

## 3 个薄壳山核桃无性系花粉活力 与显微结构比较研究

李川<sup>1,2</sup>, 辜夕容<sup>1\*</sup>, 姚小华<sup>2</sup>, 王开良<sup>2</sup>, 常君<sup>2</sup>, 余裕龙<sup>3</sup>

(1. 西南大学 资源环境学院, 重庆 北碚 400716; 2. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;  
3. 浙江省建德市建德林场, 浙江 建德 311604)

**摘要:** 以薄壳山核桃无性系 5 号、27 号、35 号花粉为试验材料, 测定了不同处理方式、不同采摘时期和不同出粉次数下的花粉活力, 同时利用扫描电子显微镜对其花粉形态进行了观测。结果表明, 不同处理方式、不同采摘时间和不同出粉次数下收集的同一薄壳山核桃无性系花粉, 其活力存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。3 个无性系花粉极轴长 ( $P$ ) 和赤道轴长 ( $E$ ) 存在显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 花粉粒形状均为扁球形, 具有 3 个萌发孔, 均匀分布在赤道面上; 3 个无性系花粉赤道面观均呈椭圆形, 无性系 5 号和 27 号极面观呈近圆形, 而无性系 35 号极面观呈近三角形; 3 个无性系花粉表面呈颗粒状纹饰, 均匀分布着颗粒状的突起, 表面纹饰差异不明显。通过研究薄壳山核桃花粉的超显微结构, 可为薄壳山核桃品种的起源、演化以及种类间亲缘关系等提供孢粉学依据, 为薄壳山核桃的新品种选育、杂交育种奠定初步基础。

**关键词:** 薄壳山核桃; 花粉活力; 花粉形态

中图分类号: S794.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0324-05

## A Comparative Study on the Viability and Microstructure of 3 Pecans (*Carya illinoensis*) Clone Pollen

LI Chuan<sup>1,2</sup>, GU Xi-rong<sup>1\*</sup>, YAO Xiao-hua<sup>2</sup>,  
WANG Kai-liang<sup>2</sup>, CHANG Jun<sup>2</sup>, YU Yu-long<sup>3</sup>

(1. School of Resources and Environment, Southwest University, Beibei 400716, China; 2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, China; 3. The Forest Farm of Jiande County, Jiande 311604, China)

**Abstract:** The pollen of No. 5, No. 27 and No. 35 of clones of *Carya illinoensis* was chosen as the experimental material to study the pollen viability and pollen morphology with SEM in different processing modes, plucking time and powder numbers. The results indicated that there are significant differences in the pollen viability in different processing modes, plucking time and powder numbers, also in the Polar axis and equatorial axis of the pollen of these three clones. The form of pollen is ellipsoid and has three apertures which are evenly disposed on the equatorial plane. The equatorial plane of the pollen of these three clones is oval in shape, while the polar planes of clones No. 5 and No. 27 are nearly round and that of No. 35 nearly triangular. There are indifferent granular veins on the surface of the pollen with granular risings equally distributed. This paper provides palynology basis for the origin, evolution and phylogenetic relationship of *Carya illinoensis*, and foundation of the selection and breeding of new varieties, and cross-hybrid breeding.

收稿日期: 2011-10-21 修回日期: 2012-02-02

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201204404)和浙江省省院合作项目(2011SY09)

作者简介: 李川(1986—)男, 硕士生, 主要从事经济林栽培与林业生物技术研究, E-mail: lichuanjl@163.com; \* 通讯作者: 辜夕容, 副教授, 博士。

**Key words:** pecan(*Carya illinoensis*); pollen viability; pollen morphology

薄壳山核桃(*Carya illinoensis*)又名美国山核桃,长山核桃,为胡桃科(Julandaceae)山核桃属(*Carya nutt*)的一种干果油料树种<sup>[1-3]</sup>,是优良的材用和庭园绿化树种<sup>[2,4]</sup>。薄壳山核桃原产于美国和墨西哥北部<sup>[1-2,4]</sup>,我国于 19 世纪末开始引种栽培<sup>[2,4]</sup>,目前主要集中在江苏、浙江、云南、陕西、安徽、江西和湖南等地<sup>[5]</sup>。

由于植物遗传育种与花粉有着密切的关系,探讨花粉的特性是研究薄壳山核桃开花结实的主要内容之一。花粉活力的大小直接关系到杂交育种的成败,也是杂交过程中花粉用量的一个重要因素,因此研究植物的花粉活力意义重大。同时植物的花粉形态独特、外壁结构复杂、纹饰细腻,遗传上具有较强的保守性和稳定性,在植物的分类、起源与演化等方面得到了广泛的应用<sup>[6-9]</sup>。前人已对竹子<sup>[10]</sup>、核桃<sup>[11]</sup>、梨<sup>[12-13]</sup>、油茶<sup>[14-15]</sup>等其它物种的花粉活力及形态进行了报道,但有关薄壳山核桃花粉活力及形态等方面的研究甚少,李雪等人<sup>[16]</sup>仅对贮藏条件对薄壳山核桃 4 个品系花粉活力影响作了研究,对薄壳山核桃花粉形态的研究在国内尚未见报道。本文对薄壳山核桃花粉形态及活力进行了研究,以期对探讨薄壳山核桃开花后结实率低的原因以及进行杂交育种等研究提供理论依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验地位于浙江省建德市更楼街道洪宅村薄壳山核桃种质园内,地理位置 29°28' N、119°23' E,海拔高度 50 m;年均温 16.9 °C,无霜期约 254 d;年降雨量 1 500 mm,土壤为紫砂土。种质园于 2004 年 3 月营造,共 2 hm<sup>2</sup>。园内收集了 22 个无性系,采用随机区组设计,每个小区 6 株,3 次重复,株行距为 6 m×3 m。经过连续 4 年的花期观测,确定种质园中薄壳山核桃亚林无性系 5 号、亚林无性系 27 号、亚林无性系 35 号(以下分别简称无性系 5 号、27 号、35 号)为授粉树,因此选取这 3 个无性系作为其供试材料。

### 1.2 不同处理方式的花粉活力试验

分别在薄壳山核桃无性系 5 号、无性系 27 号、无性系 35 号雄花散粉盛期,08:00 采集雄花序,并装在硫酸纸袋里,冷藏(0~5 °C)保存运往亚热带林业研究所,花粉处理方法采用室内阴干、干燥剂(硫酸纸下面铺一层硅胶)、30 °C 烘箱烘干(上海东星建材试验设备有限公司 101-4 型恒温干燥箱)以及日晒干燥,隔夜收集花粉。花粉活力采用 TTC 染色法<sup>[17]</sup>,3 次重复。

### 1.3 不同采摘时期的花粉活力试验

分别在无性系 5 号、27 号、35 号散粉始期、散粉盛期、散粉末期<sup>[18]</sup>这 3 个阶段 08:00 采集雄花序,并装在硫酸纸袋里,冷藏(0~5 °C)运往亚热带林业研究所,放在无风干燥的室内阴干 24 h,抖出花粉、过筛,进行花粉活力的测定。花粉活力采用 TTC 染色法<sup>[17]</sup>,3 次重复。

### 1.4 不同收集时间的花粉活力试验

分别在无性系 5 号、27 号、35 号散粉盛期 08:00 采集雄花序,并装在硫酸纸袋里,冷藏(0~5 °C)运往亚热带林业研究所。放在无风干燥的室内阴干 24 h 后抖粉、过筛收集花粉;48 h 后第 2 次抖粉、过筛收集花粉;72 h 后第 3 次抖粉、过筛收集花粉。分别测定 3 次处理后的花粉活力,花粉活力采用 TTC 染色法<sup>[17]</sup>,3 次重复。

### 1.5 3 个无性系花粉形态观测

分别在薄壳山核桃无性系 5 号、27 号、35 号散粉盛期采集花粉,当天将花粉鲜样送往浙江大学紫金港校区生物科学研究所,按如下流程制样:取材→体积分数为 2.5% 戊二醛、0.1 Mpbs(pH7.2)→固定 2 h 以上→0.1 Mpbs 洗 3 次(0.5 h/次)→体积分数为 1% 锇酸、0.1 Mpbs(2 h 以上)→0.1 Mpbs 洗 3 次(0.5 h/次)→脱水(30%→50%→70%→80%→90%→95%→100%→100%→100%(每次 15~20 min))→乙酸异戊酯(20 min)→临界点干燥→装台→离子镀膜<sup>[14]</sup>。

将所制样品置于日立 H-3000N 电镜下,600 倍下观察花粉的群体形态、2 000 倍下观察花粉的个体形态(赤道面观、极面观)、6 000 倍下观察花粉的萌发孔及外壁纹饰特征,并拍照记录。

### 1.6 数据处理

计算、作图采用 Excel 处理,运用 SPSS13.0 进行单因方差分析、多重比较,多重比较采用(Duncan)方法进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理方式的花粉活力

经单因方差分析可知,同一薄壳山核桃无性系不同处理方式下收集的花粉活力均达到了显著性差异( $P < 0.05$ )。由图 1 可知,对无性系 5 号而言,多重比较分析可知,干燥剂处理后收集的花粉活力最大,为 78.29%,与阴干处理后收集的花粉无显著性差异,为 77.01%,但与 30 °C 恒温干燥处理、日照干燥处理的花粉活力存在显著差异( $P < 0.05$ );30 °C 恒温干燥处理后收集的花粉活力次之,为 51.79%;日照干燥处理后收集的花粉活力最小,为 27.19%。对无性系 27 号而言,干燥剂处理后收集的花粉活力最大,为 86.46%,与阴干处理后收集的花粉无显著性差异,为 84.84%,但与 30 °C 恒温干燥处理、日照干燥处理的花粉活力存在显著差异( $P < 0.05$ );30 °C 恒温干燥处理后收集的花粉活力次之,为 52.56%;日照干燥处理后收集的花粉活力最小,为 34.45%。对无性系 35 号而言,阴干处理、干燥剂处理后收集的花粉无显著性差异( $P < 0.05$ ),花粉活力大小分别为 87.46%、83.41%,与 30 °C 恒温干燥处理、日照干燥处理的花粉活力存在显著差异,30 °C 恒温干燥处理后收集的花粉活力次之,为 59.55%;日照干燥处理后收集的花粉活力最小,为 35.75%。

### 2.2 不同采摘时期的花粉活力

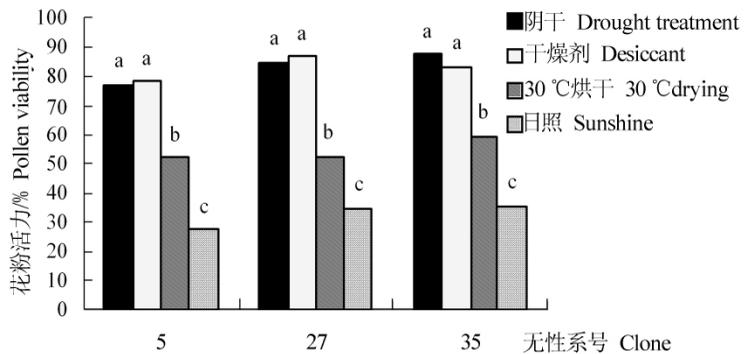
经单因方差分析可知,同一薄壳山核桃无性系不同散粉时期采集的花粉活力均达到了显著性差异( $P < 0.05$ )。由图 2 可知,3 个薄壳山核桃无性系花粉活力均表现出,散粉盛期 > 散粉始期 > 散粉末期。

经多重比较分析可得,无性系 5 号散粉始期时的花粉活力与散粉盛期的花粉活力无显著性差异( $P < 0.05$ ),

但散粉始期和散粉盛期的花粉活力与散粉末期的花粉活力存在显著性差异( $P < 0.05$ ),散粉始期、散粉盛期和散粉末期花粉活力分别为 68.17%、77.96%、40.75%;无性系 27 号和无性系 35 号各散粉始期、散粉盛期、散粉末期时采集的花粉之间均存在显著性差异( $P < 0.05$ ),其中无性系 27 号散粉盛期的花粉活力分别是散粉始期和散粉末期的 117.99%、288.58%,无性系 35 号散粉盛期时的花粉活力分别是散粉始期和散粉末期的 111.63%、221.56%。

### 2.3 不同收集时间的花粉活力

经单因方差分析可知,同一薄壳山核桃无性系阴干 24、48、72 h 后收集的花粉,活力均达到了显

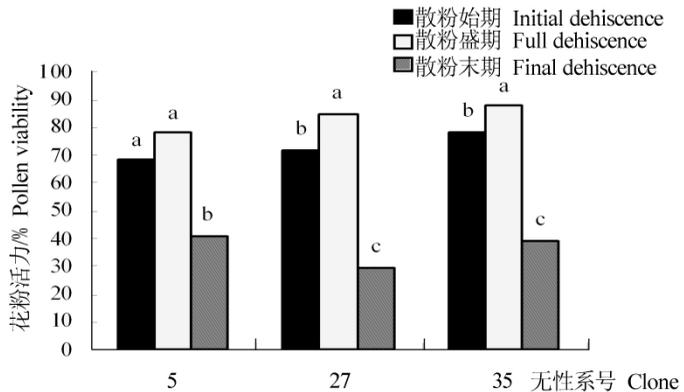


同一无性系号不同字母表示差异达 5% 显著水平。

The different letters of the same clone stand for the remarkable level at distinguish level of  $\alpha = 0.05$ .

图 1 不同处理方式下的花粉活力

Fig. 1 Pollen vitality in different treatments



同一无性系号不同字母表示差异达 5% 显著水平。

The different letters of the same clone stand for the remarkable level at distinguish level of  $\alpha = 0.05$ .

图 2 不同采摘时期花粉活力

Fig. 2 Pollen vitality at different picking period

著性差异 ( $P < 0.05$ )。由图 3 可知 3 个薄壳山核桃无性系花粉活力均表现出 24 h 后收集的花粉活力 > 48 h 后收集的花粉活力 > 72 h 后收集的花粉活力。经多重比较可得,无性系 5 号、27 号和 35 号 24 h 后收集的花粉活力、48 h 后收集的花粉活力、72 h 后收集的花粉活力之间均表现出显著性差异。对无性系 5 号而言,24 h 后收集的花粉活力是 48 h 后收集的花粉活力和 72 h 后收集的花粉活力的 130.01%、247.81%;对无性系 27 号而言 24 h 后收集的花粉活力是 48 h 后收集的花粉活力和 72 h 后收集的花粉活力的 132.51%、260.24%;对无性系 35 号而言 24 h 后收集的花粉活力是 48 h 后收集的花粉活力和 72 h 后收集的花粉活力的 124.35%、181.54%。24 h 收集的花粉活力最强。

### 2.4 不同无性系的花粉形态特征

对薄壳山核桃无性系花粉形态观测可知(表 1) 无性系 5 号、27 号、35 号花粉粒极轴长( $P$ )为 29.56 ~ 40.21  $\mu\text{m}$ ,平均极轴长 33.81  $\mu\text{m}$ ,其中无性系 35 号极轴长最大,为 35.43  $\mu\text{m}$ ,显著大于无性系 5 号和 27 号。3 个无性系花粉赤道轴长( $E$ )为 35.94 ~ 43.57  $\mu\text{m}$ ,平均赤道轴长 39.40  $\mu\text{m}$ ,其中最大的是无性系 35 号,最小的是无性系 27 号,无性系 5 号介于之间。3 个薄壳山核桃无性系花粉极轴长比赤道轴长( $P/E$ )无显著性差异,其中无性系 5 号为 0.836、27 号为 0.869、35 号为 0.870,根据王开发等人<sup>[19]</sup>对花粉形状的分级标准,可以将 3 个无性系花粉划分为扁球形。薄壳山核桃花粉具 3 个萌发孔,均匀分布在赤道面上,3 个薄壳山核桃无性系花粉萌发孔长、宽均存在显著性差异( $P < 0.05$ ),其中无性系 5 号花粉萌发孔长  $\times$  萌发孔宽为 4.07 ~ 4.50  $\mu\text{m} \times 1.77 \sim 2.13 \mu\text{m}$ ,无性系 27 号花粉萌发孔长  $\times$  萌发孔宽为 3.29 ~ 3.85  $\mu\text{m} \times 1.46 \sim 2.08 \mu\text{m}$ ,无性系 35 号花粉萌发孔长  $\times$  萌发孔宽为 3.63 ~ 4.90  $\mu\text{m} \times 2.13 \sim 3.06 \mu\text{m}$ 。

表 1 3 个薄壳山核桃无性系花粉形态特征表

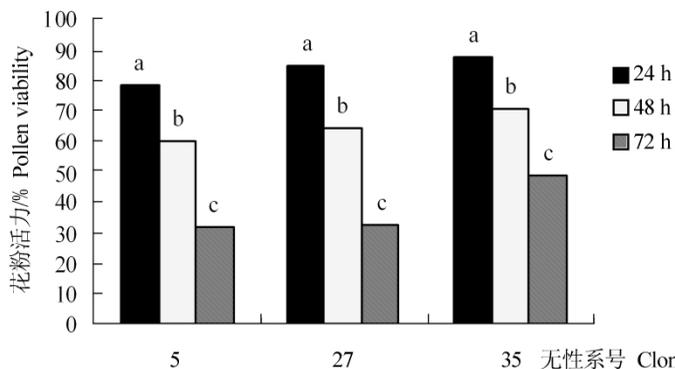
Tab. 1 Morphological characteristics of 3 clones *Carya illinoensis* Pollen

无性系号 Clone No.	花粉粒大小/ $\mu\text{m}$ Pollen size			花粉粒形状 Pollen shape	极面观 Polar plane	赤道面观 Equatorial plane	萌发孔长/ $\mu\text{m}$ Length of aperture	萌发孔宽/ $\mu\text{m}$ Width of aperture	表面纹饰 Surface decorate
	极轴长/ $P$ Polar axis	赤道轴长/ $E$ Equatorial axis	$P/E$						
5	32.71 $\pm$ 1.68b	39.15 $\pm$ 1.66b	0.836 $\pm$ 0.037a	扁球形	近圆形	椭圆形	4.37 $\pm$ 0.14a	1.96 $\pm$ 0.13b	颗粒状
27	33.30 $\pm$ 2.03b	38.35 $\pm$ 1.44b	0.869 $\pm$ 0.044a	扁球形	近圆形	椭圆形	3.58 $\pm$ 0.23b	1.85 $\pm$ 0.28b	颗粒状
35	35.43 $\pm$ 2.57a	40.72 $\pm$ 1.33a	0.870 $\pm$ 0.056a	扁球形	近三角形	椭圆形	4.39 $\pm$ 0.55a	2.58 $\pm$ 0.28a	颗粒状

供试的 3 个无性系花粉粒群、赤道面观、极面观、萌发孔及表面纹饰特征见图 4。3 个无性系花粉赤道面观呈椭圆形;无性系 5 号和 27 号极面观均呈近圆形,而无性系 35 号极面观呈近三角形;无性系 5 号、27 号、35 号表面均呈颗粒状纹饰,均匀分布着颗粒状的突起,其中无性系 27 号花粉表面颗粒状分布密集,无性系 5 号花粉表面颗粒状分布稀疏,无性系 35 号花粉表面颗粒状分布介于二者之间。

## 3 讨论

经单因数方差分析可知,同一薄壳山核桃无性系不同处理方式下收集的花粉活力均达到了显著性差异( $P < 0.05$ ),总体表现为干燥剂处理后收集的花粉活力与阴干处理后收集的花粉活力最大,30  $^{\circ}\text{C}$  恒温干燥处理后收集的花粉活力次之,日照干燥处理后收集的花粉活力最小,这与贺澄日等人<sup>[20]</sup>对玉米花粉不同干燥方法试验得出的日照干燥处理后收集的花粉活力最小这一结论基本相符。张毅等<sup>[21]</sup>

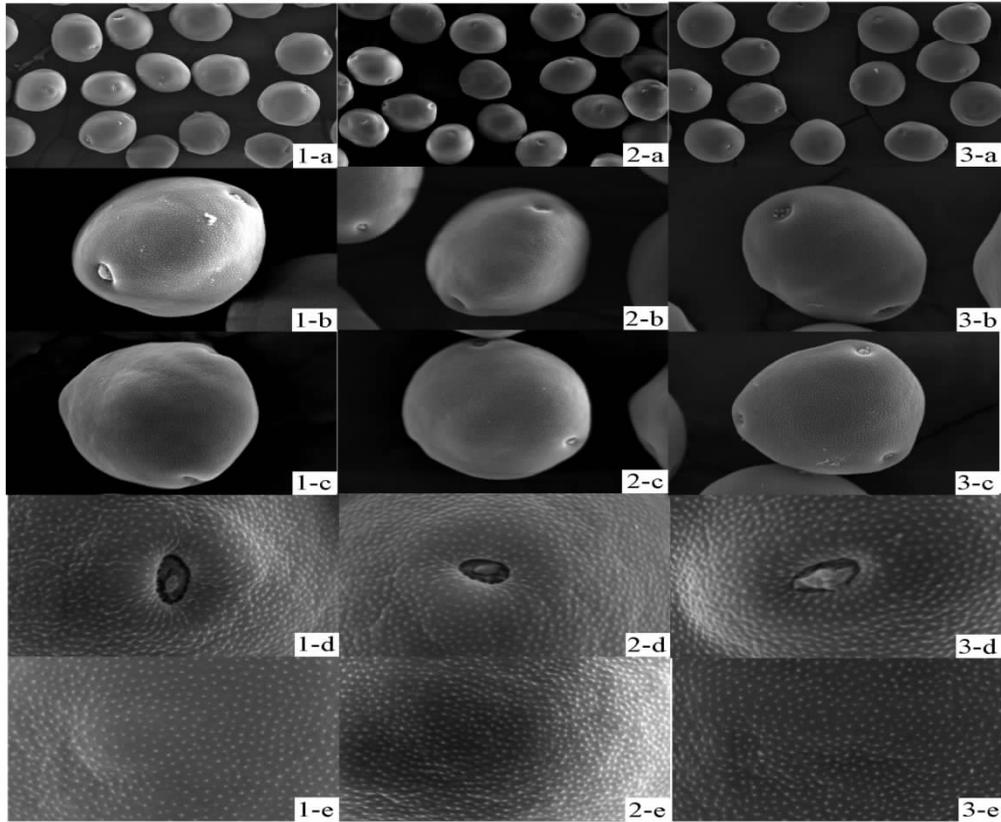


同一无性系号不同字母表示差异达 5% 显著水平。

The different letters of the same clone stand for the remarkable level at distinguish level of  $\alpha = 0.05$ .

图 3 不同收集时间花粉活力

Fig. 3 Pollen vitality at different gathering period



a、b、c、d、e 分别代表薄壳山核桃花粉粒的群体( × 600)、赤道面观( × 2 000)、极面观( × 2 000)、萌发孔( × 6 000)、表面纹饰( × 6 000)。“1”代表无性系 5 号,“2”代表无性系 27 号,“3”代表无性系 35 号。

a , b , c , d , e represent respectively the *Carya illinoensis* Pollen group ( × 600) , equatorial plane ( × 2 000) , polar plane ( × 2 000) , germinal aperture ( × 6 000) , Surface decorate ( × 6 000) . ‘1’ is clone 5 , ‘2’ is clone 27 , ‘3’ is clone 35 .

图 4 3 个薄壳山核桃无性系花粉形态特征

Fig. 4 Morphological characteristics of 3 clone *Carya illinoensis* Pollen

测定了山核桃整个散粉周期的花粉活力 最后得出在整个散粉初期、散粉盛期、散粉末期的过程中 花粉生活力变化平均值呈正态分布 符合拟合的正态分布图;王翔等人<sup>[22]</sup>对耐冬山茶 4 个品种不同开花时期( 1 ~ 37 d) 花粉活力进行了研究 结果表明 花粉活力随着时间的增长 均呈现递减的趋势;对非洲菊的研究结果也表明 4 个品种在不同开花时期的花粉萌发率不同<sup>[23]</sup>。本试验同一薄壳山核桃无性系不同散粉时期采集的花粉活力均达到了显著性差异(  $P < 0. 05$  ) ,无性系 5 号、27 号、35 号花粉活力均表现出 散粉盛期 > 散粉始期 > 散粉末期。同一薄壳山核桃无性系阴干 24、48、72 h 后收集的花粉活力均达到了显著性差异(  $P < 0. 05$  ) ,无性系 5 号、27 号、35 号花粉活力均表现出 24 h 后收集的花粉活力 > 48 h 后收集的花粉活力 > 72 h 后收集的花粉活力。

对供试的 3 个薄壳山核桃无性系花粉进行电子显微镜扫描观测 根据王开发等人<sup>[19]</sup>对孢粉大小、形状的分级标准 可以认为 3 个无性系花粉大小属于中等 形状均为扁球形;花粉粒都具有 3 个萌发孔 均匀分布在赤道面上 这些结果与 Donald E. Stone<sup>[24]</sup>对薄壳山核桃花粉形态的描述基本一致;3 个无性系花粉赤道面观呈椭圆形 无性系 5 号和 27 号极面观均呈近圆形 而无性系 35 号极面观呈近三角形;3 个无性系花粉表面均呈颗粒状纹饰 均匀分布着颗粒状的突起 其中无性系 27 号花粉表面颗粒状分布密集 无性系 5 号花粉表面颗粒状分布稀疏 无性系 35 号花粉表面颗粒状分布介于二者之间。

参考文献:

[1] Bob Williams. Raising top quality pecans [M]. Korea: Capstone Publishers 2001: 21-24.  
 [2] 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.

( 下转第 350 页)

- [4] Bedford M. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimize subsequent problems [J]. *World's Poult Sci J*, 2000, 56: 347-365.
- [5] Versteegen M W, Williams B A. Alternatives to the use of antibiotics as growth promoters for monogastric animals [J]. *Anim Biotechnol*, 2002, 13: 113-127.
- [6] Choct M, Annison G. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora [J]. *Br Poult Sci*, 1992, 33: 821-834.
- [7] Sunvold G D, Hhussein H S, Jr Fahey G C, et al. *Reinha*. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle [J]. *J Anim Sci*, 1995, 73: 3639-3648.
- [8] Lee S C, Porsky L, De Vries J W. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods - enzymatic - gravimetric method, MES - TRIS buffer: collaborative study [J]. *J AOAC Int*, 1992, 75(3): 395-416.
- [9] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 3版. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [10] Carre B, Gomez J, Chagneau A M. Contribution of oligosaccharide and polysaccharide digestion, and excreta losses of lactic acid and short chain fatty acids, to dietary metabolizable energy values in broiler chickens and adult cockerels [J]. *Br Poult Sci*, 1995, 36(4): 611-29.
- [11] Schneeman B O. Soluble V S. insoluble fiber - different physiological responses [J]. *Food Technol*, 1987, 41: 81-82.
- [12] Macfarlane G T, Allison C, Gibson S A W, et al. Contribution of the microflora to proteolysis in the human large intestine [J]. *J App Bacteriology*, 1988, 64: 37-46.

(上接第328页)

- [3] 李川, 姚小华, 王开良, 等. 薄壳山核桃无性系果实性状指标简化研究 [J]. *江西农业大学学报*, 2011, 33(4): 696-700.
- [4] 姚小华, 王开良. 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.
- [5] 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.
- [6] Bagnall C R. Species identification among pollen grains of *Abies*, *Picea* and *Pinus* in the Rocky Mountain (A scanning electron microscope study) [J]. *Rev Palaeobotany Palynology*, 1975, 19: 203-220.
- [7] Erdtman G. Handbook of palynology - an introduction to the study of pollen grains and spores [J]. Copenhagen: Munksgaard, 1969.
- [8] 王伏雄. 中国植物花粉形态 [M]. 2版. 北京: 科学出版社, 1995.
- [9] 阳志慧, 张孝岳, 李先信. 果树花粉形态研究进展 [J]. *湖南农业科学*, 2009, 38(3): 133-136.
- [10] 林树燕, 丁雨龙, 张昊. 5种竹子花粉萌发率及开花特性 [J]. *林业科学*, 2008, 44(10): 159-163.
- [11] 任列花, 程三虎, 张登福, 等. 15个早实核桃品种花粉粒形状、大小及生活力测定初报 [J]. *北方园艺*, 2005(2): 56-57.
- [12] 刘剑锋, 柳福柱. 5种秋子梨品种的花粉形态观测 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2006, 34(5): 153-156.
- [13] 齐莉, 巨艳秋, 李微, 等. 梨花柱头可授性和花粉活力的研究 [J]. *牡丹江师范学院学报: 自然科学版*, 2007(4): 29-30.
- [14] 李春林, 姚小华, 杨水平, 等. 普通油茶花粉形态及花粉管活体萌发的研究 [J]. *中国油料作物学报*, 2011, 33(3): 242-246.
- [15] 袁德义, 谭晓风, 邹锋, 等. 油茶花粉生活力检测方法比较 [J]. *西南林学院学报*, 2009, 29(4): 10-12.
- [16] 李雪, 徐迎春, 李永荣, 等. 贮藏条件对薄壳山核桃4个品系花粉活力影响 [J]. *林业科技开发*, 2011, 25(1): 70-73.
- [17] 胡适宜. 植物胚胎学实验方法(一) 花粉生活力的测定 [J]. *植物学通报*, 1993, 70(2): 60-62.
- [18] 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察 [J]. *江苏林业科技*, 2010, 37(6): 18-21.
- [19] 王开发, 王宪曾. 孢粉学概论 [M]. 北京: 北大出版社, 1983: 21-32.
- [20] 贺澄日, 滕文军. 玉米花粉不同干燥方法试验 [M]. *作物杂志*, 1991(4): 36-37.
- [21] 张毅, 裘伟伟. 山核桃离体花粉活力初步研究 [J]. *江苏林业科技*, 2007, 34(6): 12-14.
- [22] 王翔, 刘庆华. 耐冬山茶 (*Camellia japonica* L.) 花粉活力和柱头可授性研究 [J]. *西南农业学报*, 2008, 21(4): 1078-1080.
- [23] 孙强, 芦建国, 沈永宝, 等. 非洲菊花粉和柱头生物学学习性初步研究 [J]. *上海交通大学学报: 农业科学版*, 2008, 26(1): 78-80.
- [24] Donald E Stone. Pollen size in hickories (*Carya*) [J]. *National Science Foundation Grant No. G-17603*, 1963, 15(6): 208-215.