

doi:10.11937/bfyy.20171985

核桃杂交后代叶片与果实性状的相关性

赵爽¹, 刘洋¹, 李寒¹, 李保国^{1,2}, 齐国辉^{1,2}, 张雪梅^{1,2}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省核桃工程技术研究中心, 河北 临城 054300)

摘要:以 5 个核桃杂交组合的 374 个后代为试材, 调查与测定了叶片和果实的 10 个性状, 并分析了它们之间的相关性, 以期核桃育种和早期选种提供参考依据。结果表明: 坚果横径、纵径和壳厚与单果质量在表型相关和遗传相关中均达显著水平; 叶片各性状和单果质量的相关性不显著; 通径分析的结果表明, 坚果纵径、横径、壳厚和比叶重对单果质量的通径系数分别为 0.160 4、0.626 3、0.290 8、-0.163 9, 这 4 个因素对坚果单果质量的贡献达极显著效应, 是影响核桃单果质量的主要因素。

关键词:核桃; 杂交后代; 叶片; 果实; 性状; 相关性

中图分类号:S 664.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0039-05

核桃(*Juglans regia* L.)又名胡桃, 是世界著名的四大干果之一, 也是适应性极强的木本油料树种^[1]。我国是世界核桃生产大国, 多年来核桃收获面积和产量均居世界第一。但我国核桃品种化栽培起步较晚, 选育高产、优质、适应性强的品种依然是我国核桃产业发展面临的迫切问题。

对核桃不同性状进行相关性研究, 可为核桃的育种和早期选种提供一定参考依据。近年来研究者分别从果实^[2-4]、硬壳^[5]、营养^[6-8]等方面对核桃的不同性状进行了相关性研究, 结果表明, 生长、果实和品质性状等部分性状之间存在着一定的相关关系。但对核桃杂交后代的性状间进行相关性的研究尚鲜见报道。核桃的杂交选种要综合考虑各性状间的作用, 筛选出集优良性状于一身的优良品种。该研究对核桃杂交后代的叶片与果

实性状间的相关性进行了分析, 旨在为核桃品种的早期选择提供参考依据, 从而加快核桃育种进程。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在河北绿岭果业有限公司育种圃进行, 位于太行山南段东麓丘陵区, 海拔 80~135 m, 土壤为褐土, 土层厚度多在 40~100 cm。土壤 pH 7.7~7.9, 有机质含量 4.0 g·kg⁻¹。年均日照 2 653 h, 年平均气温 13℃, 极端最高气温 41.8℃, 极端最低气温 -23℃, 无霜期 202 d, 年均降水量 521 mm。

1.2 试验材料

供试材料为河北绿岭果业有限公司育种圃 11 年生的杂交后代实生树, 杂交组合分别为“绿早×绿岭”(111 株)、“绿岭×绿早”(82 株)、“辽宁 1 号×绿岭”(76 株)、“绿岭×辽宁 1 号”(105 株)。于 2005 年春季杂交, 2006 年播种至育种圃, 株行距为 3 m×5 m。试验材料在自然田间条件下统一肥水管理, 不进行其它处理。2014—2016 年连续观测各指标, 取 3 年数据的平均值作为各性状值。

第一作者简介:赵爽(1990-), 女, 博士研究生, 研究方向为经济林栽培生理。E-mail: zhaoshuang0823@sina.com.

责任作者:齐国辉(1969-), 女, 博士, 教授, 现主要从事经济林栽培教学及科研工作。E-mail: bdqgh@sina.com.

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2013BAD14B03); 河北省科技支撑资助项目(16236810D); 河北省研究生创新资助项目。

收稿日期:2017-07-14

1.3 试验方法

1.3.1 叶片性状的测定

于7月中旬,选择树冠外围正常生长复叶的顶叶20片,其中东、西、南、北方向各5片。将采集好的叶子整理好后贴上标签带回实验室。

对采集的叶片称取鲜质量,采用LI-3000C叶面积仪测定每片叶的叶宽、叶长和叶面积。然后放入烘箱105℃杀青20min后,80℃烘干至恒重,称取叶片的干质量。其中,叶形指数=叶长/叶宽;比叶重($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)=总叶干质量/总叶面积。

1.3.2 果实性状的测定

于8月初至9月末对成熟的果实进行采集,对每个单株东、西、南、北方向随机摘取果实20个,采用游标卡尺测定其单果质量、纵径、横径、侧径。

1.4 数据分析

根据区靖祥^[9]、高之仁^[10]的方法进行表型相关和遗传相关的计算,参考杜家菊等^[11]、杜鹃^[12]

的方法进行通径分析,使用Excel 2013和SPSS 17.0等软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 杂交后代叶片与果实性状的相关性

2.1.1 表型相关

由表1可知,在核桃的果实性状中,单果质量与坚果纵径、坚果横径和坚果壳厚呈极显著正相关关系,相关系数分别为0.562、0.736和0.296,与叶片性状的相关性不显著;坚果横径与坚果纵径呈极显著正相关,与顶叶宽是显著性正相关,相关系数分别为0.667和0.179。在叶片性状中,顶叶长与顶叶宽、顶叶面积、叶形指数呈极显著正相关;顶叶宽和顶叶面积呈极显著正相关关系。其中,与核桃坚果单果质量表型正相关的相关系数由大到小依次为:坚果横径(0.736)>坚果纵径(0.562)>坚果壳厚(0.296)。

表1

核桃杂交后代各性状间的相关系数

Table 1 Correlation coefficient among the various characteristics of walnut hybrid progeny

	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
Y	1.000	0.562**	0.736**	-0.143	0.296**	0.005	0.130	-0.155	0.079	-0.092
X ₁	0.573**	1.000	0.667**	-0.112	-0.067	0.016	-0.039	-0.020	0.059	0.050
X ₂	0.628**	0.533**	1.000	-0.100	0.016	0.002	0.179*	0.017	0.133	-0.164
X ₃	-0.153	-0.212	-0.120	1.000	-0.039	0.105	0.103	0.073	0.104	-0.030
X ₄	0.345**	0.068	0.033	-0.028	1.000	0.042	-0.033	0.007	-0.050	0.046
X ₅	0.012	0.026	0.012	0.121	0.052	1.000	0.562**	-0.034	0.709**	0.281**
X ₆	0.132	-0.022	0.231*	0.134	-0.035	0.736**	1.000	0.007	0.761**	-0.363
X ₇	-0.095	-0.034	0.028	0.085	0.007	-0.035	0.007	1.000	-0.049	-0.014
X ₈	0.082	0.059	0.133	0.104	-0.050	0.712**	0.711**	-0.049	1.000	-0.198
X ₉	-0.097	0.053	-0.182	-0.030	0.046	0.232**	-0.322	-0.014	-0.200	1.000

注: X₁. 坚果纵径; X₂. 坚果横径; X₃. 坚果侧径; X₄. 坚果壳厚; X₅. 顶叶长; X₆. 顶叶宽; X₇. 比叶重; X₈. 顶叶面积; X₉. 叶形指数; Y. 果实单果质量。左下角表示遗传相关系数, 右上角为表型相关系数。* 为0.05水平差异显著, ** 为0.01水平差异显著。下同。

Note: X₁. Nut longitudinal diameter; X₂. Nut transverse diameter; X₃. Nut side diameter; X₄. Nut shell thickness; X₅. Leaf length; X₆. Leaf width; X₇. Specific leaf weight; X₈. Leaf area; X₉. Leaf index; Y. Weight of single fruit. The lower left corner refers genetic correlation coefficient, the top right corner refers phenotypic correlation coefficient. * means significant difference at 0.05 level, ** means significant difference at 0.01 level. The same below.

2.1.2 遗传相关

由表1可知,与核桃果实单果质量呈极显著正相关的遗传相关系数中:坚果横径(0.628)>坚果纵径(0.573)>坚果壳厚(0.345),与核桃果实单果质量呈负相关的遗传相关系数中:坚果侧径(-0.153)>叶形指数(-0.097)>比叶重(-0.095)。由此可知,核桃果实单果质量遗传与坚果纵径、横径、侧径,坚果壳厚和叶片性状等

均有一定的相关性,表明与其基因型有密切联系,且遗传相关趋势与表型相关趋势基本相同。

2.2 各性状对单果质量的通径分析

为进一步分析不同性状间的相互影响,并揭示其对单果质量的影响,对单果质量及9个相关性状进行通径分析,估算每个性状对单果质量的影响效应,明确各性状对核桃果实单果质量的贡献程度。

2.2.1 通径分析结果

核桃杂交后代各性状与单果质量的通径分析结果见表 2。可知,各性状对核桃果实单果质量直接贡献为正值并依次为:坚果横径(0.595 2)>坚果壳厚(0.294 1)>坚果纵径(0.185 4)>顶叶宽(0.130 1)>叶形指数(0.030 2)。各性状对核桃果实单果质量直接贡献为负值并依次为:比叶重>顶叶面积>顶叶长>坚果侧径。

各性状与单果质量相关系数和通径系数方向一致且为正值的为坚果横径、壳厚、纵径、顶叶宽,方向一致且为负值的为比叶重、坚果侧径。其中,叶形指数、顶叶面积、顶叶长与单果质量的相关系数和通径系数方向不一致。坚果壳厚与单果质量的通径系数大于坚果纵径与单果质量的通径系数,这与相关系数的排序不同。这是因为果实纵径是通过果实横径对单果质量产生的影响。

表 2 核桃杂交后代各性状与单果质量的通径系数

Table 2 Path coefficient of fruit weight and various characteristics of walnut hybrid progeny

性状 Traits	直接通径系数 Direct path coefficients	间接通径系数 Indirect path coefficients								
		$X_1 \rightarrow Y$	$X_2 \rightarrow Y$	$X_3 \rightarrow Y$	$X_4 \rightarrow Y$	$X_5 \rightarrow Y$	$X_6 \rightarrow Y$	$X_7 \rightarrow Y$	$X_8 \rightarrow Y$	$X_9 \rightarrow Y$
X_1	0.185 4		0.396 9	0.004 8	0.087 1	-0.000 8	-0.005 1	0.003 4	-0.003 4	0.001 5
X_2	0.595 2	0.123 7		0.004 3	0.004 6	-0.000 8	0.023 3	-0.002 8	-0.007 7	-0.004 9
X_3	-0.043 1	-0.020 8	-0.059 5		-0.011 6	-0.005 4	0.013 4	-0.012 1	-0.006 0	-0.000 9
X_4	0.294 2	-0.012 4	0.009 5	0.001 7		-0.002 2	-0.004 3	-0.001 1	0.002 9	0.001 4
X_5	-0.052 0	0.002 9	0.001 2	-0.004 5	0.012 3		0.073 1	0.005 6	-0.040 8	0.008 4
X_6	0.130 1	-0.007 3	0.106 5	-0.004 4	-0.009 6	-0.029 2		-0.001 1	-0.043 8	-0.010 9
X_7	-0.164 8	-0.003 8	0.010 1	-0.003 2	0.002 0	0.001 8	0.000 9		0.002 8	-0.000 4
X_8	-0.057 6	0.010 9	0.079 4	-0.004 5	-0.014 7	-0.036 8	0.099 0	0.008 1		-0.005 9
X_9	0.030 2	0.009 2	-0.097 6	0.001 3	0.013 4	-0.014 6	-0.047 2	0.002 3	0.011 4	

2.2.2 通径系数显著性检测及不显著通径系数剔除

经通径分析显著性测验,仅坚果横径、壳厚、纵径和比叶重 4 个性状的通径系数极显著,即这 4 个性状是影响坚果单果质量的主要性状,剔除不显著性状后,各性状与核桃坚果单果质量的通径分析结果见表 3,可知,对核桃果实单果质量直

接贡献为正值的有:坚果横径(0.626 3)>壳厚(0.290 8)>坚果纵径(0.160 4),对核桃果实单果质量直接贡献为负值的是比叶重(-0.163 9),这与相关系数的方向一致。在间接通径系数中,坚果横径通过坚果纵径对单果质量的影响最大,间接通径系数为 0.107 0,其它性状的间接通径系数均较低。

表 3 剔除不显著通径系数后各性状与核桃坚果单果质量的通径系数

Table 3 Path analysis of walnut nut weight with no significant path coefficient

性状 Traits	直接通径系数 Direct path coefficients	间接通径系数 Indirect path coefficients			
		$X_2 \rightarrow Y$	$X_4 \rightarrow Y$	$X_7 \rightarrow Y$	$X_1 \rightarrow Y$
X_2	0.626 3		0.004 5	-0.002 7	0.107 0
X_4	0.290 8	0.009 8		-0.001 1	-0.010 7
X_7	-0.163 9	0.010 5	0.002 0		-0.003 3
X_1	0.160 4	0.417 7	-0.019 5	0.003 4	

2.2.3 各性状对果实单果质量回归分析

以坚果纵径(X_1)、横径(X_2)、侧径(X_3)、壳厚(X_4)、顶叶长(X_5)、顶叶宽(X_6)、比叶重(X_7)、顶叶面积(X_8)、叶形指数(X_9)为自变量,果实单果质量(Y)为因变量,经多元逐步回归,舍去所有回归系数不显著变量,得最佳回归方程: $Y = -8.894 + 1.019X_1 + 5.418X_2 + 1.18X_4 - 0.029X_7$,通过回

归方程可知,当该试验中其它因素维持在平均水平时,坚果纵径、横径和壳厚增加 1 个标准单位时,果实单果质量增加 1.019、5.418、1.180 个标准单位,比叶重增加 1 个标准单位,果实单果质量降低 0.029 个标准单位。说明坚果纵径、横径、壳厚和比叶重 4 个性状是影响果实单果质量的主要因素。

3 结论与讨论

生物体内存在许多一因多效和基因连锁的现象,使生物体各性状间存在不同程度的相关性^[13]。育种时利用相关性,使用遗传相关和表型相关分析进行选择,可以加快选育速度,提高选育效果,性状间遗传相关越密切间接选育效果越好^[14]。该研究中,坚果横径、纵径和壳厚与单果质量在表型相关和遗传相关中均达显著水平,这与常君等^[15]对美国山核桃的研究结果一致。但在坚果侧径与单果质量的相关性方面,时燕等^[16]的研究结果表明,核桃的坚果侧径与单果质量的相关性达显著水平,这与该研究的结果不一致,该研究通过进一步的通径分析,结果表明坚果侧径是通过坚果纵径对单果质量产生的影响,导致研究结果不同。该研究中,各叶片性状和单果质量的相关性并不显著,而王金星等^[17]以36个西藏核桃实生单株为试材进行研究发现,叶宽、叶面积和叶形指数与单果质量呈显著相关的关系。这可能是由于试材的不同所导致,该试验采用的是早实核桃杂交后代群体作为试材。

对相关性分析的结果进行通径分析,结果表明,坚果纵径、横径、壳厚和比叶重对坚果单果质量贡献达极显著效应,表明这4个因素是影响单果质量的主要因素。在选种时应考虑选择坚果纵径、横径和壳厚较大,比叶重较小的品种,根据回归方程利用以上4个因素,预测单果质量,进行高产核桃的选育,提高选育效率。由该研究可知,核桃各性状间关系复杂,在核桃坚果育种时应充分考虑核桃的综合性状,降低负效应,提高正效应^[18]。直接选择与间接选择相结合,提高单果质量核桃品种选择准确性和效率。

参考文献

- [1] 高岳芳,张丽,韩颖,等.核桃属植物叶的化学成分及生物活性研究进展[J].西北林学院学报,2010,25(4):165-169.
- [2] 陈梦华,史薪钰,刘洋,等.麻核桃果实性状的变异及相关分析[J].北方园艺,2016(2):6-11.
- [3] 薄颖生,彭少兵,翟梅枝,等.核桃青果与坚果外观性状相关性研究[J].北方园艺,2014(8):13-17.
- [4] 郭传友,陈楚.山核桃果实品质与土壤性质的相关性分析[J].安徽农学通报,2008(21):122-123,188.
- [5] 文菁,赵书岗,王红霞,等.核桃硬壳发育期果皮木质素与相关酶活性的变化[J].园艺学报,2015(11):2144-2152.
- [6] 何苗,陈虹,潘存德,等.新温185号核桃叶片和果实矿质元素浓度时节变化及其相关性[J].新疆农业科学,2015,52(8):1399-1406.
- [7] 武静.早实核桃坚果品质与叶片营养相关性浅析[J].中南林业科技大学学报,2013,33(8):24-27.
- [8] 贾晓东,罗会婷,翟敏,等.薄壳山核桃营养物质变化及相关性研究[J].果树学报,2016(9):1120-1130.
- [9] 区靖祥.试验统计学[M].广州:广东高等教育出版社,2010.
- [10] 高之仁.数量遗传学[M].成都:四川大学出版社,1986.
- [11] 杜家菊,陈志伟.使用SPSS线性回归实现通径分析的方法[J].生物学通报,2010(2):4-6.
- [12] 杜鹃.通径分析在Excel和SPSS中的实现[J].陕西气象,2012(1):15-18.
- [13] BRASHLYANOVA B, ZSIVANOVITS G, GANEVA D. Texture quality of tomatoes as affected by different storage temperatures and growth habit[J]. Emirates Journal of Food and Agriculture, 2014, 26(9):750-756.
- [14] 王东雪,曾雯璐,江泽鹏.岑溪软枝油茶果实性状的遗传变异与相关性[J].西北林学院学报,2014,29(6):85-89.
- [15] 常君,杨水平,姚小华.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.
- [16] 时燕,王雪,赵登超,等.鸡爪绵核桃坚果质量与坚果三径变异及相关性研究[J].山东林业科技,2009(5):10-13.
- [17] 王金星,潘刚,王滑,等.西藏核桃叶片和坚果表型多样性及其相关关系研究[J].林业科学研究,2012(2):236-240.
- [18] 李景富,何艳龙,尚娜,等.番茄果实硬度与多个性状间相关分析及通径分析[J].东北农业大学学报,2016,47(5):1-8.

Correlation Between Leaf and Fruit Characteristics in Hybrid Progenies of Walnut

ZHAO Shuang¹, LIU Yang¹, LI Han¹, LI Baoguo^{1,2}, QI Guohui^{1,2}, ZHANG Xuemei^{1,2}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 2. Research Center for Walnut Engineering and Technology of Hebei, Lincheng, Hebei 054300)

doi:10.11937/bfyy.20172194

“空心李”的授粉生物学特征

张 义¹, 张 慧¹, 汪凤威², 胡 焕¹, 程 磊¹

(1. 长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025; 2. 建始绮丽果业有限责任公司, 湖北 建始 445300)

摘 要:以“空心李”及其授粉品种为试材,研究了“空心李”及其授粉品种的开花物候期、花粉量、花粉生活力、“空心李”柱头的可授性以及“空心李”自花和异花授粉亲和性,以期“空心李”的丰产栽培技术提供参考依据。结果表明:“黄香檳”和“红宝石”与“空心李”花期一致;各品种每个花药花粉量变化范围为 300~733 粒,从高到低依次为“紫叶李”“红心李”“黄香檳”“空心李”和“红宝石”,其花粉萌发率依次为 21.9%、47.2%、17.4%、13.5%、24.6%;“红宝石”“黄香檳”“紫叶李”和“红心李”经“空心李”授粉的坐果率依次为 16.18%、10.34%、7.41%和 7.27%，“空心李”自交授粉坐果率为 12.59%，“空心李”自然授粉坐果率为 6.00%；“空心李”柱头从大蕾期到开花后第 5 天均有授粉活性,但以大蕾期、开花当天、开花后第一天的可授性最强。综合来看,“空心李”的花粉生活力较低而花粉量中等;柱头在大蕾期至开花前 5 d 具有可授性;“空心李”自交亲和性好;“红宝石”尽管花粉量不是很大,但花粉生活力较高,与“空心李”开花期一致,且与其授粉亲和性较好,可以作为“空心李”的授粉品种。

关键词:“空心李”;花粉量;花粉生活力;柱头可授性;授粉亲和性

中图分类号:S 662.305⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)24-0043-05

中国是世界李生产大国,种植面积和产量连续数年居世界首位并占世界的 50%以上,同时中国也是李的原产国^[1]。但是,我国李生产中存在

春季低温冻害、低温阴雨造成的授粉受精不良和冷害、雹灾、成熟期裂果等^[2-3],以及自花结实率低^[4]的问题。这些因素造成了李子花多果少、产量不稳定,极大地影响着果农的种植积极性。“空心李”因果肉与核分离而得名,主要分布于贵州省、鄂西南和重庆市东部。各地的品种名虽相同,但特性不完全一致,是地方性特色水果。湖北省

第一作者简介:张义(1964-),男,硕士,副教授,现主要从事核果类果树的生理与栽培等研究工作。E-mail: zhyi-mail@163.com.

收稿日期:2017-07-14

Abstract: 374 hybrids from 5 hybrid combinations were used as test materials, 10 leaf and fruit traits were investigated and measured, and the correlation among them were analyzed to provide theoretical basis for walnut breeding and early selection. The results showed that the phenotypic correlation and genetic correlation between nut weight and nut transverse diameter, nut longitudinal diameter, nut shell thickness were all significant; the correlation between leaf traits and nut weight was not significant. The results of path analysis showed that the path coefficient of nut transverse diameter, nut longitudinal diameter, nut shell thickness and specific leaf weight to nut weight was 0.160 4, 0.626 3, 0.290 8 and -0.163 9 respectively. These four factors contributed significantly to the nut weight and were the main factors affecting the nut weight of walnut.

Keywords: walnut; hybrids; leaf; fruit; traits; correlation