

不同品种授粉对长山核桃坐果及果实性状的影响

毛明振^{1,2}, 傅松玲^{1*}, 姚小华², 常君², 邵慰忠³, 傅国林³, 邓伟平³

(1. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036; 2. 中国林科院亚热带林业研究所, 富阳 311400;

3. 浙江省建德市林业局, 建德 311600)

摘要:以9个授粉品种对5个长山核桃无性系进行人工授粉, 探讨不同授粉品种对长山核桃坐果率及果实性状的影响。结果表明, 5个无性系的父本方差贡献率均高于50%, 同一母本下, 不同父本的杂交组合之间坐果差异都达到了极显著水平。父、母本之间表现出交互作用, 除核果质量的父本间差异不显著, 其余性状各差异均达到极显著水平; 45个杂交组合内7个性状指标的变异幅度很大, 变异系数最大的是无性系21号单果质量, 达到26.33%, 最小的是无性系13号核果径, 为1.53%; 根据各杂交组合单株间坐果及果实性状的差异情况, 为5个母本筛选了适合的父本作为与其配置的授粉品种, 如35号和建林1号可为无性系104授粉, 1号、34号和建林1号可为无性系28号授粉, 5号和127号可为无性系21号授粉, 34号和6号可为无性系13号授粉, 以及35号、52号和建林1号可为无性系11号授粉。

关键词:长山核桃; 人工授粉; 坐果率; 性状差异

中图分类号: S664.1; S722.33

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)04-0504-07

Effects of different pollen sources on pecan nut setting and its characteristics

MAO Mingzhen^{1,2}, FU Songling¹, YAO Xiaohua², CHANG Jun², SHAO Weizhong³, FU Guolin³, DENG Weiping³

(1. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400;

3. Jiande Forestry Bureau, Zhejiang Province, Jiande 311600)

Abstract: The effects of different pollen sources on pecan nut setting and development were studied by testing 9 pollinating varieties on 5 pecan clones. The results showed that the male variance contribution rate of all 5 clones were higher than 50%. Pollination with different varieties significantly affected the nut setting of individual females. The interaction between parents was observed. All nut characters except nut weight between male parents had a highly significant deviation. There was a large variation among the 7 nut characters across all 45 crossings. The largest coefficient variation reached to 26.33% that was observed for the nut weight of the 21th clone, while the smallest one was 1.53% with the nut diameter of the 13th clone. We selected suitable pollination cultivars for the 5 females based on the nut setting and other characters of each of 5 individual clones. For example, the 35th clone and Janlin No.1 could be the pollen source for the 104th clone; the 1st clone, the 34th, and Janlin No.1 could be male plants for the 28th clone; the 5th and 127th clones for the 21th; the 34th and 6th clones for the 13th; the 35th and 52th and Jianlin No.1 clones for the 11th as pollinating plants.

Key words: *Carya illinoensis*; artificial pollination; nut setting; character difference

长山核桃 (*Carya illinoensis* K. Koch) 又名美国山核桃、薄壳山核桃, 为胡桃科 (Juglandaceae) 山核桃属 (*Carya* Nutt) 的坚果类经济树种, 落叶乔木, 是世界著名的木本油料树种之一, 原产于美国

中南部和墨西哥北部, 现以美国为中心产区^[1-3]。长山核桃在我国引种已有百年历史, 表现良好, 种植范围比较广, 除了南部的广西、广东、海南和北部的河北、北京一些地方不能正常结果外, 其他地

收稿日期: 2015-03-02

基金项目: 国家科技支撑计划“华东区长核桃高效生产关键技术研究及示范”(2013BAD14B0104), 浙江省重大科技专项“薄壳山核桃资源评价及新品种选育”(2012C12904-13) 和安徽省科技攻关项目(150103079) 共同资助。

作者简介: 毛明振, 硕士研究生。E-mail: mmingzhen@163.com

* 通信作者: 傅松玲, 教授, 博士生导师。E-mail: fusongl001@163.com

方均能开花结果^[1]。

长山核桃是雌雄同株异型、典型的异花授粉树种。由于长山核桃有着雌雄花异熟的特性,花期的不遇会导致授粉不及时,从而直接影响到当年的产量,因而要求雌花可授期与雄花散粉期相遇以保证良好的授粉受精效果,对于长山核桃建林来说具有极为重要的意义^[4]。此外,长山核桃的异花授粉会导致子代性状变异很大,即使是优良品种,实生后代也是如此;而且不同的父本会使得子代遗传物质发生变化,造成果实发育阶段中竞争养分与水分的能力强弱不同,竞争力强则生长,竞争力弱则会逐渐萎缩直至落果。因此通过生产与实践来确定适合的授粉品种可以引导长山核桃的果实品质趋于优良,产量获得提升,所以科学的选择授粉品种至关重要。目前我国对于长山核桃的研究主要集中在引种适生、栽培繁育、与山核桃的种间杂交以及单株间果实变异等方面^[5-11],对于长山核桃品种间的杂交亲和性以及杂交果实变异情况报道甚少,杨先裕等^[12]曾对“马罕”的授粉品种进行筛选,对长山核桃其他授粉品种的筛选罕有报道。为此,作者通过人工授粉方式研究不同品种授粉对于长山核桃坐果及果实性状的影响,旨在为生产过程中良种选育,授粉品种配置提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于浙江省建德市更楼街道洪宅村长山核桃品种园内,地理位置 29°28'N119°23'E,海拔高度 150 m,无霜期约 254 d,年均温 16.9°C,年降雨量 1500 mm,土壤为紫砂土。品种园于 2004 年 3 月营造,共 30 亩。园内收集 22 个长山核桃无性系,采用随机区组设计,每个小区 6 株(其中 3 株用于采穗),3 次重复,株行距为 6 m×3 m。

1.2 试验材料及设计

本试验于 2013 年 4 月底开花初期进行,采用 NC II 杂交设计。选择试验林内 5 个主要推广的无性系雌先型品种(104 号、28 号、21 号、13 号和 11 号)作为母本与 9 个当地选育出能够和母本花期大致相遇的授粉品种(1 号、5 号、6 号、35 号、34 号、63 号、52 号、127 号和建林 1 号)作为父本分别进行杂交。由于品种园内除去采穗的单株后可供试验的各无性系的株数均只有 9 株,并且单株开花量有限,为了保证杂交果实数量,本试验采用单株单处理,即每个母本无性系单株只授一个父本的花粉,无重复。

1.3 试验方法

1.3.1 人工授粉 于 2013 年 4 月 30 日采摘试验所需的雄花序平摊于硫酸纸上,室外阴凉处晾晒 6 h 后抖粉、过筛、收集花粉,并与干燥剂一起放入冰箱储藏备用。雌花开放前,选取树体外围中下部当年生新枝顶端发育良好的雌花进行套袋。雌花开放盛期,快速去袋,用毛笔将花粉轻轻蘸在柱头上,然后重新套袋,待到柱头开始变黑、萎蔫时去袋。视每朵花柱头的发育情况选择进行二次授粉,步骤如上。本试验在上午 10:00 之前进行,此时露水尚未干透,可有效防止周围雄花序散粉。

1.3.2 坐果调查 授粉后定期观测记载。7 月中旬在长山核桃生理落果之后调查各试验品种的坐果情况,于 8 月下旬第 2 次生理落果后再次进行坐果调查。

1.3.3 果实性状测定 果实成熟后及时采摘,每个处理随机取 20 个果实,不足 20 个的全部采摘。用电子天平测定单果质量、核果质量和果仁质量(精确到 0.01g);用游标卡尺测量(核)果高和(核)果径(精确到 0.01 mm)。其中单果质量与核质量均为鲜果质量,果仁质量待核果气干后剥壳统一称取。分别取其均值进行统计分析。

1.4 数据处理

所得数据采用 Excel2010 整理,其中:

$$\text{坐果率}(\%) = \frac{\text{坐果数}}{\text{授粉花数}} \times 100\%$$

$$\text{出仁率}(\%) = \frac{\text{果仁质量}}{\text{核果质量}} \times 100\%$$

百分数需经反正弦转换后再进行数据运算;运用 SPSS19.0 对坐果率、果实各性状指标进行方差分析、相关性分析,并采用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同品种授粉对长山核桃坐果率的影响

由于第 2 次落果调查是在第 1 次落果的基础上进行的,文中仅对第 2 次调查的坐果数据进行分析。

对同一母本所得的坐果数进行单因素方差分析,以及分析不同父本造成的方差贡献率,结果如表 1。由表 1 可知不同品种授粉,同一无性系母本的杂交组合坐果差异均达到极显著水平,5 个无性系的父本方差贡献率均大于 50%,由此可见,无性系母本杂交单株间坐果的差异主要是由不同的父本贡献的,不同的花粉授粉对无性系的坐果影响很大。在此基础上进行多重比较,结果见表 2。

就无性系 104 号而言,35 号对其授粉的坐果率

最高,为 15.28%;1 号授粉的坐果率最低,为 5.64%。对于无性系 28 号而言,1 号对其授粉的效果最好,坐果率达到 33.77%;紧接着是 35 号授粉品种,为 33.05%;63 号授粉的坐果率最低,为 8.99%。对于无性系 21 号而言,63 号对其授粉的效果最佳,达到 37.55%,其次为 6 号,为 32.69%;1 号品种授粉的坐果率为 8.56%,是所有处理中最低的。就无

性系 13 号而言,5 号授粉的坐果率最高,为 39.26%,其次为 127 号,为 35.71%;35 号品种授粉的坐果率最低,为 9.22%。对于无性系 11 号,63 号授粉品种与其亲和性最好,坐果率能够达到 44.36%,其次是建林 1 号,坐果率为 36.14%;1 号授粉品种与母本的亲和性最差,坐果率为 15.08%。

表 1 不同品种授粉下各无性系的坐果方差分析及父本方差贡献率

Table 1 Variance analysis and male variance contribution of various clones' nut setting pollinated with different varieties

母本 Female	104 号 No.104	28 号 No.28	21 号 No.21	13 号 No.13	11 号 No.11
F 值 F value	3.103**	6.970**	7.406**	5.585**	3.559**
方差贡献率 Variance contribution	52.421%	50.551%	50.814%	50.140%	52.093%

注: ** 表示在 0.01 水平上差异极显著。Notes: ** indicates significant difference at the 0.01 level.

表 2 不同品种授粉下各无性系的坐果情况

Table 2 Nut setting of various clones pollinated with different varieties

品种 Variety	104 号 No.104			28 号 No.28		
	授粉数/朵 The number of pollination	坐果数/个 The number of nut setting	坐果率/% Nut setting	授粉数/朵 The number of pollination	坐果数/个 The number of nut setting	坐果率/% Nut setting
1	319	18	5.64 ^a	231	78	33.77 ^d
5	307	26	8.47 ^a	229	31	13.54 ^{ab}
6	252	21	8.33 ^a	183	46	25.14 ^{bcd}
35	360	55	15.28 ^b	354	117	33.05 ^d
34	271	33	12.18 ^{ab}	151	36	23.84 ^{bcd}
63	137	12	8.76 ^a	178	16	8.99 ^a
52	141	20	14.18 ^b	223	26	11.66 ^b
127	243	17	7.00 ^b	116	23	19.83 ^{abc}
建林 1 Jianlin No.1	233	25	10.73 ^{ab}	221	63	28.51 ^{cd}

授粉数/朵 The number of pollination	No. 21		No.13			No.11		
	坐果数/个 The number of nut setting	坐果率/% Nut setting	授粉数/朵 The number of pollination	坐果数/个 The number of nut setting	坐果率/% Nut setting	授粉数/朵 The number of pollination	坐果数/个 The number of nut setting	坐果率/% Nut setting
292	25	8.56 ^a	223	42	18.83 ^{ab}	179	27	15.08 ^a
264	55	20.83 ^{bc}	163	64	39.26 ^c	137	36	26.28 ^{ab}
260	85	32.69 ^d	246	60	24.39 ^{ab}	42	12	28.57 ^{ab}
270	35	12.96 ^{ab}	141	13	9.22 ^a	261	92	35.25 ^b
205	56	27.32 ^{cd}	77	9	11.69 ^a	33	6	18.18 ^a
229	86	37.55 ^d	90	17	18.89 ^{ab}	275	122	44.36 ^b
224	44	19.64 ^{ab}	108	34	31.48 ^{bc}	70	24	34.29 ^{ab}
329	105	31.91 ^d	98	35	35.71 ^c	134	39	29.10 ^{ab}
105	20	12.74 ^{ab}	127	21	16.54 ^a	83	30	36.14 ^b

注: 表中同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

Notes: The different letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level, the same below.

2.2 不同品种授粉对长山核桃果实性状的影响

2.2.1 杂交组合果实性状间的相关性

对 45 个长山核桃杂交组合果实性状进行双侧性相关性分析,结果如表 3 所示。杂交组合的几组果实性状指标间,

相关性均达到了极显著水平。可见,长山核桃果实的质量、形态与核果的质量、形态有着密切的相关性,果重,则果高和果径大;即果重,则果大;核果亦然。同时核果的出仁率与核果质量有着相关系

数极高的正相关。单果的质量和形态决定了核果的质量和形态, 也决定了出仁率的高低。

2.2.2 不同杂交组合间的方差分析 对杂交组合果实性状进行父、母本及其交互作用的双因素方差分析结果表明, 二者之间表现出交互作用, 除核果质量在父本间影响差异不显著外, 其余差异均达到了极显著水平(表 4)。核果质量的差异主要由母本的

遗传差异及其与父本的交互作用来决定, 即对该性状的影响母本要大于父本, 且二者的交互效应也能产生明显的作用。这也说明了同一个母本与不同父本杂交或者同一父本与不同母本杂交, 得到的果实性状之间会产生显著差异, 这种差异是由父、母本自身的遗传差异以及二者之间交互作用的结果。

表 3 杂交组合子代果实性状间相关性分析

Table 3 Correlation coefficient of hybrid generation characters

性状 Character	单果质量 Fruit weight	果高 Fruit height	果径 Fruit diameter	核果质量 Nut weight	核果高 Nut height	核果径 Nut diameter	出仁率 Kernel percent
单果质量 Fruit weight	1						
果高 Fruit height	0.895**	1					
果径 Fruit diameter	0.798**	0.559**	1				
核果质量 Nut weight	0.889**	0.804**	0.864**	1			
核果高 Nut height	0.831**	0.966**	0.543**	0.832**	1		
核果径 Nut diameter	0.656**	0.480**	0.911**	0.870**	0.539**	1	
出仁率 Kernel percent	0.726**	0.776**	0.634**	0.835**	0.824**	0.630**	1

注: ** 表示在 0.01 水平(双侧)上极显著相关。Notes: ** means significant correlation at the 0.01 level (2-tailed).

表 4 杂交果实性状亲本间交互作用方差分析

Table 4 Variance analysis of nut characters among parents' interaction

方差来源 Source of variation	DF	单果质量 Fruit weight		果高 Fruit height		果径 Fruit diameter	
		MS	F	MS	F	MS	F
父本间 Between male	8	130.000	5.350**	0.560	3.314**	0.195	4.070**
母本间 Between male	4	2941.622	121.065**	29.612	173.554**	4.796	100.096**
父本×母本 Male×female	32	168.541	6.936**	0.880	5.211**	0.256	5.339**

方差来源 Source of variation	DF	核果质量 Nut weight		核果高 Nut height		核果径 Nut diameter	
		MS	F	MS	F	MS	F
父本间 Between male	8	5.584	1.743	0.294	2.811**	5.299	163.374**
母本间 Between male	4	574.559	179.298**	22.443	214.565**	0.132	4.075**
父本×母本 Male×female	32	17.301	5.399**	0.543	5.191**	0.113	3.494**

注: **,表示在 0.01 水平上差异极显著。Notes: The notation ** indicate significant difference at 0.01 level.

2.2.3 不同杂交组合间果实性状的差异 对不同杂交组合果实性状进行多重比较, 结果见表 5。在同一母本的情况下, 对于无性系 104 号来说, 各性状变异幅度最大的是单果质量(变异系数 CV 为 17.23%), 其次是核果质量(13.96%), 其他性状变异幅度均低于 7%, 最小的是核果高(5.00%)。结合表 3 中各性状间的相关性, 在 9 个杂交组合中, 果比较大的依次为组合 104×127、104×35、104×1, 而 104×35、104×127、104×6 的核果比较大, 104×35、104×127、104×建林 1 的出仁率较高。104×34 的果实各性状指标均为最小, 果重数值比 104×127 的小了近 2 倍。

对于无性系 28 号来说, 各性状的变异幅度都很低。变异幅度最大的为核果质量, 变异系数 CV 为 7.28%, 其次是单果质量的 7.20%; 变异幅度最小的为核果径的 2.98%。在 9 个杂交组合中, 28×1、28×建林 1、28×5 的果比较大, 28×建林 1、28×127、28×34 的核果比较大以及出仁率较高。其他组合各性状指标差异不大。

无性系 21 号的单果质量和核果质量变异幅度都比较大, 变异系数 CV 分别达到了 26.33% 和 23.34%, 其他性状变异幅度也很大, 变异系数 CV 基本上都在 7.00%~10.00% 之间, 变异幅度最小的为出仁率, CV 为 6.57%。9 个组合中, 21×5、21×52

表5 不同杂交组合果实性状多重比较

Table 5 Multiple comparisons for nut characteristics of different cross combinations

母本 Female	父本 Male	单果质量/g Fruit weight	果高/cm Fruit height	果径/cm Fruit diameter	核果质量/g Nut weight	核果高/cm Nut height	核果径/cm Nut diameter	出仁率/% Kernel percent
104	1	37.43±12.47 ^b	6.26±0.66 ^{bc}	3.25±0.45 ^{bcd}	12.98±3.49 ^{bc}	5.19±0.40 ^{bcd}	2.40±0.27 ^c	52.67%
	5	34.72±7.31 ^b	6.25±0.54 ^{bc}	3.34±0.28 ^{bcd}	13.45±1.98 ^c	4.97±0.40 ^{abc}	2.43±0.12 ^{cd}	56.69%
	6	36.96±6.58 ^b	6.19±0.05 ^{bc}	3.34±0.18 ^{bcd}	14.06±1.32 ^c	5.06±0.38 ^{abcd}	2.47±0.13 ^{cd}	55.43%
	35	39.49±6.83 ^b	6.48±0.44 ^{cd}	3.42±0.25 ^d	15.11±1.50 ^c	5.31±0.29 ^{cde}	2.58±0.12 ^d	60.15%
	34	22.9±5.91 ^a	5.60±0.56 ^a	2.72±0.21 ^a	9.31±2.02 ^a	4.76±0.39 ^a	2.03±0.13 ^a	48.39%
	63	34.33±5.69 ^b	6.34±0.47 ^{bc}	3.14±0.21 ^{bc}	13.98±2.28 ^c	5.30±4.93 ^{cde}	2.46±2.12 ^{cd}	55.23%
	52	26.48±5.46 ^a	5.90±0.32 ^{ab}	3.09±0.31 ^b	11.1±2.51 ^{ab}	4.91±0.31 ^{ab}	2.22±0.18 ^b	58.12%
	127	40.85±7.16 ^b	6.80±0.41 ^{cd}	3.39±0.25 ^{cd}	14.61±2.19 ^c	5.58±0.51 ^e	2.47±0.12 ^{cd}	59.24%
	建林1	36.61±8.00 ^b	6.59±0.47 ^d	3.26±0.26 ^{bcd}	13.88±2.81 ^c	5.38±0.38 ^{de}	2.41±0.18 ^c	58.40%
	均值	34.43±5.93	6.27±0.36	3.22±0.22	13.17±1.84	5.16±0.26	2.39±0.16	0.56±0.04
CV	17.23%	5.74%	6.71%	13.96%	5.00%	6.81%	6.57%	
28	1	27.55±5.23 ^b	5.46±0.49 ^b	3.24±0.13 ^{abc}	11.19±3.10 ^{ab}	4.65±0.30 ^{bc}	2.48±0.15 ^a	52.40%
	5	25.11±4.75 ^{ab}	5.31±0.30 ^{ab}	3.33±0.23 ^c	10.28±2.29 ^a	4.38±0.20 ^{ab}	2.60±0.28 ^a	48.11%
	6	23.73±4.84 ^{ab}	5.27±0.49 ^{ab}	3.12±0.19 ^{abc}	11.47±1.63 ^{ab}	4.59±0.26 ^{bc}	2.55±0.12 ^a	52.91%
	35	24.57±5.49 ^{ab}	5.19±0.51 ^{ab}	3.05±0.26 ^{ab}	10.83±2.25 ^{ab}	4.25±0.52 ^a	2.41±0.47 ^a	45.83%
	34	22.20±2.55 ^a	5.07±0.31 ^{ab}	3.03±0.13 ^a	11.62±1.87 ^{ab}	4.42±0.25 ^{ab}	2.44±0.10 ^a	54.27%
	63	22.37±5.93 ^a	4.91±0.59 ^a	3.14±0.32 ^{abc}	11.28±3.30 ^{ab}	4.22±0.46 ^a	2.48±0.19 ^a	46.40%
	52	22.53±5.80 ^a	5.03±0.50 ^{ab}	3.08±0.28 ^{ab}	10.11±3.30 ^a	4.23±0.43 ^a	2.43±0.18 ^a	52.26%
	127	24.35±2.21 ^{ab}	5.27±0.21 ^{ab}	3.27±0.18 ^{bc}	11.98±2.29 ^{ab}	4.49±0.30 ^{ab}	2.58±0.15 ^a	54.66%
	建林1	25.53±5.03 ^{ab}	5.44±0.44 ^b	3.20±0.23 ^{abc}	12.76±2.64 ^b	4.85±0.26 ^c	2.59±0.13 ^a	55.63%
	均值	24.21±1.74	5.22±0.18	3.16±0.10	11.28±0.82	4.45±0.21	2.51±0.07	0.51±0.04
CV	7.20%	3.53%	3.27%	7.28%	4.80%	2.98%	7.14%	
21	1	18.87±1.98 ^{bc}	4.91±0.23 ^c	2.60±0.12 ^b	7.08±0.61 ^{cd}	4.10±0.23 ^{cd}	1.96±0.20 ^{bcd}	42.85%
	5	26.91±3.77 ^e	5.41±0.32 ^e	2.89±0.21 ^{de}	9.37±1.12 ^g	4.49±0.38 ^e	2.16±0.09 ^e	48.11%
	6	20.87±3.96 ^c	4.92±0.44 ^c	2.76±0.19 ^{cd}	7.32±1.50 ^{de}	3.96±0.34 ^{bc}	1.89±0.18 ^{ab}	43.68%
	35	24.13±3.05 ^d	5.02±0.25 ^{cd}	2.97±0.12 ^e	8.07±0.98 ^{ef}	4.11±0.24 ^{cd}	2.09±0.07 ^{de}	43.91%
	34	17.15±4.83 ^b	4.57±0.04 ^{de}	2.68±0.25 ^{bc}	6.32±1.75 ^{bc}	3.77±0.40 ^b	1.88±0.25 ^{ab}	45.91%
	63	23.51±2.53 ^d	5.22±0.30 ^d	2.82±0.13 ^d	8.56±0.88 ^{fg}	4.16±0.23 ^{cd}	2.06±0.24 ^{cde}	49.75%
	52	25.24±3.80 ^{de}	5.24±0.32 ^{de}	3.00±0.18 ^e	8.49±0.98 ^f	4.31±0.21 ^{de}	2.10±0.07 ^e	46.59%
	127	17.27±3.83 ^b	4.66±0.39 ^b	2.64±0.16 ^{bc}	6.19±1.65 ^b	3.82±0.32 ^b	1.94±0.26 ^{bc}	43.86%
	建林1	12.83±1.48 ^a	4.31±0.43 ^a	2.40±0.18 ^a	4.82±1.01 ^a	3.43±0.37 ^a	1.77±0.15 ^a	40.15%
	均值	20.08±5.29	4.85±0.41	2.73±0.22	7.11±1.66	3.94±0.37	1.96±0.14	0.45±0.03
CV	26.33%	8.38%	8.07%	23.34%	9.34%	7.30%	6.48%	
13	1	29.11±2.56 ^d	5.25±0.23 ^c	3.26±0.11 ^{cd}	11.32±1.02 ^c	4.18±0.18 ^c	2.39±0.08 ^{abc}	50.65%
	5	25.87±3.30 ^{bc}	4.80±0.21 ^b	3.19±0.14 ^{abc}	10.11±0.69 ^b	3.94±0.14 ^b	2.31±0.10 ^a	49.53%
	6	26.90±2.52 ^{bce}	4.97±0.30 ^b	3.25±0.13 ^{cd}	10.45±0.87 ^b	4.00±0.17 ^b	2.32±0.09 ^{ab}	49.44%
	35	25.42±6.62 ^{bc}	4.97±0.43 ^b	3.12±0.25 ^{ab}	9.97±1.37 ^b	4.08±0.19 ^{bc}	2.34±0.13 ^{abc}	48.01%
	34	27.52±5.82 ^{bce}	4.96±0.41 ^b	3.34±0.29 ^d	10.20±0.90 ^b	3.94±0.02 ^b	2.33±0.07 ^{abc}	48.58%
	63	28.17±2.63 ^{cd}	5.19±0.20 ^c	3.28±0.11 ^{cd}	10.69±0.61 ^{bc}	4.15±0.13 ^c	2.41±0.06 ^c	46.52%
	52	21.74±2.77 ^a	4.59±0.33 ^a	3.09±0.15 ^a	9.12±1.14 ^a	3.69±0.23 ^a	2.39±0.12 ^{abc}	45.51%
	127	25.29±2.99 ^b	4.81±0.23 ^b	3.22±0.16 ^{bcd}	10.07±0.93 ^b	3.93±0.20 ^b	2.38±0.09 ^{abc}	48.12%
	建林1	24.90±3.72 ^b	4.85±0.26 ^b	3.22±0.18 ^{bcd}	9.95±1.50 ^b	3.93±0.21 ^b	2.40±0.12 ^{bc}	47.95%
	均值	26.10±2.17	4.93±0.20	3.22±0.08	10.21±0.60	3.98±0.15	2.36±0.04	0.48±0.02
CV	8.31%	4.06%	2.45%	5.87%	3.71%	1.53%	3.24%	

续表 5 Continued Table 5

11	1	24.71±4.45 ^b	5.27±0.35 ^{bc}	2.96±0.21 ^{cde}	8.20±1.64 ^{abc}	4.20±0.24 ^{bc}	2.12±0.15 ^a	47.70%
	5	19.14±4.30 ^a	4.94±0.52 ^{ab}	2.78±0.19 ^{abc}	7.55±1.33 ^{ab}	4.22±0.38 ^{bc}	2.02±0.13 ^a	49.74%
	6	23.28±3.31 ^b	5.42±0.16 ^c	2.92±0.18 ^{bcd}	9.26±0.88 ^c	4.49±0.10 ^c	2.11±0.10 ^a	46.29%
	35	17.25±1.75 ^a	4.66±0.23 ^a	2.66±0.11 ^a	6.76±1.02 ^a	3.85±0.17 ^a	1.90±0.06 ^a	50.53%
	34	23.69±0.72 ^b	5.24±0.09 ^{bc}	3.01±0.03 ^{de}	9.03±0.27 ^{bc}	4.22±0.09 ^{bc}	2.19±0.10 ^a	47.97%
	63	18.87±2.64 ^a	4.92±0.33 ^{ab}	2.71±0.18 ^{ab}	6.72±1.52 ^a	3.90±0.23 ^{ab}	1.95±0.12 ^a	48.16%
	52	27.41±5.81 ^b	5.45±0.56 ^c	3.07±0.23 ^e	9.08±1.24 ^{bc}	4.23±0.28 ^c	2.25±0.15 ^a	44.95%
	127	18.71±3.61 ^a	5.01±0.38 ^{abc}	2.77±0.14 ^{abc}	7.02±0.71 ^a	4.18±0.31 ^{bc}	1.98±0.16 ^a	46.64%
	建林 1	23.70±6.88 ^b	5.39±0.70 ^{bc}	2.84±0.31 ^{abcd}	7.98±2.48 ^{abc}	4.25±0.50 ^c	2.02±0.19 ^a	46.92%
	均值	21.86±3.45	5.15±0.27	2.86±0.14	7.96±1.01	4.17±0.19	2.06±0.12	0.48±0.02
	CV	15.77%	5.34%	4.98%	12.71%	4.60%	5.59%	3.61%

和 21×63 的果比较大, 21×5、21×63 和 21×52 的核果比较大, 21×63、21×5 和 21×52 的出仁率较高。在这些组合中 21×建林 1 所有性状指标均最小。

母本为无性系 13 号的组合之间性状变异比较稳定, 幅度较小。其中单果质量的变异幅度最大, 变异系数 CV 为 8.31%, 其次是核果质量的 5.87%, 其他性状的变异系数 CV 基本上都维持在 4.00% 以下, 最低的为核果径的 CV1.53%。13×1、13×63 和 13×34 的果比较大, 果高和果径在 9 个组合中也能排在前三, 13×1、13×63 和 13×6 的核果在 9 个组合中偏大, 13×1、13×5 和 13×6 的出仁率较高, 各个性状指标均为最低的是 13×52 组合, 其他组合居中。

相对于无性系 11 号来说, 各性状变异幅度相对不稳定, 变异系数 CV 较大的有单果质量(15.77%)、核果质量(12.71%), 其他性状变异幅度较小, 最低的是出仁率(3.61%)。在 9 个杂交组合中, 11×52 无论是果单果质量, 还是果高、径, 都是最大的。11×1、11×建林 1 的果也比较大, 其中 11×建林 1 的果高较大, 11×1 的果径较大; 核果方面, 11×6、11×52、11×34 的核果质量和核果高都比较大, 11×52 的核果径要大于 11×34 和 11×6。11×35 的果和核果都是最小的, 出仁率在所有组合中却是最高, 其次为 11×5 和 11×63, 两者的果和核果均较小。这个差异与上面 4 个无性系恰恰相反, 也与表 3 中的性状相关性相反。

综上所述, 长山核桃杂交子代果实性状在不同组合间存在差异且变异程度不同, 这一方面可能与长山核桃父本单株间遗传变异有关; 另一方面可能与树体自身的生长、营养状态有关^[12]。长山核桃果实形态特征是直观的数量性状, 易于鉴别, 研究长山核桃果实的形态特征, 可为长山核桃选择育种提供科学依据。(核)果质量、(核)果高、(核)果径、出仁率 7 个性状指标各亲本组合间都存在广泛变

异, 这也为后期选育提供了物质基础。

3 小结与讨论

3.1 不同品种授粉对长山核桃坐果率的影响

通过对 45 个杂交组合坐果的方差分析结果表明, 5 个母本无性系的父本方差贡献率均高于 50%, 同一母本下, 不同父本的杂交组合之间坐果差异都达到了极显著水平, 104×35、28×1、21×63、13×5 和 11×63 的组合坐果情况在其同一母本的杂交组合中是最好的。长山核桃的生理落果主要有 2 个原因: (1) 由于雌花发育不全或柱头未授粉成功, 导致第 1 次大量生理落果, 时间在 7 月上旬; (2) 第 2 次大量生理落果是由于树体负载量过大, 或化合物产物不足而引起的^[14]。因此品种间的杂交不亲和以及获取养分的能力弱都会导致坐果率的下降。此外, 当年 8 月出现了连续干旱, 而此时正值长山核桃果实胚发育阶段, 这对坐果也会产生一定的影响。

3.2 不同品种授粉对长山核桃果实性状的影响

经过双因素方差分析可得, 父本与母本之间表现出交互作用, 除父本对核果质量影响不显著外, 其余性状均与父、母本及二者之间的交互作用有关。在 45 个杂交组合以及 7 个果实性状之间, 变异幅度最大的是 21 号母本的单果质量, 变异系数为 26.33%; 13 号核果径的变异系数为 1.53%, 为最小; 其余杂交组合的果实性状的变异系数介于两者之间。果实方面, 104×127、28×1、21×5、13×1 和 11×52 单果比较大, 104×35、28×建林 1、21×5、13×1 和 11×6 核果比较大, 104×35、28×建林 1、21×63、13×1 和 11×35 的出仁率较高。

长山核桃具有雌雄花异熟的特性, 花期的不遇会导致授粉不良, 能够直接影响到当年的单株产量。此外由于子代性状变异很大, 确定合适的授粉品种可以引导长山核桃的果实品质趋于优良, 因此配置

适当的授粉树种是非常必要的。结合各杂交组合单株间坐果表现及果实性状的差异情况,可以为母本筛选出合适的授粉品种,就此文而言,无性系 104 号配置 35 号和建林 1 号效果比较好,无性系 28 号可以配置 1 号、34 号及建林 1 号,无性系 21 号宜配置 5 号、127 号,无性系 13 号可以配置 5 号、6 号,无性系 11 号与 35 号、52 号及建林 1 号配置较好。

参考文献:

- [1] 姚小华,常君,王开良,等. 中国薄壳山核桃[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 70-84.
- [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.
- [3] 姚小华,王开良,任华东,等. 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: 自然科学版, 2004, 26(5): 675-680.
- [4] 耿国民,周久亚,王国祥,等. 薄壳山核桃果园良种配置方案初报[J]. 经济林研究, 2011(2): 111-113.
- [5] 张日清,吕芳德,张勛,等. 美国山核桃在我国扩大引种的可行性分析[J]. 经济林研究, 2005, 23(4): 1-10.
- [6] 常君,杨水平,姚小华,等. 美国山核桃果实性状变异规律研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(1): 44-48.
- [7] 何小艳,殷巧,马平,等. 安农系列长山核桃良种在安徽的引种表现[J]. 经济林研究, 2013, 31(2): 104-108.
- [8] 傅松玲,吴照柏. 美国山核桃嫁接与栽培技术研究[J]. 经济林研究, 2001, 19(4): 11-13.
- [9] 沈林,张慧,曾燕如,等. 山核桃与美国山核桃正反交种实及苗期性状的分析[J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(5): 885-891.
- [10] 李川,姚小华,王开良,等. 12 个长山核桃无性系果(核)性状以及产量的比较[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2011, 33(6): 40-43.
- [11] 李永荣,李晓储,吴文龙,等. 66 个薄壳山核桃实生单株果实性状变异选择研究[J]. 林业科学研究, 2013, 26(4): 438-446.
- [12] 杨先裕,袁紫倩,凌焯,等. 薄壳山核桃 'Mahan' 授粉品种选择及其结实性状分析[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 776-783.
- [13] 王年金,陈军,姜俊马,等. 山核桃与薄壳山核桃种间杂交 F1 代果实及苗木性状变异分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(3): 140-144.
- [14] 李川. 薄壳山核桃主要无性系开花物候及花粉特性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012: 35-36.