

杏 16 个主要农艺性状的多元统计分析

陈毅琼, 刘玉林, 杨途熙, 魏浩华, 魏安智*

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:研究选取具有代表性的 17 份杏品种,应用相关性分析、主成分分析与 Q 型聚类分析对杏的 16 项主要农艺性状进行多元统计研究。结果表明,提出的 5 个反映杏主要农艺性状的主成分,累积方差贡献率达到 87.17%。果实产量与叶长、叶宽呈极显著和显著正相关,而果实单果重与出核率之间呈极显著负相关。通过聚类分析将 17 个杏品种分为 3 组,第 1 组包括 10 个品种,核仁干重和出核率均值最高,但冠幅、树高和地径最小;第 2 组冠幅、树高、地径及单果果重最大;第 3 组叶长、叶宽、果实产量和出仁率最高。研究结果为杏品种的栽培与选育提供了数据参考。

关键词:杏;农艺性状;相关性分析;主成分分析;聚类分析

中图分类号:S662.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)05-0151-06

Multivariate Statistical Analysis for Sixteen Main Agronomic Traits of Apricots

CHEN Yi-qiong, LIU Yu-lin, YANG Tu-xi, WEI Hao-hua, WEI An-zhi*

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Multivariate statistical analysis, such as correlation, Q-type clustering and principal component analysis was adopted to study 16 main agronomic traits of 17 apricot varieties to provide basic data for breeding and fine variety selection. Five principal components were put forward to reflect 16 main agronomic traits of apricots with the cumulative variance contribution of 87.17%. Highly significant positive and significant positive correlations were observed between fruit yields and leaf length and leaf width, respectively, and highly significant negative correlations between single fruit weight and stone rate. Seventeen varieties were classified into three groups by clustering analysis. The first group included 10 varieties, which exhibited the highest mean value of dry weight of kernels and the rate of outputting of cores, but smallest crown diameter, tree height and ground diameter. The second group demonstrated the largest crown diameter, tree height, ground diameter and weight of single fruit. And the third group was characterized by their longest leaf length and width, high fruit yield and the highest rate of outputting of kernels. These results would provide reference data for cultivation and breeding of apricots.

Key words: apricot; agronomic traits; correlation analysis; principal component analysis; clustering analysis

杏原产于我国,是世界范围内重要的经济树种,其果肉、果仁均可食用。具不完全统计,全世界共有 10 个种的杏属植物,约 3 000 个品种。我国有 9 个种 13 个变种,约有 2 000 个品种和类型,因而为我国杏优良品种选育与研究提供了丰富的种质资源^[1-2]。由于我国杏资源分布较为广泛(华北、西北、

东北和华东等地区均有种植),品种众多,且不同杏品种品质差异较大,在种植方面也多以地方品种居多,很多优势品种没有形成种植规模^[3]。随着杏产业的快速发展,迫切需要对其主要的农艺性状做出客观的分析与评价,以满足杏品种的选育与推广。

近年来,各类型的分子标记如 SSR、ISSR、

收稿日期:2014-11-11 修回日期:2015-03-10

基金项目:国家科技支撑计划子课题“仁用杏低产林改造技术集成与示范”(2013BAD14B0202)。

作者简介:陈毅琼,女,在读硕士,研究方向:森林培育。E-mail:cyqq017@126.com

* 通信作者:魏安智,男,教授,博士生导师,研究方向:森林培育与林木遗传育种。E-mail: weianzhi@126.com

AFLP、SNP 等被广泛应用于物种的分类当中^[4-6]，但形态学特征,作为物种最直观的变现形式,结合主成分分析,相关性分析以及聚类分析依然在品种分类与选育中发挥着重要的作用,如文冠果^[7]、枣^[8]、苹果^[9]、核桃^[10]等。

因此,本试验以银香白、沙金红、超仁等具有代表性的 17 个同龄、自然生长的杏品种为材料,分别对其叶长、叶宽、叶柄长、主枝、二次枝、节间长、南北冠幅、东西冠幅、树高、地径、果实结果量、果实单果重、核仁干重、果实产量、出核率、出仁率等 16 个与杏树体、果实及果仁密切相关的农艺性状进行观测记录,利用 Excel 和 SPSS 软件对数据进行统计及

相关性分析、主成分分析和聚类分析,旨在探求在自然生长状态下杏树体指标、果实性状之间的相关性,得到较为全面、客观的结论,为杏优良品种的选育和改良提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验材料来源于西北农林科技大学渭河试验站杏树种质资源圃,共包含 17 个杏树品种(均为 10 a 树龄,自然生长,未用人工对树形进行修剪),其中仁用杏品种 3 个,鲜食杏品种 14 个(表 1)。

表 1 17 个杏品种农艺特征及性状变异分析

Table 1 Fruit characters of 17 apricot varieties and analysis of variation

编号	品种	类型	叶片长 /cm	叶片宽 /cm	叶柄长 /cm	主枝数 /个	二次枝数 /个	节间长 /cm	南北冠幅 /m	东西冠幅 /m	树高 /m	地径 /cm	单株结果数/个	果实单果重/g	果实产量 /g	核仁干重 /g	出核率 /%	出仁率 /%
1	鸡蛋杏	鲜食杏	7.60	5.99	3.60	5	14	2.20	4.75	4.50	4.22	7.27	101	41.034	4144.434	0.5027	4.3	34.8
2	沙金红	鲜食杏	9.04	6.87	2.12	5	12	1.56	4.29	3.68	5.15	7.66	1525	19.321	29464.530	0.2977	5.8	35.8
3	味馨	鲜食杏	6.12	4.73	2.39	4	7	1.25	3.05	2.85	2.55	4.15	198	31.610	6258.780	0.3505	6.3	22.7
4	银香白	鲜食杏	7.59	5.67	2.86	5	12	1.58	3.38	3.51	4.22	8.41	288	42.049	12110.110	0.3195	3.7	23.0
5	串枝红	鲜食杏	7.06	5.59	3.33	6	18	1.97	3.97	4.03	5.85	8.25	262	44.050	11541.100	0.5898	4.4	36.1
6	供佛杏	鲜食杏	6.63	5.21	2.55	4	24	1.40	3.15	2.65	5.15	4.95	650	42.468	27604.200	0.4790	4.1	30.5
7	争魁	鲜食杏	6.84	5.53	3.08	8	18	1.67	4.73	4.72	6.38	9.97	422	41.396	17469.110	0.4852	4.8	28.6
8	莱西金杏	鲜食杏	7.81	6.24	3.84	4	11	1.17	4.22	3.85	5.30	6.38	657	22.897	15043.330	0.4774	6.4	36.6
9	试管一号	鲜食杏	8.26	7.20	4.10	5	10	1.52	3.33	3.50	4.93	6.20	768	31.604	24271.870	0.5090	5.2	33.8
10	油仁	仁用杏	6.90	5.87	2.92	4	13	1.8	3.23	3.47	5.13	6.92	348	12.856	4473.888	0.7324	20.2	33.8
11	超仁	仁用杏	7.09	5.60	2.97	4	8	1.58	2.93	2.70	3.35	5.61	279	11.837	3302.523	0.7406	20.5	37.3
12	丰仁	仁用杏	6.97	5.49	2.89	4	16	1.44	3.03	3.28	3.93	6.36	290	11.538	3346.020	0.7211	21.4	34.9
13	胡安娜	鲜食杏	6.83	5.18	3.25	4	11	1.40	2.74	2.80	4.94	7.42	50	35.700	1785.000	0.5000	5.9	23.8
14	草丕杏	鲜食杏	6.29	5.03	3.08	4	10	1.30	2.68	2.78	4.54	7.86	187	26.630	4979.810	0.7200	10.3	26.3
15	金太阳	鲜食杏	5.91	4.80	3.21	4	10	1.30	0.90	1.10	1.80	2.50	264	25.805	6812.520	0.2249	4.3	23.5
16	泾阳黄	鲜食杏	7.23	6.44	3.06	5	8	2.50	2.80	3.30	3.80	3.50	251	27.452	6890.450	0.1915	2.9	29.1
17	细黑叶杏	鲜食杏	6.40	4.45	3.02	4	10	1.50	2.42	2.53	3.33	5.57	78	29.179	2275.960	0.6018	9.3	28.6
	均值		7.09	5.64	3.07	5	12	1.60	3.27	3.25	4.39	6.41	389	29.260	10692.567	0.4967	8.2	30.5
	最大值		9.04	7.20	4.10	8	24	2.50	4.75	4.72	6.38	9.97	1525	44.050	29464.530	0.7406	21.4	37.3
	最小值		5.91	4.45	2.12	4	7	1.17	0.90	1.10	1.80	2.50	50	11.538	1785.000	0.1915	2.9	22.7
	标准差		0.846	1.089	0.410	0.707	2.828	0.495	1.648	1.393	0.629	1.20	16.263	8.383	1321.211	0.0700	3.5	4.4
	变异系数/%		11.93	19.31	13.36	14.14	23.57	30.94	50.40	42.86	14.33	18.75	4.181	28.65	12.356	14.093	42.683	14.426

1.2 试验方法

对 17 个杏品种的 16 个农艺性状进行统计,所有性状设 3 次重复(3 个单株)求均值。具体测定方法参考蒲富慎^[11]的描述规则进行测量。

树体指标:借助皮尺测量树高、节间长,投影法得到南北冠幅、东西冠幅,计数得主枝数、二次枝数量;用地径尺以树基部距离地面 10 cm 处为基准测得地径值。

叶片指标:每个单株随机摘取成熟叶片(连同叶柄)10 片,分别取叶片最长、最宽处作为叶长、叶宽,用游标卡尺对叶长、叶宽、叶柄长进行测量。

果实指标:在成熟期用竹竿敲下果实,统计果实

结果量;电子称称量果实总产量产量;分析天平称量鲜果单果重及核仁干重。

1.3 数据处理

利用 window office 2010 中 Excel 建立杏品种原始数据表,并计算各项指标均值、果实产量、出核率、出仁率等。利用 SPSS18.0 软件进行相关性分析、主成分分析及聚类分析,具体方法参照赫黎仁^[12]等方法。

2 结果与分析

2.1 杏各项指标测定

本次试验共测得 17 个杏品种 16 项农艺性状

表 2 杏农艺性状之间的简单相关系数

Table 2 Simple correlation coefficients of agronomic traits of apricot varieties

性状	单株 结果数	单果重	单株 果实产量	核仁 千重	叶长	叶宽	叶柄长	主枝数	二次 枝数	节间长	地径	树高	南北 冠幅	东西 冠幅	出核率	出仁率
单株结果数	1															
单果重	-0.189	1														
果实产量	0.859 **	0.254	1													
核仁千重	-0.260	-0.341	-0.333	1												
叶长	0.736 **	-0.079	0.580 **	-0.165	1											
叶宽	0.651 **	-0.137	0.541 *	-0.177	0.896 **	1										
叶柄长	-0.245	0.164	-0.120	0.162	0.133	0.301	1									
主枝数	0.143	0.500 *	0.341	-0.176	0.237	0.272	0.109	1								
二次枝数	0.163	0.425 *	0.441 *	0.184	-0.001	-0.043	-0.112	0.361	1							
节间长	-0.155	0.185	-0.129	-0.156	0.234	0.381	0.110	0.408	0.059	1						
地径	0.129	0.288	0.173	0.371	0.364	0.199	0.077	0.586 **	0.367	0.056	1					
树高	0.366	0.302	0.493 *	0.260	0.459 *	0.443 *	0.175	0.567 **	0.588 **	0.159	0.777 **	1				
南北冠幅	0.364	0.282	0.401	0.102	0.619 **	0.514 *	0.094	0.592 **	0.376	0.301	0.700 **	0.734 **	1			
东西冠幅	0.209	0.283	0.260	0.128	0.568 **	0.537 *	0.210	0.677 **	0.323	0.452 *	0.728 **	0.741 **	0.951 **	1		
出核率	-0.141	-0.794 **	-0.430 *	0.758 **	-0.138	-0.113	-0.150	-0.384	-0.097	-0.147	0.014	-0.123	-0.153	-0.119	1	
出仁率	0.421 *	-0.371	0.247	0.440 *	0.574 **	0.578 **	0.234	0.081	0.242	0.264	0.199	0.412	0.521 *	0.470 *	0.389	1

注: * 表示在 0.01 水平上极显著相关, * 表示在 0.05 水平上显著相关。

(表 1)。由表 1 可以看出,不同杏品种在各项指标方面差异较大,遗传变异较为丰富,不同性状在不同材料间多样性较为丰富。其中,沙金红叶最长(9.04 cm);试管一号叶宽、叶柄长的值最大,分别达到 7.20 cm 和 4.10 cm;主枝数最多的是争魁,供佛杏二次枝数最多,节间长最大的是泾阳黄;鸡蛋杏、供佛杏的冠幅较其他品种的更大;争魁的平均树高、地径值优于其他杏品种。果实单果重最大者为串枝红(44.05 g),最小值为丰仁(11.53 g),品种间差异明显;超仁核仁干重最大(0.74 g),泾阳黄最小,仅为 0.19 g。

2.2 杏资源数量指标与主要经济指标的相关分析及偏相关系数

将 17 份杏品种的 16 个农艺性状进行相关性分析(表 2)。结果显示,单株结果数与叶长、叶宽极显著正相关,与出仁率显著正相关。果实单果重与主枝数、二次枝数呈显著正相关,与出核率极显著负相关。单株果实产量与叶长极显著正相关,与叶宽、二次枝数、树高之间显著正相关,且与出核率呈显著负相关;核仁干重与出核率、出仁率之间呈极显著正相关;叶宽、主枝数和地径均与树高、冠幅之间呈极显

著正相关,而叶宽与出仁率极显著正相关;主枝数与地径呈极显著正相关;二次枝数与树高极显著正相关;树高与冠幅间存在极显著正相关关系;南北冠幅、东西冠幅均与出仁率呈显著正相关。综上,地径越粗,主枝数越多;二次枝数越多,相应的叶片越大;单株结果数越多,出仁率越高;随着单果重的增加,单株果实产量和出核率的值反而有所降低,可能单果重增加会影响单株结果数量。

2.3 农艺性状的因子分析与主成分分析

利用 SPSS 软件对杏的 16 个农艺性状进行主成分分析,计算特征特征值和贡献率,并根据特征值的最大绝对值所在位置得出其所属的主成分。通过因子分析(以特征值累积比例的临界值为 0.85 计算),可以确定主成分为 5 个,累积方差贡献率为 87.17%(表 3)。由表 3 可以看出,16 个原始变量中,第 1 主成分对方差贡献率为 36.683%;第 2 主成分对方差贡献率为 17.764%;第 3 主成分对方差贡献率为 15.582%;第 4 主成分对方差贡献率为 10.769%;第 5 主成分对方差贡献率为 6.371%,基本可反映出 16 个原始指标的绝大部分信息值,具有较强的信息代表性。

表 3 各性状主成分的特征向量及贡献率

性状	成份				
	1	2	3	4	5
单株结果数	−0.030	0.282 *	−0.009	−0.161	−0.168
果实单果重	0.140	−0.124	−0.275 *	−0.066	0.121
单株果实产量	0.048	0.215	−0.127	−0.268 *	−0.069
核仁干重	0.162	−0.105	0.287 *	−0.160	0.136
叶长	−0.060	0.247 *	0.012	0.062	0.067
叶宽	−0.102	0.247 *	0.005	0.115	0.156
主枝数	0.145	−0.061	−0.103	0.193 *	−0.097
叶柄长	−0.041	0.021	−0.064	−0.180	0.789 *
节间长	−0.053	−0.052	−0.002	0.604 *	−0.161
二次枝数	0.251 *	−0.069	−0.006	−0.183	−0.175
地径	0.241 *	−0.071	0.059	−0.044	0.011
南北冠幅	0.150 *	0.034	0.031	0.121	−0.044
东西冠幅	0.141	−0.005	0.035	0.216 *	0.005
树高	0.218 *	0.018	0.021	−0.128	0.071
出核率	0.021	−0.030	0.347 *	0.045	−0.143
出仁率	0.015	0.140	0.209 *	0.046	0.076
特征值	5.869	2.842	2.493	1.723	1.019
贡献率	36.683	17.764	15.582	10.769	6.371
累积贡献率	36.683	54.447	70.030	80.798	87.170

注: * 各指标在因子中的最大绝对值。

决定第 1 主成分的主要包括树高、南北冠幅、地径和二次枝数等 4 个指标,相当于 5.869 个原始指标,共同反映了原始指标信息值的 36.683%。这几项指标主要反映树体大小信息,可将其归为“树体繁

茂因子”;决定第 2 主成分的是单株结果数、叶长和叶宽等 3 个指标,相当于 2.842 个原始指标的作用,可反映原始指标信息值的 17.764%。这几个指标主要代表果实、叶片的信息,可将其归为“叶片果实

因子”;决定第 3 主成分的是果实单果重、核仁干重、出核率和出仁率等 4 个指标,与果实单果重之间呈现出较强的负相关性,独立反映了原始信息的 15.582%,可认为是“经济性状因子”;决定第 4 主成分的是单株果实产量、主枝数、节间长和东冠幅 4 个指标,与单株果实产量呈较强的负相关性,相当于 1.723 个原始指标的作用,反映了原始指标信息值的 10.769%。可认为是“树体次生因子”;决定第 5 主成分的是叶柄长,单独反映出原始指标信息的 6.371%,认定为是“叶柄因子”。

2.4 杏 Q 型聚类结果

为探究影响杏不同品种间差异显著的主要原因,本研究选取欧式距离,以组内连接法对上述 17 个杏品种进行 Q 型聚类。聚类最小系数为 45.589,最大系数为 9 943.522,在欧氏距离为 9.15 阈值时,所选的 17 分品种被分为 3 组(表 4,图 1)。综合聚类使同组品种大多数表现相近,少数指标有差异,分组结果更具整体性和合理性。第 1 组包括鸡蛋杏、味馨、油仁、超仁、丰仁、胡安娜、草丕杏、金太阳、泾阳黄和细黑叶杏等 10 个品种,占总供试材料的 58.82%,其核仁干重和出核率均值在 3 组中最高,但冠幅、树高和地径却最小;第 2 组包括银香白、串枝红、争魁和莱西金杏等 4 个品种,与第 1 组形成明显对比,平均冠幅、树高、地径最大。此外,单果果重也是 3 组中最大;第 3 组包括沙金红、供佛杏和试管一号 3 个品种,平均叶长、叶宽、果实产量和出仁率在 3 组中最高。

表 4 不同类别各指标均值

Table 4 Average characters in each cluster

类别	I	II	III
品种序号	1, 3, 10, 11, 12, 13, 14, 15,16,17	4,5,7,8	2,6,9
叶片长/cm	6.73	7.33	7.98
叶片宽/cm	5.36	5.76	6.43
叶柄长/cm	3.04	3.28	2.92
主枝数/个	4	6	5
二次枝数/个	11	15	15
节间长/cm	1.63	1.6	1.49
南北冠幅/m	2.85	4.08	3.59
东西冠幅/m	2.93	4.03	3.28
树高/m	3.76	5.34	5.08
地径/cm	5.72	8.25	6.27
单株结果数/个	205	407	981
果实单果重/g	25.36	37.59	31.13
果实产量/g	4426.93	14040.91	27113.53
核仁干重/g	0.53	0.47	0.42
出核率/%	10.5	4.8	5.0
出仁率/%	29.5	31.1	

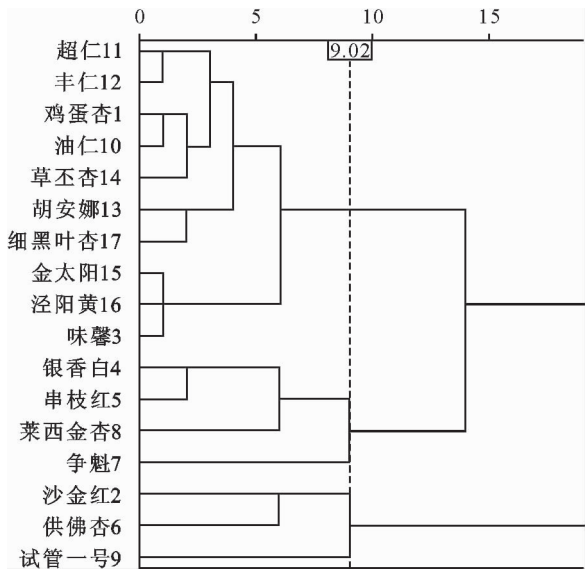


图 1 系统聚类树状图

Fig.1 Dendrogram of cluster analysis

3 结论与讨论

前人对杏品种已做了一些研究,如樊丁宇^[12]等新疆杏品种果实鲜食品质主要评价指标的选择;刘梦培^[14]等将鲜食杏果实品质 10 个评价指标简化为 6 个、将甜仁仁用杏果实 23 个评价指标简化为 9 个指标。但上述研究只是针对食用性作出评价,而没有对杏品种总体农艺性状的的综合联系进行研究。

因此,本研究利用 16 个农艺性状对较为具有代表性的 17 个杏品种进行多元统计分析。从不同杏品种在各项指标方面的差异可以看出,范围基本处在孙浩元^[15]等对杏品种指标的划分区间内。不同性状在不同材料间多样性较为丰富,也充分反映了我国杏资源遗传背景的多样性。

相关性分析表明,杏农艺性状间存在着显著或极显著的正相关,有些性状之间存在着显著或极显著的负相关。如单株结果数与叶长、叶宽和出仁率呈极显著和显著的正相关;果实单果重却与出核率呈极显著负相关;叶宽与出仁率极显著正相关;南北冠幅、东西冠幅均与出仁率呈显著正相关等。此外,本研究还发现叶柄长不与其他 15 个农艺性状存在任何相关性,在此后杏资源的分析中,因而推测此农艺性状可能在杏品种的选育中可能作用不大。

主成分分析是多元统计方法之一,已经用于建立柚和核桃品种分类及果实品质性状遗传多样性的研究^[16-17]。本研究以杏的 16 个主要农艺性状为基础,利用 SPSS 软件计算出各主成分的特征向量和贡献率,并根据各向量的绝对值将不同性状指标划分到不同的主成分之中,同一指标在各因子中的最

大绝对值所在位置即为其所主成分。结果表明前 5 个主成分累积贡献率才达到 87.57%。其中,第 1 主成分占方差贡献率为 36.683%。J. S. Dias^[18] 等指出在主成分分析结果指导育种工作时,理论上应是第 1 主成分值愈大愈好。结合相关分析的结果,在杏品种选育的过程中,枝繁叶茂的品种应多加关注和利用。

通过聚类分析既能得知类群间的相互关系,也可以明确类群内品种的亲疏远近,且参与聚类的性状尤其是对评价指标具有重要作用的性状越多,越能综合反映出客观实际,因而是近年来研究品种资源和亲本选配的较为有效的方法。研究发现,通过多个性状所得到的聚类结果稳定性更强^[19-20]。本研究根据杏的 16 项农艺性状将 17 个杏品种分为 3 类。第 1 类由于其核仁干重和出核率均值最高,且冠幅、树高和地径均值最小,品种覆盖了超仁,丰仁和油仁 3 个仁用杏品种,通过聚类,可以推测其他 7 个品种有进一步通过选育,培育成仁用、鲜食两用的品种的潜力;第 2 类平均冠幅、树高、地径和单果果重最大,是杏资源里的大果品种,在大果品种的选育中具有较大的发展潜力;第 3 类平均叶长、叶宽、果实产量最高,推测应该是因为大叶收集到更多的光合产物用于果实的生长发育,使得结果量和单株果实产量都是最高,而其他农艺性状参数大多介于 3 类的中间,推测此类的 3 个品种属于丰产性的品种

主观因素会对聚类结果产生影响,在对杏进行研究时,使用的指标不同,所得到的聚类分析结果也有所差异。未来的研究中,应尽量完善杏品种分类和评价的指标体系,建立科学、合理、规范的评价体系对杏资源的长远发展具有重要意义。

参考文献:

[1] 杨丽,孙浩元,张俊环,等.我国杏育种研究进展[J].北方园艺,2011(12):170-172.
YANG L, SUN H Y, ZHANG J H, *et al.* Brief introduction of research progress on the breeding of apricot in China[J]. Northern Horticulture, 2011(12):170-172. (in Chinese)

[2] 张丽杰,周强,王强恩,等.杏生物技术研究进展[J].西北林学院学报,2010,25(5):53-59.
ZHANG L J, ZHOU Q, WANG Q N, *et al.* Research progress of apricot biotechnology [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(5):53-59. (in Chinese)

[3] 陈学森,李宪利.杏种质资源评价及遗传育种研究进展[J].果树学报,2001,18(3):178-181.
CHEN X S, LI X L. Advances in apricot germplasm resources evaluation and genetic breeding[J]. Journal of Fruit Science, 2001, 18(3):178-181. (in Chinese)

[4] 谢让金,周志钦,邓烈.真正柑橘果树类植物基于 AFLP 分子

标记的分类与进化研究[J].植物分类学报,2008,46(5):682-691.

XIE R J, ZHOU Z Q, DENG L. Taxonomic and phylogenetic relationships among the genera of the True Citrus Fruit Trees Group (Aurantoideae, Rutaceae) based on AFLP markers [J]. Journal of Systematics and Evolution, 2008, 46(5):682-691. (in Chinese)

[5] 冯晨静,张元慧,徐秀英,等.14份杏种质的 ISSR 分析[J].河北农业大学学报,2006,28(5):52-55.
FENG C J, ZHANG Y H, XU X Y, *et al.* Genetic diversity revealed by ISSR marker in apricot[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2006, 28(5):52-55. (in Chinese)

[6] 贾继增.分子标记种质资源鉴定和分子标记育种[J].中国农业科学,1996,29(4):1-10.
JIA J Z. Molecular germplasm diagnostics and molecular marker-assisted breeding [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1996, 29(4):1-10. (in Chinese)

[7] 郭军战,张敏敬,昭雪,等.文冠果数量性状的主成分分析及聚类分析研究[J].西北林学院学报,2012,27(2):66-69.
GUO J Z, ZHANG M F, ZHAO X, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis of quantitative characters of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(2):66-69. (in Chinese)

[8] 樊保国,李月梅,李登科.鲜食枣品质性状的综合评价[J].西北林学院学报,2012,27(2):79-82.
FAN B G, LI Y M, LI D K. Comprehensive assessment of the quality characters of fresh-jujube Cultivars [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(2):79-82. (in Chinese)

[9] 刘大亮,王进,张艳敏,等.新疆野苹果 F₁ 代果实性状的相关分析和主成分分析[J].山东农业科学,2013,45(8):19-24.
LIU D L, WANG J, ZHANG Y M, *et al.* Correlation and principal component analysis on fruit characters of *Malus sieversii* f. *neidzwetzkyana* F₁ progeny [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2013, 45(8):19-24. (in Chinese)

[10] 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)

[11] 蒲富慎.果树种质资源描述符—记载项目及评价标准[M].北京:农业出版社,1990:208-212.

[12] 赫黎仁,樊元,赫哲欧,等.SPSS 实用统计分析[M].北京:中国水利水电出版社,2003:10-12.

[13] 樊丁宇,廖康,杨波,等.新疆杏品种果实鲜食品质主要评价指标的选择[J].中国农学通报,2009,25(22):207-211.
FANG D Y, LIAO K, YANG B, *et al.* Selection of indexes for evaluating fruit table quality on apricot varieties in Xinjiang [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(22):207-211. (in Chinese)

ner of twigs of the chaste of tree[J]. Journal of Forestry Science and Technology,17(1):16-24. (in Chinese)

[4] 胡玉喜,林金星. 高度木质化材料软化的简便方法[J]. 植物杂志,2000(3):31.
HU Y X, LIN J X. Simple methods high-wooded material[J]. Journal of Plants,2000(3):31. (in Chinese)

[5] 佟达,宋魁彦,李坚. 水热—微波软化处理对水曲柳弯曲的影响[J]. 林业科学,2011,47(11):129-132.
TONG D, SONG Y K, LI J. Effect of hydrothermal-micro-wave softened treatment on bending ash wood[J]. Forestry Science,2011,47(11):129-132. (in Chinese)

[6] 叶翠仙,陆继圣,刘经榜. 荷木小径材弯曲工艺[J]. 福建林学院学报,2001, 21(2):135-138.
YE C X, LU J S, LIU J B. Technology of bending for small-diameter logs of schima superba[J]. Journal of Fujian Forestry College, 2001,21(2):135-138. (in Chinese)

[7] REMOND R, PASSARD J, PERRE P. The effect of temperature and moisture content on the mechanical behaviour of wood;a comprehensive model applied to drying and bending [J]. European Journal of Mechanics - A/solids, 2007, 26(3):558-572.

[8] 红岭, 安珍. 沙柳材物理力学性质的测定[J]. 林产工业, 2012(4):56-59.
HONG L, AN Z. Physical and mechanical properties determination of salix [J]. China Forest Products Industry, 2012(4): 56-59. (in Chinese)

[9] 罗真付, 张雪峰, 陆步云, 等. 棕榈藤力学性质及测试方法的研究[J]. 家具与室内装饰, 2012(7):108-110.
LUO Z F, ZHANG X F, LU B Y, *et al.* Mechanical properties and test methods of rattan[J]. Furniture & Interior Design, 2012(7):108-110. (in Chinese)

[10] 高璟, 张晓燕, 卢国新, 等. 荆条藤柳力学性质测试与对比研究[J]. 林业实用技术, 2012(11):103-106.

[11] 高璟, 张晓燕, 卢国新, 等. 高径比跨高比对荆条纵向抗压抗弯性能测试精度的影响[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(4): 214-218.
GAO J, ZHANG X Y, LU G X, *et al.* The Influence of height to diameter and span to diameter ratios on test precision of compressive and bending properties of *Vitex negundo* twigs [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(4): 214-218. (in Chinese)

[12] GB/T1936.1-2009. 木材抗弯强度试验方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2009.

[13] GB/T1936.2-2009. 木材抗弯弹性模量试验方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2009.

[14] 孙训芳,方孝淑,关来泰. 材料力学(I) [M]. 北京:高等教育出版社, 2009:97-178.

[15] 毕杰春, 宁宝宽, 黄杰, 等. 实验力学[M]. 北京:化学工业出版社, 2011:65-69, 71-75.

[16] 续九如, 黄智慧, 编著. 林业试验设计[M]. 北京:中国林业出版社, 1992:76-80.

[17] 刘一星, 赵广杰. 木质资源材料学[M]. 北京:中国林业出版社, 2003:200-203, 279-287.

(上接第 156 页)

[14] 刘梦培, 杜红岩, 朱高浦, 等. 甜仁仁用杏果实形态主要评价指标的选择[J]. 中南林业科技大学学报, 2014(3):38-42.
LIU M P, DU H Y, ZHU G P, *et al.* Selection of main evaluation indexes of *sweet almond*-apricot fruit morphology[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2014(3):38-42. (in Chinese)

[15] 孙浩元, 杨丽, 张俊环, 等. 杏种质资源部分数量性状的分级指标探讨[J]. 中国农学通报, 2008, 24(1):147-151.
SUN H Y, YANG L, ZHANG J H, *et al.* Classification criteria of some quantitative characteristics of apricot germplasm resources[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(1):147-151. (in Chinese)

[16] 刘勇, 孙中海, 刘德春等. 部分柚类品种数值分类研究[J]. 果树学报, 2006, 23(1):35-40.
LIU Y, SUN Z H, LIU D C, *et al.* Study on numerical taxonomy of pomelo cultivars [J]. Journal of Fruit Science, 2006,23(1):35-40. (in Chinese)

[17] 孙垚, 肖千文, 黄丽媛, 等. 核桃单株经济性状的主成分分析[J]. 四川农业大学学报, 2011, 29(2):185-190.
SUN Y, XIAO Q W, HUANG L Y, *et al.* Economic Characters of Walnut Plants from Principal Component Analysis [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2011, 29(2):185-190. (in Chinese)

[18] DIAS J S, MONTEIRO A A, LIMA M B. Numerical taxonomy of Portuguese Tronchuda cabbage and Galega kale landraces using morphological characters[J]. Euphytica, 1993, 69(1-2):51-68.

[19] 殷冬梅, 李拴柱, 崔党群, 等. 花生主要农艺性状的相关性及聚类分析[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(2):212-216.
YIN D M, LI S Z, CUI D Q, *et al.* Agronomic character and cluster analysis of peanut cultivars[J]. Chinese journal of oil crop sciences, 2010, 32(2):212-216. (in Chinese)

[20] 苏艳, 王盼乔, 胡建斌. 十五份甜瓜种质苗期性状的聚类分析及相关分析[J]. 北方园艺, 2014(7):5-8.
SU Y, WANG P Q, HU J B. Clustering and correlation analysis of 15 *Cucumis melo* L. germplasma based on the phenotypic traits of the seeding period[J]. Northern Horticulture, 2014(7):5-8. (in Chinese)