

板栗杂交后代坚果表型性状的遗传变异

刘国彬¹, 兰彦平¹, 姚研武¹, 兰卫宗¹, 王金宝², 刘建玲²

(1. 北京市农林科学院 农业综合发展研究所, 北京 100097; 2. 北京市怀柔板栗试验站, 北京 102206)

摘要: 通过对板栗杂交后代株产、单粒重等形态特征及坚果总糖、淀粉、蛋白质含量等主要营养成分的测定, 研究了板栗杂交后代坚果表型性状的遗传变异。结果表明, 所有杂交后代性状差异显著, 坚果高度、宽度与淀粉含量、水分含量、蛋白质含量等性状无论在总体水平还是各杂交组合内部均小于 10%, 是相对稳定的植物学性状, 坚果厚度与脂肪含量变异系数也低于 15%, 也比较稳定; 而株产、平均单粒重及总糖含量、粗纤维含量等性状在总体水平上高于 15%, 总糖含量变异系数甚至在 50% 以上, 遗传多样性丰富。在其中选择特异性状单株具有很大潜力; 分析还发现, 母本(雄性不育板栗种质) 相同, 父本不同, 杂交后代单株产量变异系数近似, 而平均单粒重变异系数差异较大; 父本(河北短丰) 相同, 母本不同, 杂交后代株产与平均单粒重变异状况则相反, 推测其与母本生物学特性及父本花粉直感效应有关; 根据表型性状变异分析结果, 本研究筛选出 3 个分别具有丰产、高糖、大果性状的单株。

关键词: 板栗; 杂交后代; 表型性状; 坚果; 遗传变异

中图分类号: S664.03 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)05-0117-05

Genetic Variation of Nut Morphological Traits in Crossed Chestnut Progenies

LIU Guo-bin¹, LAN Yan-ping¹, YAO Yan-wu¹, LAN Wei-zong¹, WANG Jin-bao², LIU Jian-ling²

(1. Institute of Agricultural Integrated Development, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Beijing Huairou Chestnut Experiment Station, Beijing 102206, China)

Abstract: Morphological traits and main nutritional components, such as yield, average nut weight, content of total sugar, starch, protein, were examined. Genetic variation of nut morphological traits was studied. The results showed that there were significant differences among crossed chestnut progenies. Some botanical characteristics, including nut height, nut width and starch content, water content, protein content, were relatively stable with variation coefficient (CV) of lower than 10%, nut thickness and fat content were also stable with CV of lower than 15% in all crossed chestnut progenies. The other botanical characteristics, such as yield, average nut weight and total sugar content, fiber content, had great genetic variation with CV of more than 15%. The range of yield varied from 84.40 – 2006.40 g with CV 82.95%, average nut weight varied from 2.99 – 13.30 g with CV 23.79% in all progenies. The content of total sugar in overall level had very great diversity with CV 52.04%. The study also discovered that variation degree of yield was similar and average nut weight was different in crossed chestnut progenies with same female parent, and opposite result appeared in crossed progenies with same male parent. The differences maybe correlated with biological characteristics of female parent and xenia effect. Finally 3 individuals with high yield, high total sugar content and big nut with conical burs, respectively, were screened according to the results.

Key words: Chestnut; Progeny; Morphological traits; Nut; Genetic variation

板栗 (*Castanea mollissima* Blume) 属于壳斗科 (Fagaceae) 栗属 (*Castanea* Miller) 植物, 为广分布树种, 是我国栗属特有种之一。我国板栗资源丰富, 既有大量的野生资源, 又有大面积栽培的农家品种。

板栗具有典型的异花授粉特征, 杂交后代遗传变异丰富, 是板栗新品种选育的重要来源, 也是板栗杂交育种的重要材料。板栗坚果香甜可口, 营养丰富, 风味独特, 是栗属中食用价值最高的一种, 具有较大的

收稿日期: 2011-03-09

基金项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项 (KJ CX201101011); 北京市农村经济研究中心项目 (PXM2010-146202-107320)

作者简介: 刘国彬 (1984-), 男, 河南安阳人, 研究实习员, 硕士, 主要从事果树遗传育种研究。

通讯作者: 兰彦平 (1971-), 女, 山西岚县人, 副研究员, 博士, 主要从事果树遗传育种研究。

经济价值,是我国也是世界上重要的干果资源,素有铁杆庄稼之称,是重要的木本粮食树种。近年来板栗的研究主要集中于分子系统学^[1]、遗传多样性^[2-3]、新品种选育^[4-6]、栽培技术等方面,对板栗表型性状变异及其多样性的研究却很少^[7]。表型多样性是遗传多样性与环境多样性的综合体现,是植物在其分布区内各种环境下的遗传变异,是生物多样性与生物系统学的重要研究内容^[8]。研究板栗遗传多样性与表型变异,有利于板栗种质资源收集、评价与核心种质库构建,更有利于板栗新品种选育。

本研究中作者利用 3 个杂交组合共 39 个杂交后代单株从表型水平对杂交后代坚果表型性状的遗传变异进行研究,以期揭示杂交后代坚果表型性状变异程度,丰富板栗遗传多样性研究内容;并根据表型性状分析结果筛选特异板栗单株,以提高板栗杂交育种效率。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料取自北京市密云县北京市农林科学院农业综合发展研究所板栗资源圃,均为连续 3 年正常结实的板栗杂交后代。资源圃实行常规化管理,

株行距为 2 m×3 m,杂交组合分别为雄性不育板栗种质(具有雄花败育特征,简称育种质)×河北短丰(15 株)、不育种质×沂蒙短枝(10 株)、沂蒙短枝×河北短丰(14 株)。

1.2 试验方法

1.2.1 表型性状形态学测定 9 月下旬采集杂交后代成熟坚果,单株全部采收。采收后即刻用游标卡尺和电子天平测量主要表型性状,坚果单粒重、高、宽、厚等指标的测定方法按照《中国果树志·板栗榛子卷》^[9]与《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 板栗》^[10]中规定的方法进行。坚果单粒重、株产等指标连续测量 2 年(2009、2010 年),坚果单粒重、高、宽、厚等指标每株测量至少 30 个坚果。

1.2.2 坚果主要营养成分测定 待测量完坚果表型指标后,随即测定坚果中主要营养成分总糖、水分、蛋白质、脂肪、淀粉及粗纤维含量等,未能及时测量的于 4℃ 冰箱冷藏。主要营养成分根据如下方法测定:蛋白质,GB 5009.5-2010;脂肪,GB/T 5009.6-2003;水分,GB 5009.3-2010;粗纤维,GB/T 5009.10-2003;淀粉,GB/T 5009.9-2008;糖,GB/T 22221-2008。

对于株产较低,无法完成营养成分测定的单株,本研究中不予进行坚果营养成分分析。

表 1 板栗杂交后代坚果性状变异

Tab. 1 Variations in nut traits in hybrids of *Castanea mollissima*

杂交组合 Crossing combinations	性状 Traits	平均值 Average	变异幅度 Variation range	变异系数 / % CV
总体水平 Overall level	高 / mm	24.29 ± 1.78 **	17.31 ~ 30.18	7.34
	宽 / mm	26.38 ± 2.26 **	19.18 ~ 33.41	8.55
	厚 / mm	18.17 ± 2.49 **	10.10 ~ 27.54	13.68
	单粒重 / g	7.06 ± 1.68 **	2.99 ~ 13.30	23.79
	株产 / g	512.20 ± 424.80 **	84.40 ~ 2 006.40	82.95
不育种质 × 河北短丰 Buyuzhongzhi × Hebeiduanfeng	高 / mm	23.94 ± 1.54 **	17.31 ~ 28.29	6.43
	宽 / mm	25.94 ± 2.01 **	19.56 ~ 32.93	7.74
	厚 / mm	17.73 ± 2.64 **	10.10 ~ 27.54	14.86
	单粒重 / g	6.75 ± 1.60 **	3.03 ~ 13.30	23.67
	株产 / g	577.76 ± 399.40 **	346.20 ~ 1 493.90	69.13
不育种质 × 沂蒙短枝 Buyuzhongzhi × Yimengduanzhi	高 / mm	24.31 ± 1.30 **	19.94 ~ 26.79	5.35
	宽 / mm	25.56 ± 1.70 **	20.37 ~ 29.14	6.64
	厚 / mm	17.74 ± 2.03 **	14.55 ~ 24.33	11.47
	单粒重 / g	6.54 ± 1.12 **	4.38 ~ 9.50	17.07
	株产 / g	510.60 ± 350.90 **	84.40 ~ 942.10	68.73
沂蒙短枝 × 河北短丰 Yimengduanzhi × Hebeiduanfeng	高 / mm	24.54 ± 2.01 **	17.50 ~ 30.18	8.20
	宽 / mm	26.92 ± 2.42 **	19.18 ~ 33.41	9.00
	厚 / mm	18.62 ± 2.40 **	12.93 ~ 26.54	12.90
	单粒重 / g	7.43 ± 1.78 **	2.99 ~ 12.40	23.90
	株产 / g	465.80 ± 480.00 **	89.77 ~ 2 006.40	103.04

注: ** 表示 1% 水平上差异显著。

Note: ** means significant differences at 1% level.

2 结果与分析

2.1 坚果表型性状变异分析

对不育种质×河北短丰、不育种质×沂蒙短枝、沂蒙短枝×河北短丰 3 个杂交组合的 39 株杂交后代上采集的板栗坚果形态进行测定,从总体水平和各组合水平进行分析,具体结果见表 1。板栗杂交后代在坚果高、宽、厚、单粒重及株产上差异显著,其中无论在总体水平还是各个组合内均以株产变异范围最广,变异系数最大,表型变异较大,其次为单粒重。总体水平上株产和单粒重变异幅度分别为 84.40~2 006.40 g 和 2.99~13.30 g,变异系数分别达 82.95%和 23.79%;板栗坚果高、宽 2 个指标变异幅度和变异系数相对较小,分别为 17.31~30.18 mm 和 19.18~33.41 mm,变异系数分别为 7.54%和 8.55%,性状变化较为稳定,坚果厚度次之(13.68%)。

各个组合内各项表型指标变异程度同总体水平类似,不育种质×河北短丰、不育种质×沂蒙短枝、沂蒙短枝×河北短丰 3 个杂交组合的株产和单粒重变异范围和变异程度最大,其中沂蒙短枝×河北短丰株产变异范围最广(89.77~2 006.40 g),变异系数达 103.04%,遗传变异程度大,其他两个杂交组

合的株产变异系数也达到了 68.73%和 69.13%,也具有丰富的多样性。单粒重变异幅度次之,并以不育种质×河北短丰和沂蒙短枝×河北短丰变异较大,变异系数分别为 23.97%和 23.90%,不育种质×沂蒙短枝也超过 15%。同样,各个组合中杂交后代也以坚果高、宽两项指标变异系数最小,植物学性状最稳定。

分析还发现,母本(不育种质)相同,父本不同,杂交后代单株产量变异系数近似,而单粒重变异系数差异较大;父本(河北短丰)相同,母本不同,结果正好相反,推测母本生物学特性及父本花粉直感效应是导致上述差异的原因。

2.2 坚果主要营养成分分析

对不育种质×河北短丰与沂蒙短枝×河北短丰 2 个杂交组合 29 个杂交后代坚果主要营养成分总糖、淀粉、蛋白质、脂肪、粗纤维、水分含量的测定结果(表 2)表明,坚果各主要营养成分存在不同程度变异,总糖含量变异在总体水平上最大,最小值仅 1.06%,最大值达 8.10%,变异系数 52.04%,具有丰富的多样性和较大的可选择性;其次为粗纤维,变异系数 16.07%,其他四项指标淀粉、蛋白质、水分及脂肪变异幅度小,变异系数均低于 15%,并以淀粉和水分变异程度最低,说明其性状最稳定。

表 2 板栗杂交后代营养成分变异

Tab.2 Variations in components traits in hybrids of *Castanea mollissima*

杂交组合 Crossing combinations	性状 Trait	平均值 Average	变异幅度 Variation range	变异系数/% CV
总体水平 Overall level	总糖/%	4.78±2.49	1.06~8.10	52.04
	淀粉/%	39.35±1.48	36.40~42.50	3.76
	蛋白质/%	4.53±0.38	3.97~5.34	8.50
	水分/%	52.11±1.97	48.60~55.70	3.77
	粗纤维/%	1.71±0.27	1.10~2.00	16.07
	脂肪/%	1.23±0.17	0.90~1.50	13.54
不育种质×河北短丰 Buyuzhongzhi×Hebeiduanfeng	总糖/%	3.64±2.88	1.06~8.10	79.10
	淀粉/%	39.30±1.90	36.40~42.40	4.82
	蛋白质/%	4.46±0.37	3.97~4.97	8.21
	水分/%	52.47±2.23	48.60~55.70	4.24
	粗纤维/%	1.69±0.29	1.10~1.90	16.93
	脂肪/%	1.23±0.19	0.90~1.50	15.38
沂蒙短枝×河北短丰 Yimengduanzhi×Hebeiduanfeng	总糖/%	6.20±0.76	5.23~6.82	12.30
	淀粉/%	39.42±0.79	38.20~42.50	1.99
	蛋白质/%	4.62±0.43	4.24~5.34	9.35
	水分/%	51.60±1.63	49.40~53.90	3.15
	粗纤维/%	1.74±0.29	1.30~2.00	16.56
	脂肪/%	1.22±0.15	1.00~1.40	12.16

两个杂交组合中,各主要营养成分变化情况稍有不同。不育种质×河北短丰杂交后代坚果总糖含量遗传变异程度最大,变异范围从 1.06%~

8.10%,变异系数 79.10%,其次为粗纤维和脂肪,变异系数也在 15%以上,淀粉和水分含量变异程度最低;而沂蒙短枝×河北短丰杂交后代各营养成分

中以粗纤维变异程度稍大(16.56%),其余各项指标(包括总糖含量)的变异系数均低于15%,性状较为稳定,其中淀粉含量变异系数最小(1.99%),是最稳定的营养指标。

比较总体水平及各组合水平营养成分变异发现,粗纤维变异程度稍大,淀粉、蛋白质、水分含量等性状较为稳定;不同杂交组合中总糖含量变异出现截然不同的结果,作者分析与采收成熟度差异以及营养成分测定过程中待测坚果中各成分间发生物质转换有关。

2.3 特异性状单株的筛选

根据对39份杂交后代单粒重、株产等表型性状及总糖、淀粉、蛋白质等主要营养成分的测定分析,发现各杂交后代在株产、单粒重以及主要营养成分

上存在较大程度的遗传变异,不育种质×河北短丰、不育种质×沂蒙短枝、沂蒙短枝×河北短丰3个杂交组合杂交后代平均株产分别为577.76,510.60,465.80 g,变异范围分别为346.20~1493.90,84.40~942.10,89.77~2006.40 g,变异系数分别为69.13%,68.73%,103.04%,具有很大的选择性;不育种质×河北短丰、沂蒙短枝×河北短丰两个杂交组合杂交后代坚果平均总糖含量分别为3.64%和6.20%,变异幅度分别为1.06%~8.10%和5.23%~6.82%。根据各杂交后代在株产、单粒重、主要营养成分方面的特殊表现,并结合鲜食、炒食评价,初步筛选出分别具有丰产、口感好、高糖、较丰产,大果、品质优、适宜加工等性状的3个单株(表3)。

表3 杂交后代优良单株性状

Tab.3 Special traits in crossed chestnut progenies

单株 Seedlings	特殊性状 Special trait	单粒重/g Nut weight	株产/g Yield	含糖量/% Total sugar
DD-117	丰产	6.97	2006.40	1.06
BD-29	高糖	6.20	1493.90	8.10
BD-1	大果	10.54	376.20	1.40

3 讨论

遗传多样性是保护生物学和保育遗传学及遗传育种的重要基础,我国在板栗遗传多样性研究中取得了一系列重要成果,阐明了中国板栗是世界栗属植物起源的原生种,长江流域的神农架及周边地区为中国板栗的遗传多样性中心,是世界栗属植物的遗传多样性中心,也是中国板栗遗传多样性的现代分布中心^[11,12],实生板栗居群间存在不同程度的遗传变异,具有不同的遗传多样性水平^[2,13];主栽板栗品种同样具有不同程度的遗传多样性^[3,14,15]。基因的遗传变异反映在外部形态上就呈现出各种表型性状差异,表型性状的多样性对于板栗实生选种、杂交育种以及板栗核心种质库构建均具有重要意义。

一般研究认为果实纵径、横径等形态性状的变异系数小于15%,是相对稳定的植物学性状,并将此作为果实表型性状变异程度的界限^[16-18]。马玉敏等^[7]分析秦岭山脉、泰沂山脉、燕山山脉三个板栗野生种下居群部分坚果表型性状的多样性,发现板栗坚果果形指数及坚果中水分和淀粉含量等表型性状的变异系数均小于6%,是相对稳定的植物学性状,而平均单粒重、蛋白质含量等性状的变异系数在15%以上,遗传多样性丰富。本研究所有杂交后代中,坚果高、宽、厚以及淀粉、水分、蛋白质、脂肪含量等表型性状无论在总体水平还是各杂交组合内

部,变异系数均小于15%,是相对稳定的植物学性状,而株产、平均单粒重及粗纤维等性状均在15%以上,遗传多样性丰富,进一步选择的潜力很大,该结果与马玉敏等^[7]研究相似。但本研究中总糖及蛋白质含量变异情况与之不同,总糖含量在总体水平及不育种质×河北短丰杂交后代中变异系数均在50%以上,变异程度很大,而在沂蒙短枝×河北短丰杂交后代中变异程度较小,变异系数低于15%;蛋白质含量在本研究中变异幅度与变异系数与之相反(低于10%),推测板栗采收成熟度差异,以及营养成分测定过程中待测坚果中各营养成分间可能发生物质转换等原因,以及测量方法的差异可能与分析结果有一定的相关性。

板栗为异花授粉植物,具有高度的杂合性。杂交后代由于亲本基因型间杂合产生新的非加性效应或互作效应,从而导致变异系数与变异幅度普遍较大,表现出丰富的表型性状多样性以及杂种优势现象,在板栗杂交后代中选择特异性状单株具有很大潜力。本研究从表型水平对板栗杂交后代遗传变异进行分析,为F₁优株早期筛选提供了依据,但杂交育种是一个长期的过程,必须通过分子生物学手段进行杂交后代早期鉴定,方能真正缩短育种年限,提高杂交育种效率,这是目前也将是今后板栗育种研究的重要内容。

参考文献:

- [1] 黄宏文. 从世界栗属植物研究现状看中国栗属资源保护的重要性[J]. 武汉植物学研究, 1998, 16(2): 171 - 176.
- [2] 艾呈祥, 余贤美, 张力思, 等. 山东板栗遗传多样性分析[J]. 果树学报, 2006, 23(5): 681 - 684.
- [3] 艾呈祥, 张力思, 魏海蓉, 等. 部分板栗品种遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 园艺学报, 2008, 35(5): 747 - 752.
- [4] 兰彦平, 曹庆昌, 周连第, 等. 燕山板栗大果型新品种-燕平的选育[J]. 果树学报, 2008, 25(3): 444 - 445.
- [5] 杜春花, 邵则夏, 陆 斌, 等. 板栗新品种-云良的选育[J]. 果树学报, 2009, 26(6): 924 - 925.
- [6] 张继亮, 李 华, 马玉敏, 等. 泰山板栗丰产优质型新品种-岱丰的选育[J]. 果树学报, 2010, 27(1): 316 - 317.
- [7] 马玉敏, 陈学森, 何天明, 等. 中国板栗 3 个野生居群部分表型性状的异常多样性[J]. 园艺学报, 2008, 35(12): 1717 - 1726.
- [8] 李 斌, 顾万春, 卢宝明. 白皮松天然群体种实性状表型多样性研究[J]. 生物多样性, 2002, 10(2): 181 - 188.
- [9] 张宇和, 柳 奎, 梁维坚. 中国果树志 板栗 榛子卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005: 52 - 59.
- [10] 国家林业局. 植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 板栗[M]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [11] 郎 萍, 黄宏文. 栗属中国特有种居群的遗传多样性及地域差异[J]. 植物学报, 1999, 41(6): 651 - 657.
- [12] 田 华, 康 明, 李 丽, 等. 中国板栗自然居群微卫星遗传多样性[J]. 生物多样性, 2009, 17(3): 296 - 302.
- [13] 黄武刚, 程丽莉, 周志军, 等. 板栗野生居群遗传多样性研究[J]. 果树学报, 2010, 27(2): 227 - 232.
- [14] 暴朝霞, 黄宏文. 板栗主栽品种的遗传多样性及其亲缘关系分析[J]. 园艺学报, 2002, 29(1): 13 - 19.
- [15] 王同坤, 董超华, 齐永顺, 等. 燕山板栗种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 果树学报, 2006, 23(4): 547 - 552.
- [16] 冯 涛, 张 红, 陈学森, 等. 新疆野苹果果实形态与矿质元素含量多样性以及特异性状单株[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(3): 270 - 276.
- [17] 张艳敏, 王 琦, 苑兆和, 等. 矮生樱桃组 3 个野生种果实性状的变异[J]. 果树学报, 2007, 24(3): 369 - 382.
- [18] 张小燕, 陈学森, 彭 勇, 等. 新疆野苹果矿质元素与糖酸组分的遗传多样性[J]. 园艺学报, 2008, 35(2): 277 - 280.

《天津农业科学》征订启事

《天津农业科学》是天津市农业科学院信息研究所主办的综合性学术期刊, 1974 年创刊, 为中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据统计源期刊、中文科技期刊数据库全文收录期刊、第四届全国优秀农业期刊。主要报道农林、植保、土壤肥料、园艺、畜牧兽医、农产品贮藏加工、水产、花卉、生物技术等方面的基础理论、试验报告和专题综述类文章及农业区划、科研管理等软科学论文。开设栏目有: 植物生理与生物技术、无土栽培与设施园艺、植物保护、农业环境保护、园林绿化、土壤肥料与节水灌溉、畜牧兽医与水产养殖、贮藏加工、农业经济与信息技术、农业区划等。适合各级农业科技人员、农技推广人员、农业行政管理干部、农业大中专院校师生参阅。

本刊为双月刊, 大 16 开, 152 页, 每期 5 元, 全年 30 元。国内统一刊号 CN12 - 1256/S 邮发代号 6 - 165。

欢迎订阅, 欢迎投稿!

地址: 天津市南开区白堤路 268 号农科大厦 1905 室

电话/传真: 022 - 23678601

开户行: 建设银行南开新技术产业园区支行 527

账号: 12001650472050001417 - 3

户名: 天津市农业科学院信息研究所

邮编: 300192

E-mail: tjnykx@163.com