

核桃品种绿岭杂交后代主要性状的遗传分析与优株选择研究

赵爽¹, 赵福洞¹, 石鹤飞², 李保国^{1,3}, 齐国辉^{1,3}, 任俊杰¹, 陈利英^{3,4}

(¹河北农业大学林学院/河北省林木种质资源与森林保护重点实验室, 保定 071000; ²河北农业大学资源与环境科学学院, 保定 071000;

³河北省核桃工程技术研究中心, 临城 054300; ⁴河北绿岭果业有限公司, 临城 054300)

摘要:为了培育出矮化、早实、丰产、优质等综合性状优于绿岭的核桃新品种,以绿岭核桃为亲本与辽宁1号、绿早进行杂交,测定了正反交组合374个杂交单株的13个性状,并对其进行了遗传分析,结果表明:杂交后代的表型性状具有较高的遗传多样性,各性状的变异系数均在17%以上,最高达72.40%;而果实相关性状的变异系数除可溶性蛋白质之外,均在20%以下。青皮率和脂肪含量的遗传传递力在4个杂交组合中均大于97%,其遗传受加性效应影响较大。果实相关性状的广义遗传力均在90%以上,说明其在遗传上是比较稳定的,可以在早代进行选择。从杂交后代中初选21个优株,采用主成分分析的方法,对其进行评价和优株选择。结果表明,以性状的累积方差贡献率达到74.3%,确定了4个反映核桃主要性状的主成分;通过计算各单株的综合评价价值,在供试的21个优株中,选出了3个综合性状优良的单株,其结果与单株的实际表型相近;并发现短结果枝率、矮化指数和节间长度3个指标能够反映出核桃的矮化优良性状。

关键词:核桃;遗传;主成分分析

Main Traits Genetic Analysis and Superior Tree Selection of Hybrid Offsprings of 'Lvling' Walnut

ZHAO Shuang¹, ZHAO Fu-dong¹, SHI He-fei², LI Bao-guo^{1,3},
QI Guo-hui^{1,3}, REN Jun-jie¹, CHEN Li-ying^{3,4}

(¹ College of Forestry, Agricultural University of Hebei/Key Lab of Genetic Resources of Forest and Forest Protection of Hebei, Baoding 071000; ² Research Center for Walnut Engineering and Technology of Hebei, Lincheng 054300; ³ College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000; ⁴ Hebei Liling Fruit Industry Co., Ltd., Lincheng 054300)

Abstract: In order to breed new walnut varieties with dwarf, precocious, fruitful and high quality traits which were superior than Lvling, Lvling walnut plants were used as parents crossed with Liao ning NO. 1 and Lvzao walnut, the 13 traits of 374 hybrid offspring in reciprocal crosses were investigated and their genetic laws were analyzed. The results showed that there existed relatively higher genetic diversities among the phenotypic traits of the hybrid offspring, the variation coefficients of each traits were more than 17%, the highest value reached 72.40%. But that of the fruit related traits were less than 20% except the soluble protein contents. In the 4 cross combinations, the inheritance of transfer ability of green husk percentage and kernel fat contents were more than 97%, and their heredity was greatly influenced by additive effect. The broad-sense heritability of the fruit related traits were more than 90%, and this indicated that their heredities were relatively stable and could be chosen in the early generation. 21 superior trees were primarily selected from the hybrid offspring, principal component analysis methods were used to evaluate them and select superior trees. The results showed that, according to the cumulative variance contribution which reached 74.3%, 4 principal components which reflected the main economic characters were de-

收稿日期:2014-09-24 修回日期:2014-12-06 网络出版日期:2015-08-011

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150811.1555.006.html>

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAD14B03);河北省科技支撑项目(14236811D)

第一作者主要从事经济林栽培生理研究。E-mail: zhaoshuang0823@sina.com

通信作者:齐国辉,主要从事经济林栽培教学及科研工作。E-mail: bdqgh@sina.com

terminated; by calculating the comprehensive evaluation value of each plant, 3 excellent trees from 21 superior trees were selected, and the evaluation results were similar to those of their phenotypes of each plants, and 3 indexes that were short bearing branch rate, dwarf index and internode length could reflect the excellent dwarf character of walnut.

Key words: walnut; genetic; principal component analysis

核桃 (*Juglans regia* L.) 又名胡桃, 为胡桃科 (Juglandaceae) 核桃属 (*Juglans*) 落叶乔木, 素有“木本油料之王”的称号, 是我国主要的经济林树种之一。由于核桃具有极高的营养价值、保健价值和良好的生态效益, 市场需求量越来越大, 近 30 年来, 核桃的市场价格始终处于稳中有升、只升不降的状态, 核桃的生产发展十分迅速, 已经成为我国退耕还林最成功的生态经济兼用树种。优良品种是核桃高效栽培的基础, 我国近代核桃的育种工作开始于 20 世纪 60 年代初^[1], 已选育出了许多核桃新品种^[2-6], 对推进我国核桃快速发展起到了巨大作用。杂交选育是培育核桃新品种的重要手段, 培育早实、丰产、优质、抗病、果实兼优的核桃新品种是核桃杂交育种的目标^[7-8]。矮化密植是当前核桃栽培的趋势, 因此, 选育矮化品种已经成为当前核桃的重要育种目标之一。

优株评价是核桃育种的主要内容, 主成分分析法较用单一性状加权打分选择更为简便、快捷, 较人为加权打分更具有准确性、科学性, 避免了性状间的相关性对选择效果的影响, 可较准确地了解各性状的综合表现^[9], 在核桃的良种选择中广泛应用^[10-12]。核桃品种绿岭是河北农业大学和河北绿岭果业有限公司共同选育的早实优质薄皮核桃新品种, 已在全国 12 个省、自治区和直辖市应用^[13]。绿岭核桃具有壳薄、果个大、出仁率高、脂肪和蛋白质含量高优点, 但其在矮化、丰产等方面还有待提高。为选育矮化、丰产等综合性状优于绿岭的新品种, 以绿岭为亲本与丰产、矮化品种辽宁 1 号和绿早进行杂交, 测定了 374 个杂交单株的 13 个性状, 对其进行了遗传分析, 为核桃杂交后代的早期选择提供了理论依据。并从中初选了 21 个优株, 采用主成分分析的方法, 对其进行评价和优株选择, 以期选出综合性状较好的优良单株。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2012—2014 年在河北省临城县河北绿岭果业有限公司核桃育种圃进行。该育种圃位于太行山南段东麓丘陵区, 海拔 80 ~ 135 m, 土壤母质为

洪积、冲积及岩石的残坡积物, 类别为褐土, 土层厚度多在 40 ~ 100 cm, 且砾石较多。坡度较缓, 多在 10°以下, pH 值为 7.7 ~ 7.9, 有机质含量 4.0 g/kg。年均日照 2653 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 6 年生的杂交单株实生树, 杂交亲本组合分别为绿岭 × 绿早 (82 株)、绿早 × 绿岭 (111 株)、绿岭 × 辽宁 1 号 (105 株)、辽宁 1 号 × 绿岭 (76 株)。于 2005 年春季杂交, 2006 年播种至育种圃。试验材料在自然田间条件下统一肥水管理, 不进行其他处理。本试验从 2012—2014 年连续观测了 3 年, 取 3 年调查数据的平均值为各性状值。

1.3 试验方法

1.3.1 生长性状的调查方法 采用常规方法调查各单株的主干高度、冠幅、节间长度和枝类组成, 结果枝按长度进行分类, 标准为: 短果枝小于 5 cm、中结果枝 5 ~ 15 cm、长结果枝 15 cm 以上。矮化指数 = $1 / (\text{冠幅} \times 20\% + \text{树高} \times 80\%) \times 100$ ^[14]; 短果枝率 (%) = 短结果枝数 / 总结果枝数 × 100。

1.3.2 抗病情况的调查 从每株树的东、西、南、北 4 个方向选择 4 个枝条, 调查每枝上的叶片数量, 并记录每复叶的小叶数及每片小叶的发病情况, 病害分级标准如表 1。抗病指数 = $1 / \text{病情指数} \times 100$ 。

表 1 病害分级标准

Table 1 Disease classification standard

级别 Class	分级标准 Disease classification standard
0	叶片无病斑
1	叶片出现零星小病斑, 病斑面积占叶面积的 1/8
2	病斑面积占叶面积的 1/4
3	病斑面积占叶面积的 1/2
4	病斑面积占叶面积的 1/2 以上, 或引起落叶

1.3.3 果实性状的测定方法 于果实成熟期, 调查每株杂交后代的总结果数, 对每个单株随机取青果 20 个, 采用常规方法测定其单果质量、纵径、横径、

侧径和出仁率。总蛋白质含量采用硫酸、高氯酸消煮,凯氏定氮法^[15]测定;脂肪含量采用改良索氏法^[16]测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[16]测定。

1.3.4 数据分析 采用 Excel 计算标准差、变异系数、遗传传递力和广义遗传力。采用 SPSS13.0 对初选的 21 个核桃优株的 13 个性状指标值进行数据标准化处理,并进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 绿岭核桃杂交后代主要性状的遗传分析

2.1.1 表型性状的遗传变异分析 变异系数的大小反映了生物个体的差异范围^[17],某一个性状指标的变异系数越大,说明其在群体间的差异越大。由

核桃杂交后代表型性状的变异情况(表 2)可知,各组合以短结果枝率的变异最为明显,变异系数均在 60% 以上。其次是抗病指数和节间距,矮化指数最小。其中,短结果枝率的变异系数以绿岭 × 辽宁 1 号的最高,达 72.40%,变异幅度以绿岭 × 绿早最大,最高可达 100%;抗病指数的变异系数以辽宁 1 号 × 绿岭最高,达 70.99%,变异幅度以绿早 × 绿岭最大;节间距的变异系数以绿早 × 绿岭最高,为 50.02%,变异幅度以辽宁 1 号 × 绿岭最大,其中,绿岭 × 绿早的节间距最短可达 1.0 cm;矮化指数的变异系数以绿岭 × 绿早最高,达 29.03%,变异幅度以绿岭 × 绿早最大,其最大值与最小值的差达 49.40,为选育优良矮化单株提供了可能性。

表 2 核桃杂交后代表型性状的遗传变异情况

Table 2 Leaf traits heredity and variation of walnut cross offspring

性状 Trait	杂交组合 Hybrid combinations	平均值 Average	变异系数 (%) CV	变异幅度 Variation range
矮化指数 Dwarf index	绿岭 × 辽宁 1 号	25.69	25.16	4.84 ~ 54.00
	辽宁 1 号 × 绿岭	24.91	17.48	14.62 ~ 36.9
	绿岭 × 绿早	25.25	29.03	14.62 ~ 64.02
	绿早 × 绿岭	24.73	17.26	16.11 ~ 48.31
抗病指数 Disease resistance index	绿岭 × 辽宁 1 号	6.60	63.01	1.16 ~ 18.92
	辽宁 1 号 × 绿岭	6.07	70.99	1.33 ~ 19.68
	绿岭 × 绿早	6.75	58.63	1.60 ~ 21.68
	绿早 × 绿岭	7.36	65.65	1.10 ~ 25.54
短果枝率(%) Short bearing branch rate	绿岭 × 辽宁 1 号	32.80	72.40	0 ~ 92.31
	辽宁 1 号 × 绿岭	37.66	60.64	0 ~ 87.5
	绿岭 × 绿早	33.29	68.97	0 ~ 100
	绿早 × 绿岭	34.60	72.34	0 ~ 92.59
节间距(cm) Internode length	绿岭 × 辽宁 1 号	3.42	49.34	1.1 ~ 8.33
	辽宁 1 号 × 绿岭	3.43	47.84	1.03 ~ 9.07
	绿岭 × 绿早	3.15	47.44	1.0 ~ 8.3
	绿早 × 绿岭	3.14	50.02	1.2 ~ 9.0

2.1.2 果实外观性状的遗传分析 从核桃杂交后代果实外观性状的遗传变异情况(表 3)可知,各杂交组合的果实外观性状均有明显的变异。其中坚果单果重的变异系数最高,在 17% 以上,较其他性状具有较高的遗传多样性。其他各性状的变异系数均在 15% 以下,坚果三径的变异系数最小,均在 10% 以下,变异较稳定。变异幅度以单果重最大,最大值与最小值之间相差了 2 倍以上。

核桃杂交后代果实外观不同性状的遗传传递力存在明显差异,青皮率的遗传传递力最高,在 4 个杂交组合中均大于 100%。不同杂交组合间的遗传传递力也不同,其中,在青皮率和出仁率 2 个性状中,绿岭与绿早杂交组合的遗传传递力大于绿岭与辽宁 1 号的杂交组合;在坚果的单果重和纵横侧径中,绿岭与辽宁 1 号杂交组合的遗传传递力大于绿岭与绿早的杂交组合。对核桃杂交后代果实外观性状广义

表 3 核桃杂交后代果实外观性状的遗传变异情况

Table 3 The appearance traits of fruit heredity and variation of walnut cross offspring

性状 Trait	杂交组合 Hybrid combinations	母本 Female	父本 Male	中亲值 Mid-parent value	杂交后代 平均值 Average of the hybrids	变异系数 (%) CV	变异幅度 Variation range	遗传传递力 (%) Ta	广义遗传力 (%) Broad-sense heritability
青皮率(%)	绿岭×辽宁1号	52.87	60.05	56.46	59.17	8.45	35.90~70.18	104.52	0.86
Green husk rate	辽宁1号×绿岭	60.05	52.87	56.46	61.45	14.05	46.32~74.51	108.40	0.95
	绿岭×绿早	52.87	56.27	54.57	61.06	7.82	45.00~83.89	111.85	0.96
	绿早×绿岭	56.27	52.87	54.57	60.59	6.75	46.08~73.13	110.60	0.94
	绿岭×辽宁1号	13.39	10.72	12.06	9.08	18.38	4.23~12.72	75.49	0.98
坚果单果重(g)	辽宁1号×绿岭	10.72	13.39	12.06	8.71	18.88	6.11~13.43	72.34	0.98
	绿岭×绿早	13.39	11.23	12.31	8.47	17.52	5.54~12.39	68.65	0.97
	绿早×绿岭	11.23	13.39	12.31	8.33	19.92	5.56~14.40	68.08	0.97
	绿岭×辽宁1号	61.11	59.76	60.44	55.57	14.1	24.47~72.90	91.78	0.97
出仁率(%)	辽宁1号×绿岭	59.76	61.11	60.44	55.64	9.19	42.60~66.94	91.96	0.94
	绿岭×绿早	61.11	61.03	61.07	56.40	9.23	43.37~69.93	92.19	0.96
	绿早×绿岭	61.03	61.11	61.07	56.48	11.55	32.85~69.19	92.19	0.98
	绿岭×辽宁1号	3.88	3.57	3.73	3.56	9.5	2.98~4.12	96.17	0.99
坚果纵径(mm)	辽宁1号×绿岭	3.57	3.88	3.73	3.43	8.19	2.818~4.094	92.36	0.98
	绿岭×绿早	3.88	3.84	3.86	3.48	7.75	2.75~4.290	89.84	0.97
	绿早×绿岭	3.84	3.88	3.86	3.40	6.97	2.83~4.04	88.08	0.96
	绿岭×辽宁1号	3.34	3.40	3.37	3.02	7.43	2.46~3.35	89.08	0.97
坚果横径(mm)	辽宁1号×绿岭	3.40	3.34	3.37	2.92	6.56	2.52~3.33	86.29	0.96
	绿岭×绿早	3.34	3.71	3.53	2.87	6.34	2.48~3.27	81.90	0.98
	绿早×绿岭	3.71	3.34	3.53	2.90	9.51	2.45~3.44	82.15	0.99
	绿岭×辽宁1号	3.48	3.41	3.45	3.08	7.01	2.35~3.58	89.58	0.96
坚果侧径(mm)	辽宁1号×绿岭	3.41	3.48	3.45	3.06	9.72	2.65~3.53	88.19	0.98
	绿岭×绿早	3.48	3.67	3.58	3.05	6.43	2.54~3.45	84.18	0.96
	绿早×绿岭	3.67	3.48	3.58	2.99	7.77	2.52~3.62	83.32	0.94
	绿岭×辽宁1号	3.48	3.41	3.45	3.08	7.01	2.35~3.58	89.58	0.96

遗传力分析的结果表明,青皮率、坚果单果重、出仁率和坚果的纵、横、侧径等6个性状的遗传力较高,均在0.86以上,说明其遗传方差大于环境方差,不容易受环境的影响,因此在杂交后代群体中对坚果外观性状进行选择时适宜在早代。

对各组合间坚果性状的遗传参数进行比较分析,在绿岭与辽宁1号正反交组合中,除青皮率、坚果单果重和坚果侧径外,其他各坚果性状的广义遗传力以绿岭作母本的正交组合高于绿岭作父本的反交组合。在绿岭与绿早正反交组合中,除坚果单果重、出仁率和坚果横径外,其他坚果性状的广义遗传力以绿岭作母本的正交组合高于绿岭作父本的反交组合。

2.1.3 果实内在品质的遗传分析 由核桃杂交后代及其亲本果实内在品质的遗传变异情况(表4)可知,在各杂交组合的果实内在品质中,各性状杂交后代的平均值均小于亲本中值,呈减小的趋势。各杂交组合的果实内在品质均有明显的变异。其中,可溶性蛋白质的变异系数最高,在26%以上,具有较高的遗传多样性。其他各性状的变异系数均小于20%,以脂肪含量的变异系数最小,在10%以下,变异较稳定。变异幅度以可溶性蛋白质最大,最小值为0.7%,最大值达3.89%。

核桃杂交后代果实内在品质的遗传传递力以脂肪含量最高,在4个杂交组合中均大于97%;其中,绿岭与绿早杂交组合在各个性状中的遗传传递力均

表 4 核桃杂交后代果实内在品质的遗传变异情况

Table 4 The fruit inherent traits heredity and variation of walnut cross offspring

性状 Trait	杂交组合 Hybrid combinations	母本 Female	父本 Male	中亲值 Mid-parent value	杂交后代 平均值 Average of the hybrids	变异系数 (%) CV	变异幅度 Variation range	遗传 传递力 (%) T_a	广义遗传力 (%) Broad-sense heritability
脂肪含量(%) The oil content	绿岭×辽宁1号	66.54	65.46	66.00	64.40	7.71	32.94~72.68	97.58	0.93
	辽宁1号×绿岭	65.46	66.54	66.00	65.36	6.26	46.66~73.54	99.04	0.89
	绿岭×绿早	66.54	63.04	64.79	64.74	5.27	52.24~71.3	99.93	0.61
	绿早×绿岭	63.04	66.54	64.79	64.71	7.23	46.71~72.69	99.88	0.80
总蛋白质 含量(%) The total protein content	绿岭×辽宁1号	23.29	20.11	21.70	19.45	17.72	8.81~27.18	89.63	0.95
	辽宁1号×绿岭	20.11	23.29	21.70	19.66	17.03	8.35~28.2	90.60	0.95
	绿岭×绿早	23.29	18.86	21.08	20.30	16.04	9.24~28.59	96.31	0.99
	绿早×绿岭	18.86	23.29	21.08	19.74	17.14	10.79~28.37	93.66	0.99
可溶性蛋白质 含量(%) The soluble protein content	绿岭×辽宁1号	2.41	3.00	2.70	2.05	29.84	0.7~3.38	75.79	0.84
	辽宁1号×绿岭	3.00	2.41	2.70	1.98	26.95	1.02~2.85	73.20	0.79
	绿岭×绿早	2.41	2.75	2.58	2.13	32.79	0.49~3.46	82.55	0.95
	绿早×绿岭	2.75	2.41	2.58	2.17	32.68	0.76~3.89	84.10	0.95

大于绿岭与辽宁1号杂交组合。核桃杂交后代果实内在品质3个性状的广义遗传力分析表明,总蛋白质含量的遗传力较高,均在0.95以上;而脂肪含量和可溶性蛋白质的遗传力相对较低,在0.61~0.95之间;其中,绿岭与辽宁1号正反交组合在脂肪含量中的遗传力大于绿岭与绿早正反交组合,而在总蛋白质含量和可溶性蛋白质含量中,绿岭与绿早正反交组合的遗传力大于绿岭与辽宁1号正反交组合。对各组合间果实内在品质的遗传参数进行比较分析,在绿岭与辽宁1号的杂交组合中,脂肪含量和可溶性蛋白质含量的遗传力以绿岭作母本的正交后代高于绿岭作父本的反交组合。在绿岭与绿早的杂交组合中,脂肪含量的遗传力以绿岭作父本的反交后代高于绿岭作母本的正交组合。

2.2 绿岭核桃杂交后代的优株选择研究

2.2.1 优株的初选

根据影响核桃品质的关键因子单果重、出仁率、核仁脂肪含量对374个杂交单株进行初步筛选,筛选的标准如下:三径均值(坚果大小)在3.0 cm以上;单果质量大于8 g;出仁率在50%以上;粗脂肪含量大于68%,筛选结果见表5。由表5可见,西1北110的产量最高,单株产量达到1994.4 g;西5北104的单果重最高,为12.7 g;西6北4的出仁率最高,为68.67%;西1北110的三径平均值最高,为3.660 cm;西2北64的脂肪含量最

高,为72.69%;西6北4的总蛋白质含量最高,为23.56%;矮化指数最高的为西6北71,抗病指数最高的是西5北28;短结果枝率最高是西4南91,为87.5;节间最短的是西6北71。

单个性状表现最优的单株不一定所有的性状都表现优良。为了选出综合性状最优的单株,对经过初步筛选后的21个优株的13个性状进行主成分分析。

2.2.2 绿岭核桃杂交后代优株的主成分分析

主成分的选取。对初选的21个核桃优株的13个性状指标值转化为了13个主成分。其中主要性状主成分的方差贡献率和累计方差贡献率见表6。由表6可知,提取出来的4个主成分的特征值均大于1,累计贡献百分率达到74.3%,表明这4个主成分已经把21个优良单株13个性状74.3%的信息反映出来。因此,可以选取前4个主成分作为核桃性状选择的综合因子。

函数的建立及分析。核桃各性状相关矩阵的特征向量如表7所示。由表7可见,在第1主成分中,核桃的结果数和产量具有较大的正系数,表明第1主成分反映了优良单株产量方面的特征,因此,第1主成分可作为产量因子;第2主成分可以作为矮化因子;第3主成分可以作为抗病因子;第4主成分可以作为坚果品质因子。其中,第1、4主成分综合反

表 5 绿岭核桃杂交后代初选优株的各性状值

Table 5 The trait value of superior strains from hybrid offspring of Lvling walnut (%)

编号 Number	结果数 Fruits number	青皮率 Green husk rate	单果重 (g) Nut weight	单株 产量 (g) Yield per plant	出仁率 Kernel rate	三径平均 (cm) Average of three diameters	脂肪 含量 Fat content	总蛋白 质含量 Total protein content	矮化 指数 Dwarf index	抗病 指数 Disease resistance index	短结果枝率 Short bearing branch rate	节间 长度 (cm) Internode length	可溶性 蛋白质 Thesoluble protein content
西 3 南 75	39	64.86	9.8	380.4	57.95	3.133	68.91	22.14	20.08	10.13	17.24	2.333	0.49
西 7 南 91	29	54.17	9.2	267.6	58.97	3.102	70.49	19.34	21.65	10.69	20.00	4.400	1.02
西 7 南 69	30	59.09	10.5	315.8	54.65	3.182	69.01	20.03	22.32	4.23	25.00	3.200	1.04
西 2 北 57	61	52.33	9.3	567.1	51.54	3.263	69.37	17.18	21.34	3.00	13.16	4.733	1.09
西 7 南 95	23	60.42	10.0	230.4	62.16	3.299	69.15	17.45	19.53	6.14	0.00	6.550	1.53
西 5 北 104	40	49.29	12.7	508.6	58.48	3.509	68.27	19.41	19.35	4.70	6.67	1.600	1.60
西 5 北 28	42	58.00	8.9	373.8	59.40	3.004	72.04	11.45	25.41	13.74	67.65	1.790	1.61
西 6 北 71	89	61.99	8.2	732.0	59.12	3.162	68.19	22.70	26.95	2.79	73.68	1.233	1.89
西 4 南 26	31	54.29	10.1	311.8	54.18	3.294	69.71	18.95	20.89	8.29	21.05	1.773	1.92
西 4 南 91	54	70.00	9.3	501.8	56.11	3.116	69.14	22.75	21.17	2.49	87.50	2.570	1.93
西 5 北 51	91	71.70	8.9	808.5	56.40	3.083	69.28	22.76	27.32	13.40	73.91	2.550	1.95
西 2 北 64	9	57.58	9.5	85.2	62.80	3.072	72.69	16.96	22.99	1.90	0.00	6.000	1.96
西 1 北 31	23	54.46	10.9	250.4	51.54	3.219	68.02	21.74	23.20	3.19	26.67	1.768	2.00
西 1 北 68	43	61.15	8.5	364.3	62.41	3.195	70.17	22.72	19.69	5.14	23.33	2.000	2.03
西 2 北 96	60	60.78	9.9	594.9	52.92	3.317	69.40	23.50	19.93	2.03	0.00	3.883	2.19
西 3 南 39	50	58.82	10.7	533.4	60.94	3.217	69.48	15.77	23.58	7.84	4.35	2.317	2.19
西 5 北 29	65	60.83	8.2	535.5	54.43	3.034	69.50	16.19	24.04	10.18	41.27	1.567	2.33
西 1 北 110	157	56.22	12.7	1994.4	59.23	3.660	68.08	18.22	24.81	7.95	9.26	2.317	2.38
西 3 南 4	81	59.30	10.5	848.9	59.14	3.326	68.04	18.20	23.98	2.98	61.11	3.375	2.74
西 4 南 75	11	53.13	8.9	98.4	56.65	3.093	68.37	17.34	21.09	12.90	33.33	2.795	2.80
西 6 北 4	81	63.89	9.2	746.8	68.67	3.260	69.03	23.56	21.28	2.94	27.27	3.183	3.38

表 6 核桃主要性状主成分的方差贡献率和累积方差贡献率

Table 6 Principal component variance proportion and cumulative variance proportion of main traits of walnut

主成分 Principal component	特征值 Eigen value	方差贡献率 (%) Proportion	累积方差贡献率 (%) Cumulative
1	3.469	26.683	26.683
2	2.849	21.917	48.600
3	1.822	14.015	62.615
4	1.519	11.685	74.300

映了核桃的果实相关性状,可以将这 2 个主成分综合作为果实性状因子。第 2、3 主成分均反映了核桃的生长性状,所以第 2、3 主成分可以综合作为核桃

的生长因子。

由于主成分比较多,单一的主成分很难对各优株综合性状的优劣作出判断。因此,根据核桃市场消费的趋势,提出了不同利用方向的主成分组合,并通过各主成分得分值与相应特征值百分率的积进行累加的方法来构建优株的综合评价指数。根据以上分析,可以列出生长性状综合指标评价指数、果实性状综合指标评价指数和核桃优株综合评价值的函数表达式:生长性状综合指标评价指数 = 0.2950 Y₂ + 0.189 Y₃;果实性状综合指标评价指数 = 0.359 Y₁ + 0.157 Y₄;核桃优株综合评价值 = 0.359 Y₁ + 0.2950 Y₂ + 0.189 Y₃ + 0.157 Y₄。其中:

$$Y_1 = 0.848X_1 + 0.019X_2 + 0.585X_3 + 0.898X_4$$

表 7 核桃各性状相关矩阵的特征向量

Table 7 Eigenvectors of correlation matrix of walnut traits

参数 Parameter	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
结果数(X_2) Fruits number	0.848	0.328	0.14	0.174
青皮率(X_9) Green husk rate	0.019	0.562	-0.596	0.089
单果重(X_{10}) Nut weight	0.585	-0.603	0.187	-0.178
产量(X_{11}) Yield per plant	0.898	0.148	0.216	0.15
出仁率(X_{12}) Kernel rate	0.023	-0.027	0.006	0.847
三径平均(X_{13})	0.796	-0.564	0.046	0.006
Average of three diameters				
脂肪(X_7)/Fat content	-0.694	0.039	0.268	0.405
总蛋白质含量(X_8)	0.299	0.085	-0.812	-0.092
Total protein content				
矮化指数(X_4) Dwarf index	0.239	0.7	0.438	0.061
抗病指数(X_1)	-0.231	0.347	0.637	-0.204
Disease resistance index				
短结果枝率(X_3) Short bearing branch rate	0.043	0.909	-0.135	-0.098
节间距(X_5) Internode length	-0.356	-0.478	-0.117	0.452
可溶性蛋白质(X_6)	0.394	0.218	-0.031	0.528
Soluble protein content				

表 8 核桃优树的综合评价结果

Table 8 Comprehensive evaluation results of superior walnut trees

编号 Number	主成分值 Principal component values				生长性状综合评价指数 Comprehensive evaluation index of growth traits	果实性状综合评价指数 Comprehensive evaluation index of fruit traits	优株综合评价指数 Comprehensive evaluation value of superior strains	综合排名 Comprehensive ranking
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4				
西 1 北 110	10.70	-1.29	2.89	0.75	0.16	3.96	4.12	1
西 5 北 51	1.13	5.77	0.43	-0.39	1.78	0.34	2.13	2
西 6 北 71	2.47	4.56	-0.99	-0.15	1.16	0.86	2.02	3
西 3 南 4	3.74	0.84	0.03	0.90	0.25	1.49	1.74	4
西 6 北 4	2.68	0.36	-1.99	3.70	-0.27	1.54	1.27	5
西 5 北 29	-1.19	3.27	1.53	-0.57	1.25	-0.52	0.74	6
西 5 北 28	-4.35	3.83	4.09	0.38	1.90	-1.50	0.40	7
西 4 南 91	0.02	4.20	-4.42	-0.28	0.40	-0.04	0.37	8
西 3 南 39	0.28	-0.76	1.80	0.68	0.11	0.21	0.32	9
西 5 北 104	3.01	-4.77	0.28	-1.41	-1.35	0.86	-0.49	10
西 1 北 31	0.71	-0.95	-0.91	-2.38	-0.45	-0.12	-0.57	11
西 1 北 68	-1.38	-0.11	-1.64	0.99	-0.34	-0.34	-0.68	12
西 4 南 75	-2.63	0.43	0.91	-0.56	0.30	-1.03	-0.73	13
西 4 南 26	-0.77	-1.22	0.56	-1.38	-0.25	-0.49	-0.75	14
西 2 北 96	1.12	-2.51	-2.04	-0.29	-1.13	0.36	-0.77	15
西 2 北 57	-0.84	-2.34	0.27	-1.06	-0.64	-0.47	-1.11	16
西 7 南 69	-1.11	-1.35	-0.58	-1.61	-0.51	-0.65	-1.16	17
西 3 南 75	-1.76	-0.64	-0.88	-1.84	-0.35	-0.92	-1.28	18
西 7 南 91	-3.92	-0.93	0.79	-0.06	-0.12	-1.42	-1.54	19
西 7 南 95	-2.36	-4.10	-0.46	1.43	-1.30	-0.62	-1.92	20
西 2 北 64	-5.55	-2.28	0.32	3.14	-0.61	-1.50	-2.11	21

+ 0.023 X_5 + 0.796 X_6 - 0.694 X_7 + 0.299 X_8 + 0.239 X_9 - 0.231 X_{10} + 0.043 X_{11} - 0.356 X_{12} + 0.394 X_{13} ;

$Y_2 = 0.328X_1 + 0.562X_2 - 0.603X_3 + 0.148X_4 - 0.027X_5 - 0.564X_6 + 0.039X_7 + 0.085X_8 + 0.7X_9 + 0.347X_{10} + 0.909X_{11} - 0.478X_{12} + 0.218X_{13}$;

$Y_3 = 0.14X_1 - 0.596X_2 + 0.187X_3 + 0.216X_4 + 0.006X_5 + 0.046X_6 + 0.268X_7 - 0.812X_8 + 0.438X_9 + 0.637X_{10} - 0.135X_{11} - 0.117X_{12} - 0.031X_{13}$;

$Y_4 = 0.174X_1 + 0.089X_2 - 0.178X_3 + 0.15X_4 + 0.847X_5 + 0.006X_6 + 0.405X_7 - 0.092X_8 + 0.061X_9 - 0.204X_{10} - 0.098X_{11} + 0.452X_{12} + 0.528X_{13}$ 。

式中 $Y_1 \sim Y_4$ 为优株各主成分的得分值, $X_1 \sim X_4$ 为优株各性状标准化后的值。

2.2.2.3 优良单株的选择 由各主成分函数表达式及主成分综合模型计算出 21 个优良单株的主成分值, 并对其进行排序(表 8)。根据综合得分值的排序, 可以得出不同优株的性状优劣。在 21 个单株中综合评价值排在前 3 位的分别是西 1 北 110、西 5

北 51 和西 6 北 71。其中,综合排名第 1 的西 1 北 110 的 Y_1 和 Y_3 值最高,说明它的优势主要体现在核桃的产量和抗病性方面,满足了高产、抗性强的育种目标;西 5 北 51 的 Y_2 和 Y_1 值较高,说明其树体矮化且产量也较高;西 6 北 71 的 Y_1 和 Y_2 值均较高,说明这 2 个优株的产量和矮化性表现较突出。另外,在矮化性方面表现突出即生长性状综合评价指数较高的优株个体还有西 5 北 29、西 5 北 28 等;在产量和坚果性状方面较突出的优株还有西 3 南 4、西 6 北 4 等。可以根据不同的育种目标和各主成分所表达的因子信息选择相应的优株。

3 讨论

3.1 绿岭核桃杂交后代主要性状的遗传特性

核桃是多年生木本植物,遗传背景复杂,使育种工作周期长、难度大,而根据杂交苗性状进行有效的早期选择,可以提高育种效率,加快育种进程^[18-19]。近几年有关核桃主要性状遗传规律的研究已取得了一定进展^[20-24]。本试验以绿岭核桃为亲本进行杂交,对杂交组合 374 个杂交单株的表型性状和果实相关性状进行了遗传分析,结果表明核桃杂交后代代表型性状的变异系数在 17% 以上,最高达 72.40%,具有较高的遗传多样性,为优株的选择提供了较大的可能性。而果实的相关性状除可溶性蛋白质之外,大多数性状的变异系数在 20% 以下,是相对稳定的性状,这与前人研究结果^[25-27]一致。

在本研究中,杂交后代各性状指标的平均值大都低于亲中值,表现出明显的性状退化现象,与孟亚楠等^[28]的结果相似。这可能是由于杂交后代有性过程非加性效应的解体而使得多数个体性状不及亲本性状。

遗传传递力是说明亲本性状传递给子代能力的大小。杂交后代不同性状的遗传力大小不同,体现出了亲本不同性状遗传传递能力的差异。本试验结果表明,在 4 个杂交组合中,青皮率和脂肪含量的遗传传递力均在 97% 以上,这 2 个性状在遗传上比较稳定,受加性效应的影响较大。对各杂交组合正反交后代间遗传力的分析表明,坚果大部分性状的遗传力以绿岭作母本的正交后代高于绿岭作父本的反交后代。这几个坚果性状的遗传力均较大,说明其遗传方差大于环境方差,不容易受环境的影响,因此在杂交后代群体中对果实相关性状进行选择时适宜在早代。

3.2 绿岭核桃杂交后代优株的主成分分析

选优是育种工作的必经环节。选优方法因育种目标的不同而不同,但核桃的选优涉及到多个指标,所以不能凭借单一的指标来选择,应该将多个指标进行综合评价,只有综合性状优良的优树才有应用价值。近年来,已经有许多学者把主成分分析法应用到核桃的选优中来^[10-12],用主成分分析法对核桃主要性状进行综合评价较科学、简便。本研究对绿岭核桃杂交后代初选的 21 个优株的 13 个性状进行了综合分析评价,通过主成分分析,提取了 4 个主成分。4 个主成分提供了原性状 74.3% 的信息,而且是综合的、相互独立的指标。所以,将主成分分析用于核桃优良品种的选择,既能把握品种的综合性状表现,又能简化选择程序,较人工打分选优快捷,而且更具有科学性。本研究通过主成分分析,构建了用于核桃优树生长性状和果实性状综合评价指标的评价指数,为核桃选优提供理论依据。通过计算初选的 21 个优株的综合评价价值并进行排序,选出来了 3 株综合性状优良的单株,其结果与单株的实际表型相近,表明综合指数法在核桃优树选择与利用上均有较广泛的应用价值。

目前,通过主成分分析对核桃进行选优主要是针对核桃坚果的经济性状,而很少研究核桃的生长性状。已有研究表明^[10],树高、胸径、冠幅能够综合反映核桃优树的树体生长发育性状和产量性状。本研究通过对核桃性状的主成分分析发现短结果枝率、矮化指数和节间长度能反映出核桃的矮化优良性状。而选育矮化核桃新品种,可以提高劳动效率,降低生产成本,所以这将是今后核桃育种的一个方向。另外,通过主成分分析法选出来综合性状优良单株的遗传稳定性仍需不断的观察和进一步检验,以确保所选优树的准确性。

参考文献

- [1] 韩华柏,何方. 我国核桃育种的回顾和展望[J]. 经济林研究, 2004, 2(3): 45-50
- [2] 白仲奎, 姐文芳. 晚实核桃优良新品种‘冀丰’[J]. 园艺学报, 2002, 29(6): 594
- [3] 白仲奎, 郭恩才. 晚实核桃优良新品种‘里香’[J]. 园艺学报, 2003, 30(4): 498
- [4] 张雁东, 杨源, 杨美荣, 等. 核桃新品种—漾杂 3 号的选育[J]. 林业建设, 2012(2): 33-35
- [5] 王国安, 张强, 阿卜杜许库尔·牙合甫. 新温 609、新温 724 等 6 个核桃矮化品种的选育[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(7): 1183-1188
- [6] 金银春, 向荣华, 肖千文, 等. 核桃新品种‘硕星’[J]. 园艺学报, 2014, 41(1): 191-192
- [7] 方文亮, 杨振帮. 核桃杂交育种研究报告[J]. 经济林研究, 1987(S): 228-233

- [8] 王红霞,张志华,玄立春. 我国核桃种质资源及育种研究进展[J]. 河北林果研究,2007,22(4):387-392
- [9] 郭宝林,杨俊霞,李永慈,等. 主成分分析法在仁用杏品种主要经济性状选种上的应用研究[J]. 林业科学,2000(6):53-56
- [10] 徐永杰,吴代坤,罗治建,等. 主成分分析法在核桃选优中的应用[J]. 中国农学通报,2011,27(25):45-48
- [11] 杨俊霞,郭宝林,张卫红,等. 核桃主要经济性状的主成分分析及优良品种选择的研究[J]. 河北农业大学学报,2001,24(4):39-42
- [12] 高焕章,吴楚,李申如,等. 综合指数法在核桃选种中的应用研究[J]. 林业科学,2002,38(3):171-176
- [13] 李保国,郭素萍,齐国辉,等. 薄皮核桃新品种‘绿岭’[J]. 园艺学报,2007,34(1):261
- [14] 施丽丽. 河北省太行山区核桃主要栽培品种综合性状评价研究[D]. 保定:河北农业大学,2012
- [15] 中华人民共和国林业部技术司. 中国林业标准汇编:营造林卷,GB7888-87,森林植物与森林枯枝落叶层全氮、全磷、全钾、全钠、全钙、全镁的测定(硫酸-高氯酸消煮法)[S]. 北京:中国标准出版社,1998
- [16] 李合生,孙群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:184-185,226-227
- [17] 王力荣,朱更瑞,方伟超. 桃种质资源若干植物学数量性状描述指标探讨[J]. 中国农业科学,2005,38(4):770-776
- [18] Visser T, Verhaegh J J. Inheritance and selection of some fruit characters of apple (the relation between leaf and selection of some fruit pH as a basis for preselection [J]. Euphytica,1978,27(3):761-765
- [19] De W L, Keulemans J, Cook N C. Architectural analysis of 1-year-old apple seedlings according to main shoot growth and sylleptic branching characteristics [J]. Trees,2002,16:473-478
- [20] 王娜,徐明举,王超,等. 早实核桃实生后代部分性状的遗传变异[J]. 山东农业科学,2010(7):8-11
- [21] 吴文龙,李永荣,方亮,等. 薄壳山核桃果实性状的遗传变异与相关性研究[J]. 经济林研究,2010,28(3):25-30
- [22] 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
- [23] 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
- [24] 安海山,孟亚楠,杨克强,等. 核桃杂交后代群体及优选单株种仁中粗蛋白质和粗脂肪含量的遗传特性[J]. 植物资源与环境学报,2011,20(4):24-28
- [25] 冯涛,张红,陈学森. 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
- [26] 张小燕,陈学森,彭勇,等. 新疆野苹果矿质元素与糖酸组成的遗传多样性[J]. 园艺学报,2008,35(2):277-280
- [27] 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
- [28] 孟亚楠. 核桃坚果性状遗传特性与优系选择研究[D]. 泰安:山东农业大学,2010

欢迎订阅 2016 年《中国油料作物学报》

《中国油料作物学报》是由中国农业科学院油料作物研究所主办,科学出版社出版,全国唯一的一种有关油料作物专业学术期刊。本刊分别于 2008 年首届、2011 年和 2014 年连续三届被列入中国精品科技期刊,多次被评为全国优秀农业期刊和湖北省优秀期刊。载文被国内外 26 家重要数据库收录,如《CABAbstract》、《CA》、《WTI》、《AgrisInternation》、中国科技论文统计源期刊、CEPS 中文电子期刊(中国台湾)等。

本刊主要刊登油菜、大豆、花生、芝麻、向日葵、胡麻及其他特种油料作物有关品种资源、遗传育种、栽培生理、土肥植保、综合加工利用以及品质测试技术等方面的首创性研究论文、综述专论等。主要供农业科研、教学和农业技术人员查阅和参考。

双月刊,每册定价 25 元,邮局订阅,邮发代号:38-13;国外发行:中国国际图书贸易有限公司,国外代号:BM6551,每册定价 20 美元。也可直接向本刊编辑部订阅。

地址:武昌徐东二路 2 号中国农科院油料作物研究所学报编辑部

邮编:430062

电话:(027)86813823

传真:(027)86813823

E-mail:ylxb@oilcrops.cn

网址:http://www.jouroilcrops.cn