

杏树不同品种果核数量性状分析

魏浩华,魏安智*,杨途熙,陈毅琼,冯世静,陈 旅,侯 娜

(西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100)

摘 要:以 20 个杏树品种为试验材料,运用 SPSS19.0 软件,分析研究了杏树果核数量性状指标,对测得果实的核纵径、核横径、核侧径、核型指数、核干重、仁纵径、仁横径、仁侧径、仁型指数、仁干重以及出仁率 11 项果核性状指标进行了主成分分析和聚类分析。结果表明,前 3 个主成分累积方差贡献率可达 84.55%,囊括了所检测的 11 个果核性状指标。对 20 个杏树品种,使用前 3 个主成分的特征值进行系统聚类分析,欧式距离为 10 时,该 20 个杏树品种可聚为 5 类。对 11 个果核性状指标,利用前 3 个主成分的特征值进行系统聚类分析,在相同欧式距离处,该 11 个果核性状指标可聚为 4 类,分别从这 4 类指标中挑选仁侧径、核侧径、出仁率、仁型指数 4 个具有代表性的指标,对 20 个杏树品种进行系统聚类,在欧式距离为 10 时,聚类结果与用 3 个主成分值聚类结果相同,表明用以描述杏树果核性状的 11 个指标可简化为 4 个指标,即仁侧径、核侧径、出仁率、仁型指数。为其他经济林树种的性状指标筛选简化提供参考依据。

关键词:杏树;果核;主成分分析;聚类分析

中图分类号:S722.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2014)06-0080-05

Quantitative Characters of Apricot Kernels from Different Cultivars

WEI Hao-hua, WEI An-zhi*, YANG Tu-xi, CHEN Yi-qiong, FENG Shi-jing, CHEN Lü, HOU Na
(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to simplify the characteristic indexes of fruit without decreasing the information volume contained in original indices, multivariate statistics methods of principal component analysis and systematic cluster analysis were used for analyzing 11 characteristic indexes of fruit, including nut vertical diameter, nut crosswise diameter, nut diameter side, nut shape index, nut dry weight, kernel vertical diameter, kernel crosswise diameter, kernel diameter side, kernel shape index, kernel dry weight and percentage of kernel for 20 apricot varieties. The results indicated that the cumulative contribution of the first 3 principal components reached 84.55% and involved in 11 indices. Systematic clustering analysis using the 3 components as variants, when the Euclidean distance approached to 10, the 20 apricot varieties could be divided into five categories. Principal component cluster analysis of the first 3 component variants showed that the 11 fruit character indices could be clustered into 4 types at the Euclidean distance of 10. And the 11 fruit characteristic indexes could be simplified as kernel vertical diameter, nut diameter side, percentage of kernel and kernel shape index. However, using the 4 indices as variants in systematic clustering analysis on 20 apricot varieties, when the Euclidean distance was around 10, the clustering results resembled to the one by using the 3 component as variants with all 11 indices included, which suggested that the 11 indices might be simplified and represented by the 4 ones (kernel vertical diameter, nut diameter side, percentage of kernel and

收稿日期:2014-01-17 修回日期:2014-05-30
基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2013BAD14B00、2013BAD14B02); 国家“十二五”科技支撑计划项目子课题(2013BAD14B0202)。
作者简介:魏浩华,男,在读硕士,研究方向:林木遗传育种。E-mail:349268465@qq.com
*通信作者:魏安智,男,教授,研究方向:林木遗传育种。E-mail:weianzhi@126.com

kernel shape index). The results could provide a possibility to simplify the character indices for others crops.
Key words:apricot;kernal; principal component analysis;clustering analysis

杏树为蔷薇科(Rosaceae)杏属(*Armeniaca*)植物^[1-2],是我国重要的经济树种,其果肉甘美酸甜,营养丰富,是世界性水果之一,其果仁营养价值较高,有一定的药理作用,是我国传统的出口物资^[3]。杏树原产我国,在我国栽培历史悠久,起源中心(多样化中心或基因中心)在新疆^[4],种质资源丰富,约有1 400多个品种^[5]。在长期的栽培和驯化中,形成了以利用果实为主的鲜食杏,以利用果仁为主的仁用杏,及果实和果仁均可利用的仁肉兼用杏。目前,对于鲜食杏的果实品质和产量及栽培技术的研究较多^[6-7],对其杏仁的研究较少,尤其对鲜食杏与仁用杏杏仁比较的研究更少。对20个杏树品种的果核、果仁等11个数量性状指标测定的数据,利用相关性分析、主成分分析及聚类分析方法比较和分析,将该11个果核性状指标简化为少数几个,为选育仁肉兼用型杏树优良品种提供较为简捷的评价方法。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地在西北农林科技大学渭河试验站杏品种园(34.18°N,108.27°E)。渭河试验站地处陕西省周至县富仁乡渭兴村,年平均气温约12℃,年均降水量500~600 mm左右,海拔378 m,土壤为渭河滩地沙壤土^[8]。无霜期225 d,属于暖温带半湿润大陆性季风气候,沙质土壤,中等管理水平。

1.2 试验材料

供试杏树为10年生,栽植株行距3 m×4 m。采用完全随机设计,5株小区,3次重复。杏果实均于2013年6月完全成熟(根据果实硬度、口感、果皮颜色进行判断)时采样。取样时,在树冠外围中上部的东、南、西、北4个方向,随机选取无病虫害和机械伤害、大小基本一致的20个果实带回实验室,供测定果核和果仁的纵径、横径、侧径和干重等指标。

1.3 试验方法

1.3.1 果核和果仁数量指标的测定 将果实去除果肉,用游标卡尺分别测量核纵径、核横径、核侧径,精确到0.01 mm;再将果核去除果壳,用游标卡尺测定仁纵径、仁横径、仁侧径,精确到0.01 mm;将果核放在38℃下干燥48 h,45℃下干燥48 h,60℃下干燥48 h,把充分干燥的果核冷却至常温,用电子天平称量核干重、仁干重,精确到0.01 g。

1.3.2 核型指数和仁型指数的计算

核型指数=核纵径/核横径 (1)

仁型指数=仁纵径/仁横径 (2)

1.3.3 出仁率的计算

出仁率/%=仁干重×100/核干重 (3)

1.4 数据处理

由标准差与均值的比值得出杏树果核各性状的变异系数,对20个杏品种的11个果核性状指标,运用SPSS19.0软件进行品种间单因素方差分析和相关分析以及主成分分析^[9-10],并对主成分值和少数几个具有代表性的果核性状指标在20个杏树品种间进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 杏树果核各性状分析

由单因素方差分析可得,杏树各品种的果核性状指标,即核纵径、核横径、核侧径、核型指数、核干重、仁纵径、仁横径、仁侧径、仁型指标、仁干重以及出仁率之间的差异均达到了显著水平。由表1可知,杏树各品种间,仁干重的变异系数最大(32.44%),其次为核干重(31.41%);核横径的变异系数最小(8.60%)。说明品种之间仁干重有较大差异,核横径的差异较小。这为选择仁干重较大的品种奠定了种质资源基础。

表 1 杏树各品种果核各指标分析

Table 1 Character indices analysis of the apricot

项目	核纵径 /mm	核横径 /mm	核侧径 /mm	核型 指数	核干重 /g	仁纵径 /mm	仁横径 /mm	仁侧径 /mm	仁型 指数	仁干重 /g	出仁率/%
极小值	18.68	15.44	8.99	1.07	0.94	13.24	9.12	3.88	1.22	0.23	23.04
极大值	28.11	20.82	13.56	1.57	3.41	20.22	13.78	7.25	1.72	0.82	39.80
均值	24.39	18.75	11.61	1.30	1.73	16.94	11.48	5.93	1.48	0.52	32.23
标准差	2.83	1.61	1.06	0.12	0.54	2.23	1.37	0.91	0.14	0.17	5.24
变异系数/%	11.60	8.60	9.12	9.11	31.41	13.17	11.90	15.40	9.17	32.44	16.25

2.2 杏树果核性状之间相关性分析

核干重与仁横径、仁干重、核纵径、核横径呈极

显著正相关,核干重与仁纵径、仁侧径呈显著正相关。核干重与核侧径、核型指数相关不显著(表2)。

表 2 杏树果核性状指标之间的相关性分析

Table 2 Correlation coefficient between the character indices of the apricot

性状指标	核纵径	核横径	核侧径	核型指数	核干重	仁纵径	仁横径	仁侧径	仁型指数	仁干重	出仁率
核纵径	1										
核横径	0.655**	1									
核侧径	0.484*	0.627**	1								
核型指数	0.674**	-0.113	0.073	1							
核干重	0.675**	0.618**	0.401	0.281	1						
仁纵径	0.873**	0.671**	0.206	0.473*	0.558*	1					
仁横径	0.626**	0.845**	0.333	-0.023	0.623**	0.762**	1				
仁侧径	0.553*	0.235	0.517*	0.523*	0.455*	0.283	0.295	1			
仁型指数	0.464*	-0.151	-0.108	0.762**	-0.012	0.448*	-0.235	0.069	1		
仁干重	0.876**	0.745**	0.420	0.418	0.693**	0.866**	0.873**	0.586**	0.115	1	
出仁率	0.593**	0.199	-0.025	0.577**	0.382	0.590**	0.450*	0.652**	0.286	0.710**	1

注：* * 在 0.01 水平(双侧)上显著相关,* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

仁干重除与核侧径、核型指数相关不显著外,与其他指标均达到极显著正相关。但与核纵径相关系数最大,其次为仁纵径、仁横径。说明仁干重与核长短有较大关系,同时与仁的大小也有较大关系。因此,在选择仁用杏品种时以果核较长,果仁较大的品种为好。

出仁率与仁干重、核纵径、仁纵径、仁侧径极显著正相关,与仁横径显著正相关。其中与仁干重相关系数最大。出仁率与核横径、核侧径、核干重相关不显著,因此,在选择仁用杏品种时以果核较长,果仁较大的品种为好。

以上 3 指标综合分析可得,核纵径和仁纵径是选择仁用杏的重要指标,其次为仁横径、仁侧径。

2.3 杏树果核性状主成分分析

为了对 11 个性状贡献率的大小进行定量评价,用主成分分析的方法将多个性状指标转化为少数几个可代表多种信息的综合指标,以便可以进一步分析各性状贡献率的大小。提取成分所对应的特征值大于 1 的前 m 个成分为主要成分。特征值在某种程度上反映了主成分影响力度的大小,如果特征值小于 1,说明该主成分的影响力度不大,不及原变量的平均影响力度大,所以,可以用特征值大于 1 作为纳入标准。11 个成分中特征值 >1 的共有 3 个,即 $m=3$ 。其中第 1 主成分的特征值为 5.826,贡献率为 52.967%,代表了全部信息的 52.9%,是最主要的主成分;第 2 主成分的特征值为 2.317,贡献率为 21.06%,代表了全部信息的 21.1%;第 3 主成分的特征值为 1.157,贡献率为 10.52%,代表了全部信息的 10.5%;其它成分的贡献率依次减少(表 3)。因前 3 个主成分的累积方差贡献率高达 84.55%,此 3 主成分可定义为是杏树 11 个果核性状指标的重要主成分。

表 3 3 个主成分的特征值、方差贡献率及累计方差贡献率

Table 3 The eigenvector, variance contribution rate and cumulate variance contribution rates of 3 principal component of the apricot

成分	初始特征值		
	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	5.826	52.967	52.967
2	2.317	21.063	74.030
3	1.157	10.520	84.551
4	0.953	8.663	93.213
5	0.462	4.197	97.410
6	0.150	1.364	98.774
7	0.076	0.695	99.469
8	0.045	0.407	99.876
9	0.012	0.112	99.988
10	0.001	0.011	99.999
11	0.000	0.001	100.000

表 4 杏树果核性状指标主成分对应的载荷矩阵

Table 4 Principal component matrix for the character indices of the apricot

性状指标	主成分		
	主成分 1	主成分 2	主成分 3
核纵径	0.95	0.18	-0.02
核横径	0.74	-0.58	-0.13
核侧径	0.50	-0.38	0.60
核型指数	0.53	0.80	0.15
核干重	0.76	-0.21	0.07
仁纵径	0.88	0.10	-0.43
仁横径	0.79	-0.49	-0.29
仁侧径	0.64	0.17	0.66
仁型指数	0.25	0.83	-0.19
仁干重	0.97	-0.10	-0.08
出仁率	0.69	0.38	-0.01

通过各主成分载荷与标准化性状指标,分别计算出 20 个杏品种前 3 个主成分的主成分值。主成分是由原始变量经过正规线性化组合而形成的函数,因此可以根据各性状指标相关矩阵的特征值

(表 4),得出前 3 个主成分以及综合主成分的相关函数方程式:

$$P_1=0.39X_1+0.31X_2+0.21X_3+0.22X_4+0.31X_5+0.36X_6+0.33X_7+0.27X_8+0.11X_9+0.40X_{10}+0.29X_{11};$$

$$P_2=0.12X_1-0.38X_2-0.25X_3+0.53X_4-0.14X_5+0.07X_6-0.32X_7+0.11X_8+0.55X_9-0.06X_{10}+0.25X_{11};$$

$$P_3=-0.02X_1-0.12X_2+0.56X_3+0.14X_4+0.07X_5-0.40X_6-0.27X_7+0.62X_8-0.18X_9-0.08X_{10}-0.01X_{11};$$

$$P=0.27X_1+0.08X_2+0.14X_3+0.29X_4+0.17X_5+0.19X_6+0.09X_7+0.27X_8+0.18X_9+0.23X_{10}+0.24X_{11}.$$

(P_1 、 P_2 、 P_3 代表前 3 个主要成分, P 代表综合主成分, $X_1\sim X_{11}$ 分别对应的 11 个果核性状指标为:核纵径、核横径、核侧径、核型指数、核干重、仁纵径、仁横经、仁侧径、仁型指标、仁干重以及出仁率)。通过计算不同品种的 P_1 、 P_2 、 P_3 及 P 值以对其在核纵径、核横径、核侧径、核型指数、核干重、仁纵径、仁横经、仁侧径、仁型指数、仁干重以及出仁率等方面进行评价。

2.4 杏树果核性状聚类分析

2.4.1 杏树果核性状指标主成分聚类分析 基于上述主成分分析的结果,利用系统聚类分析法,对 3 个主成分中 11 个果核性状指标的特征向量(表 4)进行分析,其中具有密切相关性或偏相关性的果核性状指标可以同聚为一类,可从同为一类的指标中挑选出 1 个指标来代表这一类中的其余指标,从而达到简化的目的;具有相对独立性的指标可以单为 1 类。由聚类分析结果可知,欧式距离为 10 时,可将上述 11 个果核性状指标划分为 4 类(图 1):1)核横经、仁横经、核干重、核纵径、仁干重、仁纵径;2)核侧径和仁侧径;3)核型指数和出仁率;4)仁型指数。所以,此 4 个类别中的指标可代表上述 11 个果核性状指标,为指标简化提供了可能。

2.4.2 杏树品种间的聚类分析 根据上述 11 个果核性状指标主成分分析的结果,前 3 个主成分能反映该 20 个杏树品种的全部信息,列出 3 个主成分方程。将所有果核性状指标进行标准化处理,由原指标的观测值标准化后的数据计算出 3 个主成分的值,据此对主成分值在 20 个杏树品种间进行聚类分析。在欧式距离为 10 时,20 个杏树品种可以分为 5 类,1)油仁、丰仁、超仁、国仁、供佛杏、争魁、优一、新世纪一号;2)金太阳、沙金红;3)莱西金杏、试管一号;4)意大利一号、银香白;5)唐士勇、甜仁红、

冀光杏、鸡蛋杏、串枝红、日本红杏(图 2)。

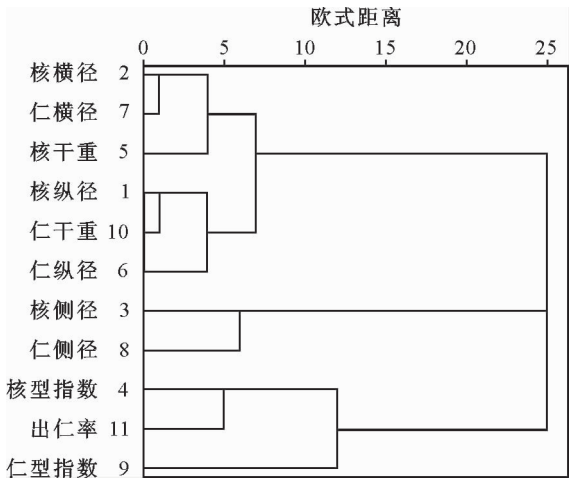


图 1 杏树果核性状聚类图

Fig. 1 Dendrogram of the apricot on character indices

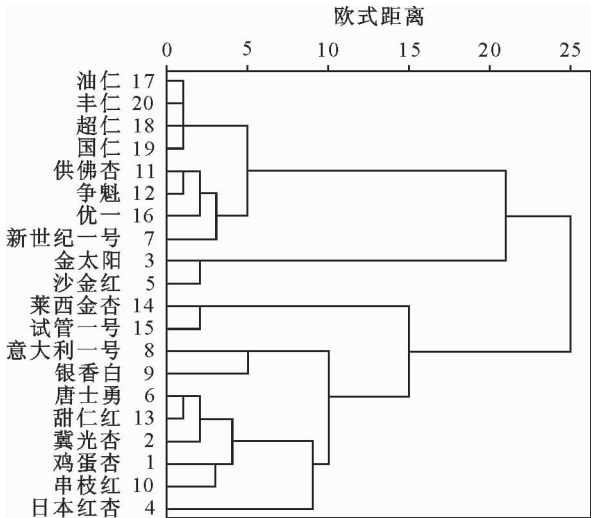


图 2 杏树主成分值系统聚类图

Fig. 2 Dendrogram of the apricot on principal components(PC)

根据果核性状指标主成分聚类后的 4 类指标,从每个类别中选择一个果核性状指标,共有 24 种供试验选择的组合(图 1)。当选择仁侧径、核侧径、出仁率、仁型指数 4 个指标为一组合时,对 20 个杏树品种进行系统聚类,在欧式距离为 10 时,20 个杏树品种可分为 5 类(图 3),第 1 类为油仁、超仁、丰仁、国仁、优一、供佛杏、争魁、新世纪一号;第 2 类为鸡蛋杏、甜仁红、冀光杏、唐士勇、串枝红、日本红杏;第 3 类为莱西金杏、试管一号;第 4 类为金太阳、沙金红;第 5 类为意大利一号、银香白。与图 2 主成分值的分类结果吻合。因此,对于杏树来说,原来的 11 个果核性状指标可由仁侧径、核侧径、出仁率、仁型指数 4 个果核性状指标来代替,从而达到了简化果核性状指标的测定工作的目的。

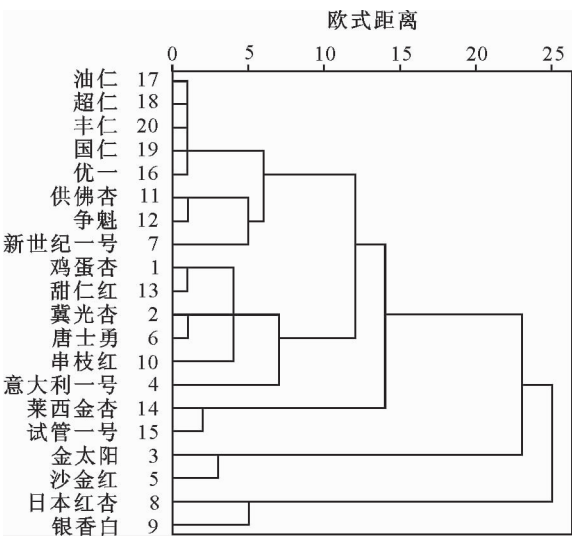


图3 杏树果实性状指标聚类图

Fig. 3 Dendrogram of the apricot on character indices

3 结论与讨论

20个杏树品种间果核性状指标均达到了显著水平。11个果核各性状存在相关性,核的单重、形态与杏树核仁的单重、形态有着密切的相关性,即核的单重和形态由核仁的单重和形态所决定。对20个品种的11个果核性状进行主成分分析,得到3个相互独立的新的综合性指标,此3个主成分概括了所有性状84.55%的信息,能够较全面的反映出果核数量性状的主要信息,经系统聚类分析与主成分分析,11个果核性状指标可简化成仁侧径、核侧径、出仁率、仁型指数4个指标,其所表达的性状差异和特点与11个性状指标所表达的信息基本相同。

在对杏品种变异类型进行选育时应考虑其不同的变异系数,是因为它反映了不同的遗传可塑性和进化保守性的特点。物种进化及新品种形成的前提是性状变异,群体内性状变异幅度或变异程度越大,说明对种质变异和创新的贡献率越高^[11],本试验杏品种资源在核纵径、核横径、核侧径、核型指数、核干重、仁纵径、仁横经、仁侧径、仁型指数、仁干重以及出仁率11项果核性状指标均存在较大的变异,仁干重变异系数最大,为32.44%,说明这些性状的分布范围比较广,可以作为杏树果核数量性状指标分析的主要性状指标。杏树果核不同性状的进化速度和变异频率不同,性状的变异越大,表明该性状具有越丰富的遗传基础,蕴藏着越大的选择空间。可以把变异系数较大的性状作为杏品种数量分析的主要性状,通过对11个杏果核性状的选择,能选到期望变异类型的概率较大。

当简化指标时,为了保持其原生化和形态指标的大部分信息,考虑多元统计方法的应用^[12]。在不

损失原有信息的前提下,运用主成分分析法可以将原来较多彼此相干的指标转化为相关性较小或彼此不相干的少数几个综合指标^[13],这样可以避免重复信息的干扰。而系统聚类分析法则是指标之间相关性或偏相关程度大小的反映,聚类分析,用数学的方法分析指标间的相干性或不相干性的关系,从而达到客观划分类别的目的^[14]。在简化指标因子时,为了可以保持原来的信息,可以通过使用主成分分析和聚类分析方法,以方便对原始信息的评价^[15]。本研究首先运用主成分分析法对杏树11个果核指标进行分析,得出3个主要成分,再对主成分值和少数几个具有代表性的果核性状指标在20个杏树品种间进行系统聚类分析,将11个性状聚为4大类。从而选出具有代表性的指标,使其作为杏树优良品种选育和评价的重要参考指标,简化了工作程序,达到实用目的。

参考文献:

[1] 俞德俊. 关于核果类植物分类的初步意见[J]. 中国果树, 1959(5):35-38.

[2] 吕增仁. 我国杏研究进展[J]. 河北果树, 1996(1):1-5.

[3] 程林仙, 王万瑞, 仁宗启, 等. 陕北仁用杏气候适宜性区划[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(2):18-21.

CHENG L X, WANG W R, REN Z Q, *et al.* Climatic adaptability division for apricot in northern Shaanxi[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2001, 16(2):18-21. (in Chinese)

[4] 陈学森, 李宪利, 张艳敏, 等. 杏种质资源评价及遗传育种研究进展[J]. 果树学报, 2001, 18(6):178-181.

CHEN X S, LI X L, ZHANG Y M, *et al.* Advances in apricot germplasm resources evaluation and genetic breeding[J]. Journal of Fruit Science, 2001, 18(6):178-181. (in Chinese)

[5] GU M. Apricot cultivars in china[J]. Acta Horticulturae, 1998, 20(9):63-67.

[6] 王伟楠, 任广鑫, 杨改河, 等. 叶面喷施沼肥对杏树果实品质的影响研究[J]. 西北农业学报, 2008, 17(2):132-136.

WANG W N, REN G X, YANG G H, *et al.* Effect of anaerobic fermentation slurry on fruit quality of apricot[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2008, 17(2):132-136. (in Chinese)

[7] 徐养福, 魏安智, 杨途熙, 等. 日光温室与露地栽培杏树花期物候与花型的对比研究[J]. 陕西林业科技, 2005(4):13-15.

[8] 郑元, 杨途熙, 魏安智, 等. 鲜食杏品种的花期调查与分析[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(3):81-83.

ZHENG Y, YANG T X, WEI A Z, *et al.* Investigation and analysis on different-types flowers of *Armeniaca vulgaris* varieties[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(3):81-83. (in Chinese)

[9] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982:393-426.

油茶出籽率相对较高、中果类次之、大果类最低的情况相符。因此,在油茶品种改良中,采用多性状综合选择与特异性状选择相结合,将能获得更大的选择增益。

参考文献:

[1] 马锦林,陈国臣,王东雪,等. 油茶高产栽培技术[M]. 南宁:广西科学技术出版社,2013.

[2] 丁晓纲,张应中,陈清风,等. 广宁红花油茶果实性状的遗传变异规律[J]. 经济林研究,2012,30(2):23-27.
DING X G, ZHANG Y Z, CHEN Q F, *et al.* Law of genetic variation of fruits in *Camellia semiserrata*[J]. Nonwood Forest Research, 2012,30(2):23-27. (in Chinese)

[3] 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,2012,28(3):25-30.
WU W L, LI Y R, FANG L, *et al.* Correlation between genetic variations of nut characters in pecan[J]. Nonwood Forest Research,2012,28(3):25-30. (in Chinese)

[4] 肖良俊,宁德鲁,彭明俊,等. 滇东北核桃优良单株主要经济性状的主成分分析[J]. 西北林学院学报,2013,28(2)79-82
XIAO L J, NING D L, PENG M J, *et al.* Principal component analysis for major economic characteristics of walnut in northeastern Yunnan[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(2)79-82. (in Chinese)

[5] 张雨,陆斌,冯倩,等. 海拔高度对三台核桃果实性状变异规律研究[J]. 西北林学院学报,2011,26(4):108-111
ZHANG Y, LU B, FENG Q, *et al.* Variation of fruit characters of walnut under different elevations[J]. Jorunal of Northwest Forestry University, 2011,26(4):108-111. (in Chinese)

[6] 李小琴,彭明俊,段安安,等. 基于坚果性状的滇东北地区核桃选优[J]. 西南林业大学学报,2011,31(6):17-20
LI X Q, PENG M J, DUAN A A, *et al.* Superior walnut tree selection based on nut characters in northeast of Yunnan province[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2011,31(6):17-20. (in Chinese)

[7] 杨杨,陈永忠,王瑞,等. 油茶遗传变异特性研究进展[J]. 湖南林业科技,2010,37(3):19-23.
YANG Y, CHEN Y Z, WANG R, *et al.* Reaearch progress on genetic variation characters of *Camellia oleifera* [J]. Hunan Forestry Science & Technology, 2010,37(3):19-23. (in Chinese)

[8] 黄勇,姚晓华,王开良,等. 小果油茶种实形态变异频率及其多样性指数分析[J]. 江西农业大学学报,2011,33(2):292-299.
HUANG Y, YAO X H, WANG K L, *et al.* Analysis on variation frequency of fruits and seed characteristics and diversity index in *Camellia meiocarpa* Hu. [J]. Acta Agriculture Universitatis Jiangxiensis,2011,33(2):292-299. (in Chinese)

[9] 黄勇,姚晓华,王开良,等. 小果油茶种实表型性状遗传多样性研究[J]. 安徽农业大学学报,2011,38(5):698-707.
HUANG Y, YAO X H, WANG K L, *et al.* Genetic diversities of phenotypical traits of fruit and seed in *Camellia meiocarpa* Hu. [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2011,38(5):698-707. (in Chinese)

[10] 靳高中. 腾冲红花油茶主要性状变异分析[D]. 重庆:西南大学,2012.

[11] 孙佩光. 广宁红花油茶种质特性与变异研究[D]. 北京:北京林业大学,2012.

[12] 刘子雷. 浙江红花油茶主要性状变异规律研究[D]. 重庆:西南大学,2007.

[13] 黄开顺,陈江平,候立英,等. 不同栽培区岑溪软枝油茶无性系果实表型性状的差异[J]. 广西林业科学,2011,40(4):251-254.
HUANG K S, CHEN J P, HOU L Y, *et al.* Differences between fruit phenotypic characters of Cenxi soft-branch *Camellia oleifera* clones in different cultivation areas[J]. Guangxi Forestry Science,2011,40(4):251-254. (in Chinese)

[14] 孔繁玲. 植物数量遗传学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2005

[15] 王娜. 早实核桃自然实生后代部分表型性状的遗传变异研究[D]. 济南:山东农业大学,2010.

(上接第 84 页)

[10] 白沙沙,毕金峰,王沛,等. 基于主成分分析的苹果品质综合评价研究[J]. 食品科技,2012,37(1):54-57.

[11] 杨雷. 酸枣种质资源果实营养成份分析及种质评价[D]. 保定:河北农业大学,2004:38.

[12] 魏钦平,程述汉,丁殿东. 苹果品质评价因素的选择[J]. 中国果树,1997(4):14-15.
WEI Q P, CHENG S H, DING D D. Selection of factors for evaluating apple(*Malus pumila* Mill) fruit quality[J]. China Fruits, 1997(4):14-15. (in Chinese)

[13] 张振文,姚庆群. 主成分分析法在芒果贮藏特性分析中的应用[J]. 亚热带植物科学,2005,34(2):25-28.

ZHANG Z W, YAO Q Q. Application of the principle component analysis on mango storage characteristic [J]. Subtropical Plant Science,2005,34(2):25-28. (in Chinese)

[14] 张君萍. 新疆杏与华北杏果实主要营养成分比较分析[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2006:3.

[15] 雷莹,张红艳,宋文化,等. 利用多元统计法简化夏橙果实品质的评价指标[J]. 果树学报,2008,25(5):640-645.
LEI Y, ZHANG H Y, SONG W H, *et al.* Utilization of multivariate statistics in simplifying the indices of fruit quality evaluation on late orange cultivars[J]. Journal of Fruit Science, 2008,25(5):640-645. (in Chinese)