

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.02.011

## 早实核桃杂交育种试验初报

王莎<sup>1</sup>, 吴泞孜<sup>1,2</sup>, 陈善波<sup>1,3\*</sup>, 金银春<sup>1,3</sup>, 罗慧<sup>1</sup>, 吴宗兴<sup>1,3</sup>, 杨柳璐<sup>1</sup>, 宋小军<sup>1,3</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 四川农业大学园艺学院, 四川 温江 6111302;

3. 四川省林木良种繁育工程技术中心, 四川 成都 610081)

**摘要:**为创新四川核桃育种材料,在前期核桃种质资源调查的基础之上,以M1为母本,BKZ、KLZ、SQLG、YHT为父本,开展早实核桃杂交育种试验,测定杂交果实坐果率、结实率及表型性状特征。应用方差分析、多重比较对杂交果实坐果率、结实率、表型性状等指标进行分析。结果表明:(1)不同核桃种间杂交授粉的坐果率、结实率差异极显著( $P < 0.01$ )。其中M1×KLZ坐果率最高,M1×BKZ结实率最高。(2)不同核桃杂交后代果实表型性状差异极显著( $P < 0.01$ ),且各杂交果实核壳表面特征各项指标整体表现较好。(3)不同核桃杂交果实表型形状指标变异系数较小,表明杂交果实表型形状遗传相对较稳定。

**关键词:**早实核桃;穗状核桃;杂交育种;表型性状

中图分类号:S722.3 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2018)02-0043-04

## A Preliminary Report on Cross Breeding of Early Bearing Walnut

WANG Sha<sup>1</sup> WU Ning-zi<sup>1,3</sup> CHEN Shan-bo<sup>1,3\*</sup> JIN Yin-chun<sup>1,3</sup>

LUO Hui<sup>1</sup> WU Zong-xing<sup>1,3</sup> YANG Liu-lu<sup>1</sup> SONG Xiao-jun<sup>1,3</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry Science, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Wenjiang 6111302, Sichuan, China;

3. Sichuan Province Forest tree Breeding Engineering Technology Center, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** In order to create walnut breeding materials in Sichuan, based on the investigation of walnut germplasm resources in the early stage, M1 was used as the female parent, BKZ, KLZ, SQLG and YHT were used as male parent to carry out the cross breeding experiment of early bearing walnut. The fruit setting rate, seed setting rate and phenotypic characteristics of the hybrid fruit were determined and analyzed by variance analysis and multiple comparison. The results showed that (1) the differences of fruit setting rate and seed setting rate among different walnut hybrids were significant ( $P < 0.01$ ). Among them, M1 × KLZ had the highest fruit setting rate and M1 × BKZ seed setting rate was the highest. (2) The fruit phenotypic traits of different walnut hybrids were significantly different ( $P < 0.01$ ), and the overall performance of the core-shell surface characteristics of each hybrid fruit was pretty good. (3) The coefficient of variation of the phenotypic shape index of different walnut hybrid fruits was smaller, indicating that the phenotypic shape of the hybrid fruit was relatively stable.

**Key words:** Early bearing walnut, Spicate walnut, Cross breeding, Phenotypic traits

收稿日期:2018-03-06

基金项目:四川省省财政专项资金(ZL2017-17);四川省科技厅基本科研专项资金(2018JBKY06)。

作者简介:王莎(1988-),女,四川大邑人,硕士,研究实习员,经济林培育。E-mail:276005045@qq.com

通讯作者:陈善波(1981-),男,四川泸州人,硕士,助理研究员,从事经济林培育、林下中药材繁育及栽培技术研究。E-mail:sbochen@163.com

核桃(*Juglans regia* L.)为胡桃科核桃属植物,其营养价值丰富,为世界四大坚果之一,在我国栽培历史悠久,是我国最具资源和生态优势的经济林树种<sup>[1]</sup>。四川是重要的核桃主栽、主产区域,核桃种质资源极其丰富,地处南北核桃种群交替地带,种质资源优势突出,但品种良莠不齐,良种化发展程度不高。因此,创新核桃育种材料,培育适合四川气候条件的优良繁殖材料,选育出早实、优质、丰产、抗性强的核桃新品种,是四川核桃产业发展的重要保障。

杂交育种是针对期望的育种目标,获得具有双亲优良性状的新品种的一种最有效的育种方法,已成为改良核桃丰产与品质指标的重要手段<sup>[2-3]</sup>。我国的香玲、丰辉、鲁光、辽宁系列、云新系列等均属于杂交品种,现已成为我国部分省份的主栽品种<sup>[4]</sup>。近年来,通过人工杂交育种的方法,已培育出核桃优良新品种,并进行应用与推广<sup>[5-8]</sup>。为创新四川核

桃育种材料,本项目在前期核桃种质资源调查的基础之上,开展早实核桃杂交育种试验,测定其果实坐果率、结实率及表型性状特征,为核桃新材料、新品种培育提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以川早2号(*Juglans sigillata* × *Juglans regia*) × *Juglans regia* ‘Chuanzao 2’)(代号 M1)为母本,以薄壳早(*Juglans regia* ‘Bokezao’)(代号 BKZ)<sup>[9]</sup>、客龙早(*Juglans regia* ‘Kelongzao’)(代号 KLZ)<sup>[9]</sup>、穗状核桃(SQLG)<sup>[10-11]</sup>、野核桃(*Juglans cathayensis* Dode)(代号 YHT)为父本,在成都市金堂县栖贤乡梨花沟村进行杂交试验。各杂交亲本基本信息见表1。

表1 杂交亲本基本信息  
Tab. 1 Basic information hybrid parents

序号	杂交亲本	树龄/a	早实性	生物学特性	树木管理情况	丰产性
1	M1	8	2 a 挂果,5 a 投产,7 a~8 a 丰产	树势强,奇数羽状复叶,小叶5~9片。雌先型,花期3月下旬至4月上旬,果实9月初成熟	施肥3次,修剪1~2次	强
2	BKZ	4	2 a 挂果,4 a~5 a 投产,7 a~8 a 丰产	树势旺盛,奇数羽状复叶,小叶5~9片,雄先型,花期4月上旬,果实9月初成熟	施肥1~3次,修剪1~2次	强
3	KLZ	4	3 a 挂果,4 a~5 a 投产,7 a~8 a 丰产	树势旺盛,奇数羽状复叶,小叶7~11片,雄先型,花期4月上旬,果实9月初成熟	施肥1~3次,修剪1~2次	中等
4	SQLG	7	3a 挂果,3 a~4 a 投产,5 a~6 a 丰产	树势旺盛,基数羽状复叶,小叶9~11片,花期3月下旬至4月上旬,雌先型,果实8月底成熟	施肥3次,修剪1次	强
5	YHT	6	4 a~5 a 挂果	树势强,基数羽状复叶,小叶13~15片,雌先型,花期4月中旬,果实9月上旬成熟	不施肥,不修剪	中等

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 套袋

每个母本选择3个样株,在雌花显蕾初期,在整个树冠上随机选择发育良好的雌花用硫酸纸袋将雌花套入袋中(15 cm × 25 cm 硫酸纸袋),两端封口并进行编号、挂牌,每株套袋30个,3个重复。若套袋枝有雄花的,在套袋时将雄花抹除。

#### 1.2.2 花粉收集

于雄花散粉初期晴天上午8时~10时采集雄花序,将花穗平铺在硫酸纸上,放在干燥、无风室内,待24 h后自然阴干散粉,再进行抖粉、过筛,最后将花粉收集在棕色瓶中,用纱布封口,置于4℃冰箱中保存备用。

#### 1.2.3 杂交授粉

待雌花柱头开张呈倒“八”字形时,于晴天、无风上午7时~10时,阴天上午7时~11时进行人工

授粉。授粉时,打开硫酸纸袋,将授粉器中的花粉,均匀喷洒到柱头上,然后立即封好,并记录授粉花朵数。待1 d~2 d后,观察雌花柱头是否授粉成功,若雌花未授粉或者授粉不充分的,进行2~3次补充授粉。

### 1.3 测定内容与方法

#### 1.3.1 坐果率

授粉后1周后,摘除硫酸纸,摘袋后15 d左右调查、统计坐果率,统计1次。坐果率=(坐果数/开花总数) × 100%。

#### 1.3.2 果实测定

待整株青果皮开裂20%时,分株进行采摘。将青果皮置于室内通用放置2 d~3 d,待青皮离核,进行测定。根据《核桃丰产与坚果品质》标准,开展核桃坚果测定与评价<sup>[12]</sup>。每个杂交组合,树随机抽取30个青果,按顺序编号,用游标卡尺测量青果皮单

果重、青皮果纵径、青皮果横径、青皮果侧径、青皮厚、去青皮鲜果重;经烘箱烘干后,测量坚果纵径、坚果横径、坚果侧径、坚果单重、坚果形状、核壳表面特征、果顶形状、果尖形状、果底形状、坚果均匀度等指标。然后计算不同杂交果实表型性变异系数,比较不同指标变异程度,分析不同指标的变异情况。变异系数:  $CV(100\%) = \sigma/\mu \times 100\%$ ,  $CV$  为变异系数,  $\sigma$  代表标准差,  $\mu$  代表平均值<sup>[13-14]</sup>。

#### 1.4 数据分析

使用 Excel2007 处理数据,用 SPSS21.0 进行方差分析和多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同核桃杂交组合的坐果率、结实率比较分析

由表 2 可知,通过对不同核桃杂交组合的坐果率、结实率进行方差分析、多重比较。结果表明,不同核桃种间杂交授粉,各杂交组合的坐果率、结实率差异极显著( $P < 0.01$ )。5 月中旬调查坐果率时,4

个杂交组合坐果率差异较大,其中  $M1 \times KLZ$  坐果率最高,为 90.98%,  $M1 \times YHT$  坐果率最低,为 66.71%,平均坐果率为 78.91%。9 月底采收时,各杂交组合结实率差异较小。其中  $M1 \times BKZ$  结实率最高,为 59.64%,  $M1 \times YHT$  结实率最低,为 44.06%,平均结实率为 51.03%。

### 2.2 不同核桃杂交果实表型性状分析

核桃果实外观表型性状采用青皮果和坚果进行比较。通过对杂交果实表型性状的方差分析、多重比较可知(表 3),不同核桃杂交果实表型性状差异极显著( $P < 0.01$ ),表明同一母本下,不同父本杂交果实间差异较大。4 个杂交果实青皮果重在 65.89 g ~ 80.85 g 之间,青皮 3 径均值在 4.88 cm ~ 5.24 cm 之间,青皮厚在 7.49 cm ~ 8.32 cm 之间,鲜果重在 8.19 g ~ 14.23 g 之间,坚果 3 径在 3.55 cm ~ 3.79 cm 之间,坚果重在 12.96 g ~ 15.24 g 之间。 $M1 \times BKZ$  青皮果重、青皮果 3 径、坚果重、坚果 3 径均最大,且高于  $M1(CK)$ 。

表 2 不同杂交组合的坐果率、结实率比较

Tab. 2 The fruit setting and seed setting rate comparison of different hybrid combinations

序号	母本	父本	授粉花朵数 (朵)	坐果花序数 (枝)	坐果数 (个)	结实数 (个)	差异比较	
							坐果率 ± 标准差	结实率 ± 标准差
1	M1	KLZ	178	89	161	81	90.98 ± 1.31dD	45.48 ± 2.47aA
2	M1	BKZ	170	82	139	108	82.28 ± 1.41cC	59.64 ± 1.31cB
3	M1	SQLQ	180	86	136	101	75.62 ± 1.20bB	54.95 ± 0.97bB
4	M1	YHT	195	80	130	87	66.71 ± 2.02aA	44.06 ± 2.42aA

注:不同小写字母表示差异显著,  $P < 0.05$ ; 同一行不同大写字母表示差异极显著,  $P < 0.01$ 。

表 3 不同杂交果实表型性状比较

Tab. 3 Comparison of different hybrid fruit phenotypic traits

表型性状	杂交组合				
	$M1 \times KLZ$	$M1 \times BKZ$	$M1 \times SQLQ$	$M1 \times YHT$	$M1(CK)$
青皮果重/g ± 标准差	65.89 ± 8.61aA	80.85 ± 6.53cC	72.77 ± 7.42bB	68.54 ± 9.37abAB	73.27 ± 12.18bB
青皮纵径/cm ± 标准差	5.16 ± 0.28bAB	5.46 ± 0.23cC	5.20 ± 0.28bB	4.99 ± 0.27aA	5.35 ± 0.36cBC
青皮横径/cm ± 标准差	4.53 ± 0.22aA	4.83 ± 0.19bC	4.720 ± 0.22bBC	4.55 ± 0.32aAB	4.74 ± 0.26bC
青皮侧径/cm ± 标准差	5.15 ± 0.15aAB	5.43 ± 0.18cC	5.34 ± 0.19bcC	5.08 ± 3.00aA	5.29 ± 0.26bBC
平均三径/cm ± 标准差	4.95 ± 0.20aAB	5.24 ± 0.18cD	5.09 ± 0.17bBC	4.88 ± 0.28aA	5.12 ± 0.25bCD
青皮厚/cm ± 标准差	7.82 ± 0.25abAB	8.32 ± 0.59bcB	8.30 ± 0.86bcB	7.49 ± 1.61aA	8.48 ± 0.76bB
鲜果重/g ± 标准差	18.05 ± 2.57aA	22.20 ± 2.42cC	21.23 ± 1.74bcBC	19.95 ± 2.22bB	20.68 ± 3.74bBC
坚果纵径/cm ± 标准差	3.80 ± 0.25aA	4.10 ± 0.15bB	3.90 ± 0.13aA	3.83 ± 0.19aA	4.05 ± 0.25bB
坚果横径/cm ± 标准差	3.24 ± 0.16aA	3.41 ± 0.14bB	3.38 ± 0.11bB	3.39 ± 0.19bB	3.38 ± 0.11bB
坚果侧径/cm ± 标准差	3.62 ± 0.16aA	3.86 ± 0.18cC	3.85 ± 0.14cBC	3.71 ± 0.17abA	3.73 ± 0.20bAB
平均三径/cm ± 标准差	3.55 ± 0.17aA	3.79 ± 0.13cC	3.71 ± 0.10bBC	3.64 ± 0.14bAB	3.71 ± 0.17bBC
坚果单重/g ± 标准差	12.96 ± 1.85aA	15.24 ± 2.09cB	15.03 ± 1.10cB	13.94 ± 1.64bAB	14.42 ± 2.21bcB

根据《核桃丰产与坚果品质》标准,对杂交果实核壳面特征进行测定。由表 4 可知,不同核桃杂交果实核壳表面有浅刻纹,果顶均为尖,果肩有溜、平、

圆,果底均为平,缝合线有平、隆起,大小形状较均匀,其中  $M1 \times SQLQ$  坚果最均匀,坚果形状有阔梯形、扁圆形、圆形。

表4 不同杂交组合杂交果实核壳表面特征比较

Tab. 4 Comparison of characteristics of core-shell surfaces in hybrids of different hybrid combinations

表面特征	杂交组合				
	M1 × KLZ	M1 × BKZ	M1 × SQLG	M1 × YHT	M1 (CK)
核壳表面特征	刻纹	刻纹	刻纹	刻纹	刻纹
果顶形状	尖	尖	尖	尖	尖
果肩形状	溜	平	平/圆	圆	溜/平
果底形状	平	平	平	平	平
缝合线特征	平/隆起	平	隆起	隆起	隆起
坚果均匀度	较均匀	较均匀	均匀	较均匀	较均匀
坚果形状	阔梯形	阔梯形	扁圆形	扁圆形	圆形

### 2.3 不同核桃杂交果实表型性状变异系数比较分析

变异系数的大小表明核桃性状的遗传力大小,变异系数越大,表明遗传多样性越丰富。相反,则表明核桃的性状遗传比较稳定。由表5可知,不同核桃杂交果实表型形状指标差异较小,变异范围较小,变异系数为2.58%~21.54%。其中M1 × YHT青皮厚变异系数最大,为21.54%,超过15%的临界值,表明该杂交果实的青皮厚度遗传多样性较丰富;其余各指标变异系数均小于15%,表明各杂交果实表型性状遗传较稳定。

表5 不同杂交组合杂交果实表型性状变异系数

Tab. 5 Variation coefficients of phenotypic traits in different hybrid combinations

表型性状	杂交组合			
	M1 × KLZ (%)	M1 × BKZ (%)	M1 × SQLG (%)	M1 × YHT (%)
青皮果重(g)	13.07	8.08	10.20	13.67
青皮纵径(cm)	5.34	4.21	5.30	5.41
青皮横径(cm)	4.79	3.87	4.70	7.09
青皮侧径(cm)	3.00	3.40	3.55	5.90
平均三径(cm)	4.08	3.50	3.26	5.65
青皮厚(cm)	3.18	7.11	10.36	21.54
鲜果重(g)	14.23	10.90	8.19	11.12
坚果纵径(cm)	6.67	3.57	3.43	5.04
坚果横径(cm)	4.90	4.23	3.27	5.48
坚果侧径(cm)	4.30	4.79	3.62	4.62
平均三径(cm)	4.67	3.35	2.58	3.93
坚果单重(g)	14.29	13.72	7.29	11.79

## 3 结论与讨论

核桃杂交坐果率受环境、气候、温度、授粉时间、大小年等因素影响较大。通过本试验可知,早实核桃授粉后,早期坐果率较高,M1 × KLZ杂交组合坐果率最高,但结实率仅为坐果率一半,后期由于高温高湿天气持续时间较长,生理落果现象严重,平均结实率仅为51.03%,杂交结实水平中等。徐颖<sup>[15]</sup>等

以香玲、丰辉为母本,野核桃为父本,坐果率为58.93%、52.38%,结实率为19.60%、4.80%。而本试验结果表明,M1 × YHT坐果率为66.71%,结实率为44.06%。通过对杂交果实的测定分析,本试验表明,核桃杂交后果实青皮果重、青皮3径、青皮厚在、鲜果重、坚果3径、坚果重等指标差异极显著。M1 × BKZ在青皮果重、青皮果3径、坚果重、坚果3径等方面均为最大,且高于M1(CK)。植物表型性状的差异,表明遗传基因的变异,表型性状多样性的多样性对于杂交育种具有重要意义。李加纳<sup>[13]</sup>等将变异系数的临界值定为15%。变异系数小于15%,表明植物学性状相对稳定。反之,则呈现遗传多样性,并将此作为果实表型形状变异程度的界限<sup>[14,16]</sup>。本研究中,4个杂交组合的杂交果实青皮果3径均值、坚果3径均值变异系数在6%以下,表明遗传性状较稳定,这与赵福洞<sup>[16]</sup>等的研究结果一致。但赵福洞是以遗传方差、环境方差、表型方差、遗传力等性状来判断杂交后代果实外观性状的遗传变异情况,可借鉴此方法进行深入研究;与蔡利娟<sup>[14]</sup>相比,其干果重、仁重、壳厚、出果率等指标变异系数均超过临界值,遗传多样性较丰富,坚果3径低于临界值,表明遗传较稳定。由于本试验母本、父本的数量有限,且只对坚果表型性状指标进行分析测定,下一步将以目前四川推广面积较大的早实核桃、穗状核桃等为杂交亲本,开展杂交育种试验,进一步研究杂交亲本、杂交果实的遗传关系,测定坚果内在综合品质。

### 参考文献:

- [1] 龙兴桂. 现代中国果树栽培. 落叶果树卷[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [2] 方文亮,杨振帮. 核桃杂交育种研究报告[J]. 经济林研究,1987(增刊):228~233.

(下转第84页)

对较高。

(3)研究采用的是 30 m × 30 m 分辨率 DEM 数据提取地形起伏度及基本地貌形态类型划分,DEM 分辨率变化是否对地形起伏度提取及基本地貌形态类型划分精度是否有影响,以及不同研究尺度(国家、省、市及县级)下 DEM 最佳分辨率的确定,有待今后的进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 李炳元,潘保田,韩嘉福. 中国陆地基本地貌类型及其划分指标探讨[J]. 第四纪研究, 2008, 28(4): 535 ~ 543.
- [2] 周成虎,程维明,钱金凯,等. 中国陆地 1:100 万数字地貌分类体系研究[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(6): 707 ~ 724.
- [3] 徐珍,赵焕,黎武. 基于 DEM 的江西省弋阳县地貌形态研究[J]. 四川林勘设计, 2016, (2): 31 ~ 35.
- [4] 陈学兄,常庆瑞,郭碧云,等. 基于 SRTM DEM 数据的中国地形起伏度分析研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2013, 21(4): 670 ~ 678.
- [5] 蒋好忱,杨勤科. 基于 DEM 的地形起伏度算法的比较研究[J]. 水土保持通报, 2014, 34(6): 162 ~ 166.
- [6] 刘斌涛,宋春风,陶和平. 成都市土壤侵蚀定量评价研究[J]. 长江科学院院报, 2016, 33(9): 40 ~ 47.
- [7] 陈学兄,毕如田,刘正春,等. 基于 ASTER GDEM 数据的山西地形起伏度分析研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(6): 417 ~ 421.
- [8] 杨晓,黎武,冉红,等. 基于 DEM 数据的祁县地形起伏度分析[J]. 南方农业, 2016, 10(22): 28 ~ 31.
- [9] 陈学兄,张小军,常庆瑞. 陕西省地形起伏度最佳计算单元研究[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 265 ~ 270, 370.
- [10] 陈学兄. 基于遥感与 GIS 的中国水土流失定量评价[D]. 陕西. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [10] 陈善波,王丽,王莎,等. 四川穗状核桃资源调查与果实品质评价研究[J]. 四川林业科技, 2017, 38(2): 1 ~ 7.
- [11] 陈善波,王莎,金银春,等. 四川穗状核桃优良单株坚果综合性状评价研究[J]. 四川林业科技, 2018, 39(1): 32 ~ 36.
- [12] LYT 1329 - 1999. 核桃丰产与坚果品质[S]. 北京: 国家林业局, 1999.
- [13] 李加纳,唐章林,堪利. 数量遗传学概论[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1995.
- [14] 蔡利娟. 不同核桃类群综合性状的比较研究[D]. 四川农业大学, 2014.
- [15] 徐颖,张美勇,高丽,等. 核桃种间杂交研究初报[J]. 落叶果树, 2007, 39(1): 6 ~ 7.
- [16] 赵福洞,赵爽,赵建建,等. ‘绿岭’核桃杂交后代果实性状遗传特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2015, 38(1): 53 ~ 59.

(上接第 46 页)

- [3] 韩华柏,何方. 我国核桃育种的回顾和展望[J]. 经济林研究, 2004, 22(3): 45 ~ 50.
- [4] 陈善波,金银春,熊量,等. 美国加州核桃产业化发展与借鉴[J]. 四川林业科技, 2017, 38(5): 109 ~ 114.
- [5] 蒲光兰,肖千文,周兰英. 早实核桃新品种‘川早 1 号’[J]. 园艺学报, 2011, 38(10): 2025 ~ 2026.
- [6] 肖千文,周兰英,胡庭兴,等. 早实核桃新品种‘川早 2 号’[J]. 园艺学报, 2012, 39(11): 2317 ~ 2318.
- [7] 肖千文,蒲光兰,周兰英,等. 早实抗寒核桃新品种‘川早 3 号’[J]. 园艺学报, 2012, 39(12): 2529 ~ 2530.
- [8] 肖千文,肖前刚,周兰英,等. 早熟薄皮核桃新品种‘双早’[J]. 园艺学报, 2013, 40(1): 179 ~ 180.
- [9] 陈善波,黄洋,宋乾丽,等. 不同修剪方法对核桃幼树生长量的影响[J]. 四川林业科技, 2016, 37(3): 88 ~ 91.