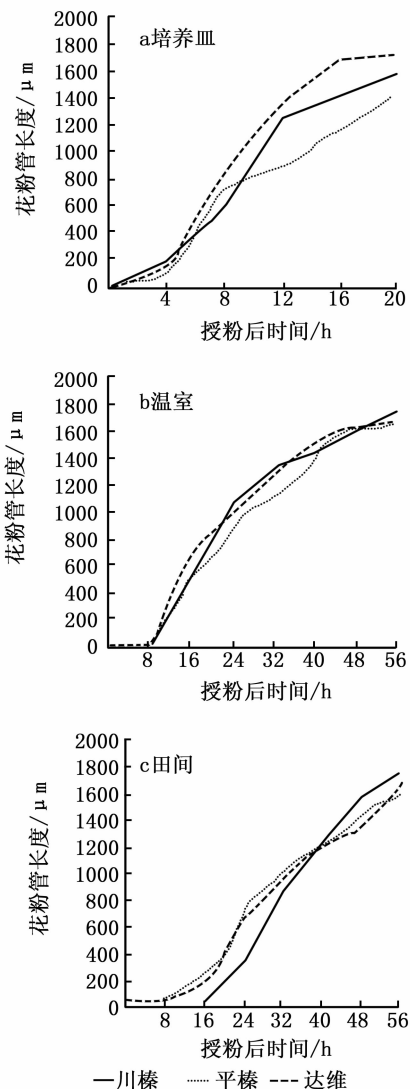


图3 不同环境下不同榛种花粉管生长特性对比

雌花开放的进度和持续时间也会随着气温的起伏而变化。国外学者对欧洲榛的雌蕊进行解剖学观察,结果发现:花柱由外层的乳状突起、一或两层表皮细胞和中央传输组织三部分组成,乳状突起在柱头表

面大面积覆盖。乳突是具有角质层薄膜的单细胞,随着乳突细胞的生长,乳突外壁逐渐变为由纤维素排列紧密的双层结构,外层较厚并带有致密的电子云,突起之间的间隙和带电性有利于花粉的附着<sup>[17-18]</sup>。上述解剖学证据奠定了榛子柱头可授性的生物学基础。可授性随花期变化不同是由每个时期柱头的长度、花粉可附着表面积及柱头生命活力的差异造成的,这些因素的影响通过时间对柱头的空间结构和生物学性状的作用来实现。本研究结果表明,川榛可授性强弱顺序为盛花期>末花期>露红期。从花粉的附着能力和萌发情况看,盛花期的可授性最强,是最佳可授期,末花期与盛花期柱头对花粉的附着能力差异不显著,但花粉的萌发率开始下降。盛花期花柱长度即花粉可附着表面积达到最大,因此花粉的附着数量最多,这与国内对平榛的研究相同<sup>[11]</sup>,此时雌花生命力最旺盛,因此诱发花粉萌发的能力也最强。本研究选取的末花期是指“花序微微下垂,颜色变暗”,此时柱头顶端尚未出现明显的失水、萎蔫,即花粉可附着表面积仍然较大,对花粉的附着能力依然较强,但受内部生理因素的影响,花粉的萌发率出现下降趋势,但仍具有一定的可授性。

(2)花序形态、授粉方式对川榛柱头可授性的影响 川榛的雌花为头状花序<sup>[1]</sup>,本研究通过田间调查和离体枝条水培发现,川榛雌花的盛开,呈2种类型的花序,即直簇状和疏散状。榛子柱头解剖结构的特殊性表明,识别花粉的乳突细胞在榛子柱头表面大面积覆盖<sup>[15-16]</sup>,雌花开放过程中,裸露在空气中的柱头一般都具有附着花粉的能力。研究表明,无论是柱头上附着花粉的数量,还是花粉萌发率,疏散状花序的可授性都普遍高于直簇状花序。疏散状花序为花粉的附着提供了更大的表面积,因此附着花粉数较大,萌发率也较高。

在适当的时间以正确的方式授粉,是保证受精结实和丰产的必要条件。本研究对人工授粉的2种方式进行了研究,结果表明:平刷授粉充分利用了柱头可附着花粉的表面积,有助于榛子花粉在花柱上的附着和萌发,从而更好的完成受精作用,这一结果也与榛子柱头表面乳突细胞的排列有关<sup>[17-19]</sup>。实际操作中,露红期的授粉只能采取点授的方式,雌花达到盛开后,才可能对不同排列的花柱进行平刷授粉。授粉时应根据榛子雌花序的形态差异,选择合适的授粉方式,使尽量多的花粉均匀涂抹于花柱表面,以利于其附着和萌发,授粉效率优于点授。

## (3)授粉亲和机制和花粉管生长对环境的要求

温湿度对于川榛柱头上花粉的附着和萌发具有显著影响,湿度较大、温度适宜的情况下,花粉附着量大,花粉萌发较早、萌发率高、花粉管生长速度较快。自然界中,根据物种性成熟时雌蕊柱头是否分泌粘液,将柱头分为2种类型,即湿性柱头和干性柱头。在受精过程中,湿性柱头的分泌物既可以减少水分流失,又可以提高柱头的花粉粘附能力,促进花粉的萌发;而干性柱头在开花传粉时并不产生分泌物,依靠柱头表面的蛋白质薄膜的亲水性,通过其下层角质膜的中断处吸收水分,保障花粉在柱头上的萌发和生长<sup>[20-22]</sup>。榛子属于干性柱头,柱头表面覆盖干性乳突细胞,对附着其上的花粉进行亲和性的识别。花粉与柱头接触后,若二者是亲和的,花粉内壁释放的角质酶前体被柱头的蛋白质薄膜所激化,将蛋白质薄膜下的角质膜溶解,花粉管得以传入乳突细胞,很多花粉管突破柱头表面,平行深入到柱头内部;若不亲和,柱头乳突细胞发生排斥反应,随即产生胼胝质,阻碍花粉管进入,花粉萌发受抑或萌发后形成缠绕、球状的花粉管<sup>[23-26]</sup>。因此,从榛子的授粉亲和机制看,干性柱头的遗传性质,使花粉在柱头上的附着和萌发,更易受到外界环境温湿度的影响,适宜的温湿度条件有利于花粉在柱头上附着和萌发。本研究结果表明,在温和、高湿的培养皿培养下,柱头表面粘附的花粉数远高于在温室和田间授粉的柱头,并且花粉萌发较早、萌发率高、花粉管生长速度较快。在培养皿(23.3~37.3℃,RH=95.3%)和温室(8.2~30.2℃,RH=67.3%)条件下,不同样品间花粉管的萌发和生长无明显差异,但在田间(5.8~39.0℃,RH=38.2%)授粉后,川榛花粉的萌发时间明显落后于平榛和平欧杂种榛‘达维’,这一结果可能与样品的适生环境有关,平榛主要分布于东北和华北地区,抗寒性极强,平欧杂种榛是平榛和欧洲榛的种间杂交后代,‘达维’是目前筛选出的平欧杂种榛中最为抗寒的品种之一,而川榛主要分布于华中南地区温和湿润的环境下,因此可能导致了其在田间授粉时出现萌发较晚的现象。

## 参考文献:

- [1] 张宇和,柳 鑫,梁维坚,等. 中国果树志·板栗:榛子卷[M]. 北京:中国林业出版社,2005:190-200
- [2] Rahemi M, Mojaddad D. Effect of pollen source on nut and kernel characteristics of hazelnut[J]. Acta Hort, 2001, 556: 371-376
- [3] Dafni A. Pollination Ecology, a Practical Approach [M]. New York: Oxford University Press, 1992:59-89
- [4] 叶要妹,张俊卫,齐迎春. 百日草柱头可授性和花粉生活力的研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2376-2381
- [5] 赵剑颖,张华丽,张西西. 万寿菊花粉活力及柱头可授性研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(19): 159-163
- [6] 马春英,屈 平,王文全. 甘草花粉超微鉴定及花粉活力、柱头可授性荧光显微镜观察[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(3): 396-401
- [7] 律春燕,王 雁,朱向涛. 黄牡丹与芍药组间杂交花粉与柱头识别的解剖学研究[J]. 西北植物学报, 2009, 29(10): 1988-1994
- [8] 杨 芩,付 燕,王永清. 阴雨对‘大五星’枇杷柱头可授性和花粉活力的影响[J]. 北方园艺, 2011, 86(3): 221-224
- [9] 王其刚,张 颖,蹇洪英. 月季柱头形态发育进程与可授性[J]. 西北农业学报, 2012, 21(6): 169-173
- [10] 刘 宁. 花柱和柱头的结构[J]. 生物学通报, 1998, 33(4): 15-17
- [11] 刘剑锋,颜 堃,程云清,等. 榛子花粉生活力和柱头可授性与结实特征研究[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(3): 58-63
- [12] Mehlenbacher S A. Chilling requirements of hazelnut cultivars[J]. Scientia Horticulturae, 2001, 47: 271-282
- [13] 王 君,康向阳,刘立成,等. 青杨派树种雌蕊柱头可授性及最佳授粉时期[J]. 北京林业大学学报, 2009, 31(4): 30-35
- [14] Hampson C R, Azarenko A N, Soeldner A. Pollen-stigma interactions following compatible and incompatible pollinations in hazelnut[J]. Horticultural Science, 1993, 118: 814-819
- [15] Thompson M M. Genetics of incompatibility in *Corylus avellana* L. [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1979(54): 133-116
- [16] Germain E. The reproduction of hazelnut (*Corylus avellana* L.): A review[J]. Acta Horticulturae, 1994, 351: 195-210
- [17] Thompson M M. Incompatibility alleles in *Corylus avellana* cultivars [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1979, 54: 29-33
- [18] Fabrizio, Ciampolini. The structure and cytochemistry of the stigma-style complex of *Corylus avellana* L. ‘Tonda Gentile delle Langhe’ (Corylaceae) [J]. Annals of Botany, 1998, 81: 513-518
- [19] Cheryl R, Hampson, Anita N A. Pollen-Stigma Interactions following Compatible and Incompatible Pollinations in Hazelnut [J]. Journal of the American Society for Horticultural, 1993, 118(6): 814-819
- [20] 李艳华,康向阳. 白杨派树种雌蕊柱头可授性及其检测方法的研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(5): 859-863
- [21] 刘林德,张洪军,祝 宁,等. 刺五加花粉活力和柱头可授性的研究[J]. 植物研究, 2001, 21(3): 375-379
- [22] 徐汉卿. 植物学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:176-198
- [23] 李合生. 现代植物生理学(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社,2001:305-310
- [24] Heslop-Harrison J. Germination of *Corylus avellana* L. (hazel) pollen: hydration and the function of the oncus[J]. Acta Botanica Neerlandica, 1986, 35: 265-284
- [25] Hampson C R, Azarenko A N, Soeldner A. Pollen-stigma interactions following compatible and incompatible pollinations in hazelnut [J]. Journal of the American Society for Horticultural, 1993, 118: 814-819
- [26] Mehlenbacher S A. Testing compatibility of hazelnut crosses using fluorescence microscopy[J]. ISHS Acta Horticulturae, 1997, 445:167-172