

长柄扁桃坚果表型多样性及其相关关系研究

王 伟, 褚建民, 唐晓倩, 李毅夫, 许新桥*

(中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

关键词: 长柄扁桃; 表型多样性; 变异; 相关分析

中图分类号: S718.46 S662.1

文献标识码: A

Morphological Diversity and Correlativity Analysis of Nut Traits of *Amygdalus pedunculata*

WANG Wei, CHU Jian-min, TANG Xiao-qian, LI Yi-fu, XU Xin-qiao

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: The diversity of nut traits in 8 wild populations and 2 cultivated populations of *Amygdalus pedunculata* was investigated to provide references for resource protection and utilization. The results indicated: (1) there were significant differences among and within populations. The morphological traits, such as nut length, nut weight, kernel ratio, had great morphological diversity with variation coefficient (CV). The range of nut weight varied from 0.18 to 0.81g with CV 26.19%. The range and CV of nut weight and kernel weight were the largest, and those of nut thickness and nut length/thickness were the smallest; (2) Correlation analysis revealed that nut width and nut length were positively correlated with the nut weight, with $r = 0.867$ and 0.788 respectively. The kernel ratios in different ecotype were negatively regulated with thickness of shell, nut length and nut weight, with $r = -0.455$, -0.428 and -0.444 , and positively correlated with nut thickness/width and kernel weight, with $r = 0.209$ and 0.191 ; (3) The *A. pedunculata* genetic diversity reduced by artificial intervention, and high morphological variation was observed in nut phenotypic traits in the wild populations.

Key words: *Amygdalus pedunculata*; morphological diversity; variation; correlativity analysis

长柄扁桃(*Amygdalus pedunculata* Pall.)属蔷薇科,桃属,扁桃亚属,有柄组落叶灌木,又名野樱桃、毛樱桃等,在我国主要分布于内蒙古中部和陕西北部的山坡或沙地^[1-2],具有抗寒^[3]、抗旱^[4]、耐盐和耐贫瘠^[5]等特性。长柄扁桃种仁富含油脂和蛋白,种仁含油率达55%^[6]以上,蛋白质达15%~30%^[7]。油以油酸和亚油酸为主,脂溶性维生素含量丰富^[8],维生素E含量高^[9],抗氧化性能好,耐储藏。另外,种壳可加工活性炭^[10],因此,长柄扁桃具

有广泛的经济效益^[11]和开发价值。长柄扁桃遗传资源丰富^[1],包括天然居群和实生类型等群体,这些群体记录着野生长柄扁桃遗传演化进程。本文利用长柄扁桃种质资源,通过对长柄扁桃相对稳定的遗传性状——坚果表型性状开展研究,摸清长柄扁桃野生种质资源的主要经济性状,探讨长柄扁桃坚果性状间的相关性和遗传特点,为发掘长柄扁桃特异种质和杂交育种材料提供参考。

收稿日期: 2014-05-12

基金项目: 科技惠民计划项目(2012GS610203);科技基础性工作专项项目(2013FY111700)

作者简介: 王 伟(1980-),男,山东临沂人,助理研究员。主要研究方向:经济林栽培与育种研究。Email: greatkingww@163.com

* 通讯作者: 山东菏泽人,高级工程师。主要研究方向:经济林。电话:01062889603。Email: xqx210@126.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

依据长柄扁桃的自然分布,分别在陕西榆林和内蒙古巴彦淖尔、固阳、锡林浩特、苏尼特右旗等长柄扁桃自然分布区共设10个采样点(表1),其中,陕西榆林采样点3和内蒙古锡林浩特采样点为人工实生林。于长柄扁桃坚果成熟季节(2013年7月5日开始)采集坚果,以单株采集的果实为1个样本,

参照金燕等^[13]遗传多样性的取样策略,大样本30个以上,小样本10个以上(大小样本采集覆盖面积超过50 hm²),样品采集间距大于10 m,共采集332个样本。样本按随机取样原则,于植株不同方位(东、西、南、北4个方位)的树冠中部随机采集不少于30个果实,将每株果实分别包装、标号,带回实验室进一步脱去青皮、刷净,自然风干至恒质量。10个采样点采集株数及采集点的海拔和经纬度信息见表1。

表1 长柄扁桃样本来源及野生资源信息

样品编号	采样地点	采集株数/株	海拔/m	经度(E)	纬度(N)
NMGY1	内蒙古固阳采样点1	35	1 800	110°26'25.09"	40°52'27.45"
NMGY2	内蒙古固阳采样点2	18	1 420	110°05'37.35"	40°45'06.66"
NMGY3	内蒙古固阳采样点3	15	1 700	110°21'42.17"	40°58'17.78"
NMGY4	内蒙古固阳采样点4	34	1 450	110°12'15.20"	40°50'48.04"
NMBYN	内蒙古巴彦淖尔	37	1 900	109°22'05.00"	40°44'23.70"
SXYL1	陕西榆林采样点1	68	1 280	109°12'34.80"	38°26'59.00"
SXYL2	陕西榆林采样点2	80	1 260	109°52'15.86"	38°51'28.24"
SXYL3	陕西榆林采样点3	16	1 260	109°51'58.00"	38°53'11.30"
XLHT	内蒙古锡林浩特	17	1 000	116°07'21.00"	43°57'10.70"
SNTYQ	内蒙古苏尼特右旗	12	1 200	112°31'06.20"	42°33'52.00"
	总样本	332			

1.2 测量内容和方法

坚果采收后,经脱青皮、刷净后用于经济性状的测定。参考《扁桃种质资源描述规范和数据标准》^[14]进行坚果表型指标的调查。用游标卡尺测量坚果纵径、横径、侧径及核壳厚度(精确至0.01 cm),用1/100电子天平测坚果质量、核仁质量,每株树测量30个坚果。果形指数、出仁率等的计算公式为:

纵横径比(果形指数) = 坚果纵径/坚果横径

纵侧径比 = 坚果纵径/坚果侧径

侧横径比 = 坚果侧径/坚果横径

出仁率 = 核仁质量/坚果质量 × 100%。

1.3 数据处理

数据录入和统计分析及图表制作采用 Excel 2007 和 SPSS13.0 统计等软件^[15]。

2 结果与分析

2.1 采样点间果实形态变异

对陕西和内蒙古的8个野生采样点和2个实生采样点采集的坚果样品测定结果表明:各居群坚果表型均差异极显著(表2),供试群体各性状的变异系数为7.05%~26.19%,表现出了不同的变异(表

3),其中,坚果质量的变异系数最大(26.19%),核仁质量(22.90%)和核壳厚度(20.52%)的变异系数次之,坚果的侧径(9.81%)及侧横径比的变异系

表2 不同采样点间坚果性状的方差分析

性状指标	群体	自由度	均方值	F 值
坚果纵径	采样点间	9	12.551	8.397 **
	采样点内	332	1.495	
坚果横径	采样点间	9	9.425	16.607 **
	采样点内	332	0.568	
坚果侧径	采样点间	9	7.986	22.062 **
	采样点内	332	0.362	
纵横径比	采样点间	9	0.356	15.336 **
	采样点内	332	0.023	
纵侧径比	采样点间	9	0.632	18.124 **
	采样点内	332	0.035	
侧横径比	采样点间	9	0.018	16.965 **
	采样点内	332	0.001	
坚果质量	采样点间	9	0.071	7.987 **
	采样点内	332	0.009	
核仁质量	采样点间	9	0.005	11.779 **
	采样点内	332	0.000	
核壳厚度	采样点间	9	0.749	12.229 **
	采样点内	332	0.061	
出仁率	采样点间	9	156.367	8.259 **
	采样点内	332	18.933	

注: * 为差异显著, ** 为差异极显著。

数最小(7.05%),说明坚果侧径和侧横径比是较稳定的植物学性状,而坚果的质量可能由数量性状基因控制,变异程度较高。

坚果的大小和出仁率是坚果类经济树种的重要选育性状,对332株长柄扁桃坚果表型性状测定(表3)结果表明:各株系坚果的大小与出仁率存在广泛的遗传变异,坚果质量变幅为0.18~0.81g,均值为0.39g,变异系数为26.19%;核仁质量变幅为0.04~0.19g,均值为0.11g,变异系数为22.90%;核壳厚度变幅为0.74~2.72mm,均值为1.37mm,变异系数为20.52%;出仁率变异系数达17.07%,变幅为14.10%~40.96%。长柄扁桃坚果大小和出仁率丰富的变异,有利于遗传育种的选择。

坚果三径(纵径、横径、侧径)及其比值(表3)可以反应坚果的大小和形状,长柄扁桃10个居群中,三径中的纵径最长,变幅也最大(7.44~15.03mm),变异系数为11.57%;侧径和横径的平均值分别为7.65、8.72mm,变异系数分别为9.81%、10.28%;纵横径比、纵侧径比及侧横径比的变异系数分别为13.46%、14.77%和7.05%,平均值分别为1.33、1.52和0.88,其中,纵横径比又称坚果指数,其值大于1.3,说明长柄扁桃坚果偏瘦长型。

表3 长柄扁桃种质资源数量性状基本统计

性状指标	最大值	最小值	均值	标准差	极差	变异系数/%
坚果纵径/mm	15.03	7.44	11.52	1.33	7.59	11.57
坚果横径/mm	11.42	6.57	8.72	0.90	4.85	10.28
坚果侧径/mm	9.79	5.75	7.65	0.75	4.04	9.81
纵横径比	2.00	0.99	1.33	0.18	1.01	13.46
纵侧径比	2.24	1.04	1.52	0.22	1.20	14.77
侧横径比	0.99	0.79	0.88	0.02	0.20	7.05
坚果质量/g	0.81	0.18	0.39	0.10	0.63	26.19
核仁质量/g	0.19	0.04	0.11	0.02	0.15	22.90
核壳厚度/mm	2.72	0.74	1.37	0.28	1.98	20.52
出仁率/%	40.96	14.10	27.89	4.76	26.86	17.07

2.2 采样点内果实形态变异

通过对10个居群332份单株坚果表型变异规律的分析表明:各居群坚果表型表现出不同的变异特点,为长柄扁桃新品种的选育提供了丰富的资源。

坚果纵径变异系数为6.41%~12.02%(表4),内蒙古固阳采样点4的变异最大,内蒙古采样点3的次之,苏尼特右旗的最小,极差最大的是内蒙古固阳采样点4,最大值是最小值的1.7倍。坚果横径变异系数为5.71%~12.84%,苏尼特右旗的变异最

大,内蒙古固阳采样点4的次之,内蒙古锡林浩特的最小,极差最大的是内蒙古固阳采样点4,最大值是最小值的1.7倍。坚果侧径的变异与横径的类似,变异系数为4.65%~12.10%,苏尼特右旗的变异最大,内蒙古固阳采样点4的次之,内蒙古锡林浩特的最小,极差最大的采样点是陕西榆林采样点2,最大值是最小值的1.6倍。坚果纵横径比和纵侧径比的变异系数分别为8.06%~13.94%和9.07%~15.55%,内蒙古固阳采样点3的坚果纵横径比和纵侧径比变异皆最大,陕西榆林采样点2的皆次之,内蒙古固阳采样点1的均最小,而坚果纵横径比极差最大的是陕西榆林采样点1,最大值是最小值的1.7倍,纵侧径比最大的是陕西榆林采样点2,最大值是最小值的1.7倍。侧横径比变异较小,变异范围2.04%~4.31%,内蒙古固阳采样点1的变异最大,陕西榆林采样点3的次之,内蒙古锡林浩特的最小,极差最大的是陕西榆林采样点1,最大值是最小值的1.18倍。

2.3 坚果表型的相关性分析

对坚果的10个表型性状的相关性进行分析,结果(表5)表明:各性状间存在不同程度的相关关系,坚果三径中,横径和侧径极显著性正相关,相关系数最高为0.904;果形指数纵横径比与纵侧径比极显著性正相关,相关系数达0.955;坚果质量与坚果横径和坚果侧径呈极显著正相关,相关系数分别为0.867和0.788,核壳厚度、核仁质量与横径、纵径及坚果质量极显著正相关;出仁率仅与侧横径比及核仁质量极显著正相关,相关系数分别为0.209和0.191,而与核壳厚度、坚果纵径以及坚果质量等呈极显著负相关,相关系数分别为-0.455、-0.428和-0.444。

核仁质量与坚果质量呈极显著正相关,且相关系数最高,而与坚果纵横径比呈极显著负相关,说明坚果质量越大核仁质量越大,果形指数(纵横径比)越大核仁质量越小;坚果质量与横径呈极显著正相关,且相关系数最高,而与出仁率呈极显著负相关,说明横径越大坚果越重,而出仁率有变小的趋势,这与坚果质量和核壳厚度显著正相关有关;出仁率是坚果选育的一项重要指标,出仁率与侧横径比、核仁质量呈极显著正相关,而与核壳厚度等呈极显著的负相关性,表明侧径大横径小的种质出仁率越高,果仁越大出仁率越高,核壳厚度等高的出仁率越低。

表4 不同采样点坚果形态指标的均值、极值、多重比较和变异系数

性状指标	项目	内蒙古固阳				内蒙古	陕西榆林			内蒙古	内蒙古
		采样点1	采样点2	采样点3	采样点4	巴彦淖尔	采样点1	采样点2	采样点3	锡林浩特	苏尼特右旗
坚果纵径	最大值/mm	13.48	14.11	14.23	12.85	15.03	14.82	14.66	14.46	12.37	11.77
	最小值/mm	9.82	8.65	9.84	7.44	9.99	9.62	8.99	10.18	8.98	9.41
	均值/mm	11.83bc	10.96 abc	11.27 abc	10.26a	12.12 bc	11.92 bc	11.57 abc	12.31c	10.73 ab	10.90 abc
	标准差/mm	0.83	1.27	1.32	1.23	1.28	1.27	1.34	1.24	1.09	0.70
	变异系数/%	7.01	11.59	11.75	12.02	10.55	10.63	11.59	10.10	10.13	6.41
坚果横径	最大值/mm	10.77	10.85	10.26	11.42	11.36	9.76	10.35	9.96	10.06	9.34
	最小值/mm	7.59	7.78	8.24	6.78	8.09	6.67	6.80	7.44	8.23	6.57
	均值/mm	9.32cd	8.94abcd	8.99bcd	8.60abc	9.66d	8.14ab	8.45abc	8.73abcd	9.11cd	8.02a
	标准差/mm	0.68	0.70	0.71	0.90	0.87	0.70	0.73	0.73	0.52	1.03
	变异系数/%	7.24	7.88	7.85	10.42	8.97	8.57	8.59	8.38	5.71	12.84
坚果侧径	最大值/mm	9.18	8.75	9.20	9.79	9.37	8.84	9.22	8.48	8.73	8.26
	最小值/mm	6.79	6.80	7.25	6.36	6.95	5.84	5.75	6.57	7.43	5.92
	均值/mm	8.28d	7.91bcd	8.10cd	7.97cd	8.29d	7.18ab	7.23ab	7.46abc	8.00cd	7.11a
	标准差/mm	0.55	0.54	0.57	0.72	0.60	0.58	0.61	0.53	0.37	0.86
	变异系数/%	6.65	6.79	6.98	9.05	7.28	8.08	8.48	7.06	4.65	12.10
纵横径比	最大值	1.49	1.52	1.67	1.45	1.74	2.00	1.82	1.77	1.36	1.69
	最小值	1.12	0.99	1.06	1.00	1.08	1.16	1.09	1.22	1.04	1.20
	均值	1.27abc	1.23ab	1.26abc	1.20ab	1.26abc	1.47d	1.38bcd	1.41cd	1.18a	1.37bcd
	标准差	0.10	0.12	0.18	0.12	0.15	0.18	0.17	0.16	0.11	0.15
	变异系数/%	8.06	9.84	13.94	9.86	11.65	11.99	12.41	11.12	9.45	10.80
纵侧径比	最大值	1.79	1.81	1.92	1.58	2.04	2.24	2.16	2.03	1.58	1.83
	最小值	1.21	1.13	1.17	1.04	1.23	1.32	1.22	1.39	1.19	1.32
	均值	1.43abcd	1.39abc	1.40abc	1.29 a	1.47abcde	1.67e	1.61cde	1.66de	1.34ab	1.55bede
	标准差	0.13	0.15	0.22	0.13	0.18	0.21	0.22	0.19	0.13	0.16
	变异系数/%	9.07	10.76	15.55	10.32	12.38	12.44	13.71	11.52	9.74	10.08
侧横径比	最大值	0.96	0.94	0.96	0.99	0.93	0.94	0.93	0.91	0.91	0.95
	最小值	0.81	0.81	0.85	0.86	0.79	0.79	0.79	0.80	0.85	0.84
	均值	0.89ab	0.89ab	0.90bc	0.93c	0.86a	0.88ab	0.86a	0.86a	0.88ab	0.89ab
	标准差	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
	变异系数/%	4.31	3.46	3.78	3.34	3.98	3.40	3.70	3.99	2.04	3.60
坚果质量	最大值/g	0.62	0.50	0.64	0.71	0.81	0.72	0.69	0.54	0.50	0.44
	最小值/g	0.29	0.24	0.27	0.19	0.31	0.20	0.21	0.27	0.31	0.18
	均值/g	0.44bc	0.39abc	0.42abc	0.38abc	0.49c	0.35ab	0.37ab	0.40abc	0.40abc	0.32a
	标准差/g	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12	0.09	0.09	0.09	0.06	0.09
	变异系数/%	16.27	22.36	24.47	29.84	23.61	26.64	25.18	21.69	14.97	27.67
核仁质量	最大值/g	0.14	0.14	0.15	0.19	0.18	0.16	0.17	0.16	0.15	0.13
	最小值/g	0.07	0.08	0.10	0.07	0.07	0.05	0.04	0.09	0.10	0.05
	均值/g	0.11ab	0.11ab	0.12ab	0.12ab	0.13c	0.09a	0.10ab	0.11ab	0.12ab	0.09a
	标准差/g	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	变异系数/%	15.18	16.32	14.38	23.16	18.73	24.41	21.45	17.96	12.69	24.97
核壳厚度	最大值/mm	1.83	1.87	1.96	1.93	2.72	1.97	1.77	1.83	2.03	1.54
	最小值/mm	1.07	0.94	1.04	0.74	1.03	0.89	0.77	0.98	1.23	0.84
	均值/mm	1.49abc	1.40abc	1.37abc	1.27ab	1.66c	1.24a	1.31abc	1.31abc	1.63bc	1.24a
	标准差/mm	0.17	0.27	0.28	0.31	0.37	0.21	0.21	0.21	0.22	0.21
	变异系数/%	11.62	19.56	20.22	24.44	22.12	16.92	15.92	16.34	13.64	17.20
出仁率	最大值/%	36.37	37.05	38.82	40.96	32.07	33.59	40.23	40.43	36.52	33.32
	最小值/%	19.03	20.75	22.26	21.44	17.68	14.10	15.14	22.06	23.76	24.26
	均值/%	25.41a	28.35ab	30.31ab	31.63b	26.21a	25.65a	28.48ab	29.51ab	30.40ab	28.66ab
	标准差/%	3.85	5.03	5.28	4.51	3.41	4.31	4.80	4.95	3.28	2.67
	变异系数/%	15.17	17.73	17.42	14.27	13.02	16.79	16.85	16.77	10.78	9.30

注:表中同行相同字母为差异不显著,不同字母为差异显著(P<0.05)。

表5 长柄扁桃坚果性状间的相关分析

项目	坚果纵径	坚果横径	坚果侧径	纵横径比	纵侧径比	侧横径比	坚果质量	核仁质量	核壳厚度	出仁率
坚果横径		0.298 **	0.102	0.655 **	0.729 **	-0.462 **	0.541 **	0.295 **	0.299 **	-0.428 **
坚果侧径			0.904 **	-0.519 **	-0.382 **	-0.304 **	0.867 **	0.726 **	0.699 **	-0.326 **
纵横径比				-0.617 **	-0.599 **	0.129 *	0.788 **	0.698 **	0.608 **	-0.247 **
纵侧径比					0.955 **	-0.169 **	-0.195 **	-0.309 **	-0.267 **	-0.132 *
侧横径比						-0.451 **	-0.104	-0.241 **	-0.169 **	-0.178 **
坚果质量							-0.247 **	-0.126 *	-0.261 **	0.209 **
核仁质量								0.769 **	0.734 **	-0.444 **
核壳厚度									0.473 **	0.191 **
出仁率										-0.455 **

注:表中“*”表示0.05显著水平,“**”表示0.01显著水平。

2.4 坚果表型的箱线图分析

“箱线图”又称“框须图”,是由一组数据的最大值、最小值、中位数和2个四分位数5个特征值绘制而成,箱线图可以直观明了反映现实数据的分布情况。图中间是箱本体,表示每组变量50%的观测值落在这一区域;超过箱本体的值有奇异值和极值,奇异值用空心圆表示。图1较直观的反应各采样点及总体样本的长柄扁桃坚果质量、核壳厚度、核仁质量和出仁率的分布情况,其中,内蒙古巴彦淖尔(NMBYN)野生居群坚果质量和核壳厚度及核仁质

量的中位数都高于总体样本的中位数(TOTAL),而出仁率的中位数却低于总体样本的;相反,内蒙古固阳采样点4(NMGY4)野生居群坚果质量和核壳厚度的中位数都低于总体样本的,而核仁质量和出仁率都高于总体样本的,且核仁质量的离散程度也高于其它采样点。由此说明,内蒙古巴彦淖尔可以用于选择大果、大仁的品系,而内蒙古固阳采样点4群体的可选择性更强,可以选择大仁、薄壳、出仁率高的品系,为长柄扁桃新品种的选育提供重要参考。

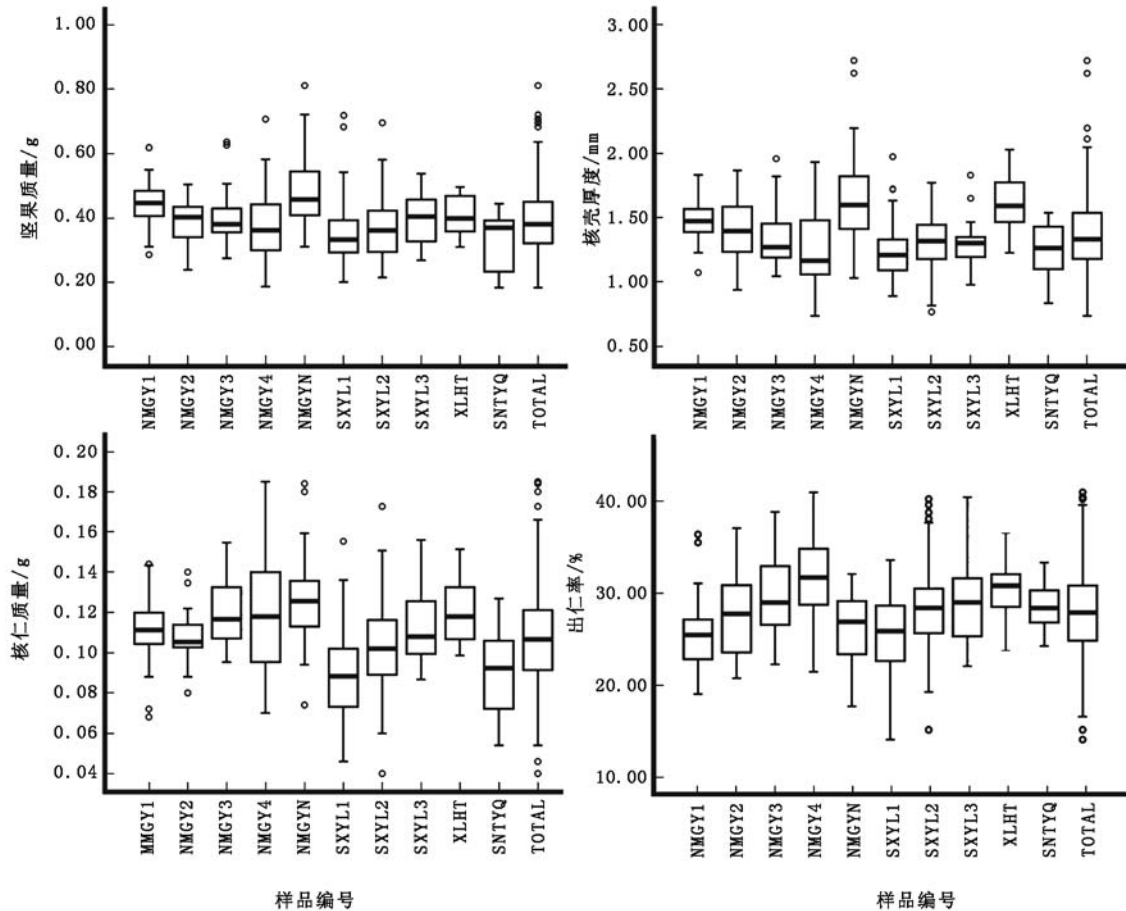


图1 不同采样点长柄扁桃坚果主要特征的箱线图(采样点代号同表1)

3 结论与讨论

植物性状遗传多样性的研究是保护生物学及遗传育种的重要基础,加强野生植物居群遗传多样性方面的研究对于种质资源的有效保护与合理利用具有重要意义。植物性状遗传多样性的一个量化指标就是性状的变异频率,变异系数的大小作为种质的固有特征,反映种质差异的范围,决定着资源选择方面余地的高低^[16]。长柄扁桃坚果表型呈现不同的变异情况,说明该群体的选择空间较大,其中,坚果质量、核仁质量及核壳厚度的变异系数较大,在长柄扁桃品种选育时,这三项指标的选择空间也最大。

本研究为长柄扁桃在坚果经济性状方面选育新品种提供了一定的参考,从出仁率这一与经济产量直接相关^[17]的指标来看,长柄扁桃坚果越大果仁越大,果壳也越厚,果壳厚度和坚果大小与出仁率均极显著负相关;长柄扁桃果形指数(纵横径比)普遍大于1.3,坚果偏瘦长型,且果形指数增加,核仁有变小的趋势;在选育长柄扁桃品种(系)时,应根据具体育种目标(如大果型、薄壳型等)对坚果各经济指标赋值权重,并采用一定的筛选次序,如在坚果仁质量达到一定要求后,选择出仁率高的品种(系),筛选次序亦可相反。本文从坚果主要经济性状方面进行了分析,指出了育种材料的选择方向,品种选育时还应充分结合其它植物学性状(生长势、抗逆性^[18])和经济学性状(如产量)进行综合评价分析。

本研究发现,人工栽培长柄扁桃在坚果经济性状上的变异率显著小于野生扁桃,人们对坚果某种性状的偏爱,不可避免的造成了某些基因型的损失^[19],降低了种质资源的多样性。因此,长柄扁桃种质资源的保护和储备,迫切需要对长柄扁桃野生特异种质进行收集和进一步的性状评价,才能为选育优异的长柄扁桃新种质奠定种质基础,进而推动长柄扁桃产业大发展,提升其在经济和生态上的价值,同时还可以保护日渐萎缩的长柄扁桃野生种质资源。

参考文献:

[1] 姬钟亮,钱安东. 长柄扁桃和蒙古扁桃在我国自然分布区的调

查[J]. 中国果树, 1981(2):38-40.

- [2] 许新桥,褚建民. 长柄扁桃产业发展潜势分析及问题对策研究[J]. 林业资源管理, 2013(1):22-25.
- [3] 蒋宝,郭春会,梅立新,等. 沙地植物长柄扁桃抗寒性的研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2008, 36(5):92-96.
- [4] 罗梦,郭春会,马小卫. 水分胁迫对长柄扁桃叶片含水量及保护酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(6):103-106.
- [5] 张笑颜,朱立新,贾克功. 5种核果类果树的耐盐性与抗盐性分析[J]. 北京农学院学报, 2008, 23(2):19-23.
- [6] 李聪,李国平,陈俏,等. 长柄扁桃油脂脂肪酸成分分析[J]. 中国油脂, 2010, 35(4):77-79.
- [7] 王娅丽,李永华,王钰,等. 3种扁桃属植物营养成分分析[J]. 广东农业科学, 2012, 39(7):127-129.
- [8] 申烨华,张萍,孔祥虹,等. 高效液相色谱法同时测定扁桃仁中的水溶性维生素C, B1, B2和B6[J]. 色谱, 2005, 23(5):538-541.
- [9] 张萍,申烨华,郭春会,等. 扁桃种仁中维生素E的高效液相色谱法测定[J]. 食品科学, 2004, 25(1):142-144.
- [10] 李冰,李洋,许宁侠,等. 氯化锌活化法制备长柄扁桃壳活性炭[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2010, 40(5):806-810.
- [11] Chu J M, Xu X Q, Zhang Y L. Production and properties of biodiesel produced from *Amygdalus pedunculata* Pall. [J]. Bioresource Technology, 2013, 134: 374-376.
- [12] Fernandez i Marti A, Font i Forcada C, Socias i Company R. Genetic analysis for physical nut traits in almond [J]. Tree Genetics & Genomes, 2013, 9(2):455-465.
- [13] 金燕,卢宝荣. 遗传多样性的取样策略[J]. 生物多样性, 2003, 11(2):155-161.
- [14] 张大海. 扁桃种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2009.
- [15] 张力. SPSS 13.0 在生物统计学中的应用[M]. 厦门:厦门大学出版社, 2006.
- [16] 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.
- [17] Kashaninejad M, Mortazavi A, Safekordi A, et al. Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(1): 30-38.
- [18] Anagnostakis S L. Chestnut Breeding in the United States for Disease and Insect Resistance [J]. Plant Disease, 2012, 96(10): 1392-1403.
- [19] 张辉,柳鏊. 板栗群体的遗传多样性及人工选择的影响[J]. 云南植物研究, 1998, 21(1): 81-88.