

云南八角果实形态多样性研究及种质潜力分析

余兴华, 李玉祥, 陶永宏, 孟凡来, 滕娟, 黄兴粉

(文山州农业科学院, 云南 文山 663099)

摘要: 2020年9月, 选取云南省文山州5个县的100株树龄为18年左右的八角 *Illicium verum* 单株的果实(秋果)为供试材料, 对13个果实形态指标进行变异分析、主成分分析、聚类分析及综合评价。结果表明, 不同单株八角果实性状具有较大的表型差异, 果实性状的变异系数在6.34%~23.67%, 多样性指数在0.98~2.04, 存在丰富的遗传多样性; 相关性分析表明单果鲜质量与果径、果厚、角瓣长、角瓣宽、角瓣厚均存在极显著正相关($P < 0.01$); 主成分分析将13个果实性状分为5个主成分, 其累计贡献率达84.70%; 综合评价筛选出10份性状优异的种质, 其中3份八角种质呈现角数多于8个的多角性状, 7份种质呈现出果径大、鲜果厚、角瓣长的特点, 具有潜在的增产能力; 聚类分析将100株单株划分为4个类群, 第一类果实特征为中等, 第二类较好, 可在此类群中选择优良种质进行发掘利用, 第三、第四类呈现出果实小的特征。上述分析结果将为八角资源的发掘与利用提供依据。

关键词: 八角; 果实性状; 遗传多样性; 综合评价; 云南

中图分类号: S573⁺.9 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2021)05-0001-07

Diversity of Fruit Phenotypic Characters and Germplasm Potential of *Illicium verum* in Yunnan

YU Xing-hua, LI Yu-xiang, TAO Yong-hong, MENG Fan-lai, TENG Juan, HUANG Xing-fen

(Wenshan Academy of Agricultural Sciences of Yunnan, Wenshan 663099, China)

Abstract: In September 2020, 100 individual 18-year *Illicium verum* were selected for harvesting their fruits in 5 counties in Yunnan province. Variance analysis, principal component analysis, cluster analysis and comprehensive evaluation was made on 13 fruit phenotypic traits. The results showed that it had great differences of fruit phenotypic traits among different individuals, with coefficient of variation of 6.34%-23.67%, and diversity index of 0.98-2.04. Correlation analysis showed that it had significant ($P < 0.01$) positive correlation of quality of fresh single fruit with fruit diameter, fruit thickness, follicle length, width and thickness. The main component analysis demonstrated 5 main components from 13 fruit traits, with cumulative contribution rate of 84.70%. 10 individuals were selected for elite characters by comprehensive evaluation, of which 3 individuals had better comprehensive characters, and 7 had larger fruit diameter, thicker fresh fruit, longer follicle, indicating potential larger yield. Cluster analysis showed that 100 individuals could be divided into 4 groups.

Key words: *Illicium verum*; fruit traits; genetic diversity; comprehensive evaluation; Yunnan

八角 *Illicium verum* 又称八角茴香, 属木兰科 Magnoliaceae 八角属 *Illicium* 植物, 为常绿乔木^[1], 是我国北热带和南亚热带地区特有的经济林树种, 果为著名的调味香料^[2]。全世界八角属植物约有50种, 分布于东南亚和北美洲, 以东亚的中国为主, 主要分布于广东、广西、云南等省区, 在我国约有30种, 能直接作为食用的只有八角这1种^[3]。广西是我国八角的主产区, 产量居全国第一, 云南位居第二, 主要分布在东南部的文山州^[4]。

收稿日期: 2021-04-06; 修回日期: 2021-07-21

基金项目: 云南省青年项目(2017FD243); 云南省文山州基础科学研究项目(2019WF03)

作者简介: 余兴华, 副高级农艺师, 从事八角种质资源评价与有效成分开发应用研究; E-mail: yixinhua.2007@163.com。通信作者: 李玉祥, 副高级农艺师, 从事经济林丰产栽培技术研究; E-mail: liyuxiang20202@163.com。

八角在食品^[5-6]、药用^[7-8]、饲用^[9]、天然杀虫剂^[10]、天然防腐^[11]等方面均有较广泛的应用。自然条件下,八角的叶、花、果、树形等具有丰富的遗传多样性^[12],其果实为蓇葖果,可食部位为干燥的成熟果,果实形状可分为肥大正圆、瘦小不匀、肥大不匀、瘦小正形;分春果和秋果,花期较早的八角,幼果当年膨大,次年3—4月成熟,形成春果;花期较晚的,果实以幼果越冬,次年9—10月成熟,形成秋果,产量以秋果为主^[2-3]。目前,对八角果用林的选育及遗传多样性研究已取得一定成效。例如,潘晓芳等^[12]对广西和云南的八角果用林进行了优树选择,共选出136株优树。孙雪阳^[11]应用分子标记 AFLP 评价了广西八角种质的遗传多样性,结果表明八角的花、果、叶、分枝习性差异显著,表型多样性丰富。陈海云等^[13]应用 RAPD 评价了云南23个优良八角种质,结果表明无性系间遗传基础丰富,多态性较高。八角种质长期以实生种子繁殖,形成了类型众多、产量差异大、果期不一、性状各异的单株,其可挖掘的良种资源潜力巨大。

果实性状作为实生选育的重要指标,但针对八角果实性状多样性的研究仍不够详细。本研究对采自云南的八角单株果实性状进行了调查研究,以期评选出果实性状优良的类型,建立良种基因库,为我国优异八角种质的发掘与利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2020年9月,在八角果(秋果)成熟期,选取云南省文山壮族苗族自治州的富宁县、文山县、西畴县、麻栗坡县、砚山县共5个县的八角单株为采样母株,测试母株均为人工栽培八角,半野生粗放管理,每个来源地随机选取19~21株树龄为18年左右的单株,共计100株单株,测试材料具体信息见表1。

表1 试验材料详细信息
Table 1 Provenances of seeds

材料编号	数量/株	经度/E°	纬度/N°	海拔/m	来源地
2020-202 ~ 2020-222	21	104°24'59"~104°25'10"	23°20'32"~23°20'37"	1 640 ~ 1 700	砚山县
2020-223 ~ 2020-242	20	104°53'22"~104°54'06"	23°10'44"~23°11'40"	700 ~ 880	麻栗坡县
2020-243 ~ 2020-262	20	103°56'28"~103°57'03"	23°17'04"~23°18'27"	1 500 ~ 1 724	文山县
2020-263 ~ 2020-282	19	104°26'01"~104°27'55"	23°14'56"~23°19'48"	1 270 ~ 1 470	西畴县
2020-283 ~ 2020-302	20	104°00'01"~105°33'49"	23°40'05"~23°42'22"	850 ~ 970	富宁县

1.2 研究方法

对测试单株中部枝条的果实性状进行调查,调查其果径、果厚、果柄长、单果鲜质量、千克果实数、饱满率、果角数、角瓣长、角瓣宽、角瓣厚、种子长、种子宽和种子厚共13个数量性状指标,种子通过新鲜果实的蓇葖果背面利用小刀划开并取出。每株样本随机选取30个果实,用游标卡尺测量果径、果厚、果柄长、角瓣长、角瓣宽、角瓣厚、种子长、种子宽、种子厚,取平均值,精确到0.01 mm。用电子天平测定单果鲜质量,取平均值,精确到0.01 g。计算千克果实数。果角数为每一个蓇葖果的角数。饱满率/%=(饱满角数/总角数)×100%。

1.3 数据分析

应用 Excel 2010 进行果实性状的数据整理,应用 SPSS 21.0 软件对13个果实数量性状进行平均值、标准差、最大值、最小值、极差、变异系数的统计分析;对其果实性状指标进行相关性、主成分分析。

植物多样性指数采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')^[14],计算公式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

式中, P_i 为某性状第*i*级别内的材料份数占总份数的百分比。

采用 DPS 9.01 计算不同种质间的欧式遗传距离,将其遗传距离导入 Mega 6.0 中应用类平均法(UPGMA)绘制并优化聚类图^[15]。

2 结果与分析

2.1 云南八角果实性状描述和统计

云南八角果实性状的形态描述统计分析见表 2。由表 2 可知，八角的果径、果厚、果柄长等 13 个数量性状的变异系数在 6.34% ~ 23.67%，其中千克果实数的变异系数最大，其多样性指数在 0.98 ~ 2.04，其中以单果鲜质量的多样性指数最高；平均果径、果厚、果柄长分别为 2.95 cm、1.11 cm、3.70 cm，其中果柄长的变化比较丰富，最大值为 5.00 cm，最小值为 2.49 cm，变异系数为 15.84 %；单果鲜质量与果实数的变化最大，平均单果鲜质量、千克果实数分别为 3.59 g、293.95 个，单果鲜质量最大值为 5.79 g，最小值为 1.84 g，千克果实数量最大值为 543.33 个，最小值为 172.67 个，呈现出八角果实大小不一的特征，千克果实数量具有明显的差异。鲜果的平均饱满率为 69.19%，其最大值与最小值分别为 90.83%、49.52%，说明八角果实在发育过程中具有一定的不均一性。平均果角数为 8.17 个，角数最多的为 11.30 个，最少的为 7.30 个；鲜果平均角瓣长、宽、厚分别为 1.68 cm、1.17 cm、0.85 cm，其大小存在差异，极差分别为 0.78 cm、0.64 cm、0.45 cm；种子的平均长、宽、厚分别为 0.81 cm、0.54 cm、0.36 cm，极差分别为 0.78 cm、0.64 cm、0.45 cm。综合云南八角果实性状形态的统计分析，表明其果实形态遗传变异丰富。

表 2 八角果实数量性状统计分析
Table 2 Fruit traits of *I. verum*

指标	均值	标准差	最大值	最小值	极差	变异系数/%	多样性指数
果径/cm	2.95	0.24	3.64	2.55	1.09	8.19	1.60
果厚/cm	1.11	0.11	1.39	0.79	0.60	9.68	1.96
果柄长/cm	3.70	0.59	5.00	2.49	2.51	15.84	1.69
单果鲜质量/g	3.59	0.83	5.79	1.84	3.95	23.03	2.04
千克果实数/个	293.95	69.57	543.33	172.67	370.66	23.67	2.00
饱满率/%	69.19	9.19	90.83	49.52	41.31	13.28	1.26
果角数/个	8.17	0.66	11.30	7.30	4.00	8.09	0.98
角瓣长/cm	1.68	0.16	2.05	1.27	0.78	9.46	1.84
角瓣宽/cm	1.17	0.11	1.48	0.84	0.64	9.37	1.82
角瓣厚/cm	0.85	0.08	1.13	0.68	0.45	9.18	1.85
种子长/cm	0.81	0.05	0.97	0.62	0.35	6.34	1.77
种子宽/cm	0.54	0.05	0.70	0.43	0.27	8.72	1.78
种子厚/cm	0.36	0.03	0.43	0.30	0.13	7.84	1.75

2.2 云南八角果实性状指标相关性分析

云南八角果实形态指标相关性分析结果见表 3。

表 3 八角果实性状相关性分析
Table 3 Correlation analysis on fruit traits of *I. verum*

指标	果径	果厚	果柄长	单果鲜质量	千克果实数	饱满率	果角数	角瓣长	角瓣宽	角瓣厚	种子长	种子宽
果厚	0.45**											
果柄长	0.18	0.07										
单果鲜质量	0.76**	0.70**	0.30**									
千克果实数	-0.71**	-0.72**	-0.28**	-0.96**								
饱满率	0.10	-0.30**	-0.12	-0.09	0.16							
果角数	0.10	0.09	0.10	0.15	-0.14	-0.20*						
角瓣长	0.63**	0.74**	0.16	0.59**	-0.59**	-0.39**	0.05					
角瓣宽	0.58**	0.90**	0.12	0.74**	-0.75**	-0.34**	0.08	0.77*				
角瓣厚	0.50**	0.58**	0.25*	0.71**	-0.70**	-0.27**	-0.26**	0.52*	0.61**			
种子长	0.54**	0.26**	0.23*	0.50**	-0.45**	-0.08	0.21*	0.39*	0.31**	0.35**		
种子宽	0.50**	0.63**	0.10	0.56**	-0.54**	-0.11	0.08	0.44*	0.67**	0.44**	0.48**	
种子厚	0.41**	0.28**	0.21*	0.37**	-0.32**	-0.01	-0.17	0.26*	0.31**	0.36**	0.50**	0.67*

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

由表 3 可知, 八角的果径与果厚、单果鲜质量、角瓣长、角瓣宽、角瓣厚、种子长、种子宽、种子厚呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$), 与千克果实数呈极显著负相关 ($P < 0.01$); 果厚与单果鲜质量、角瓣长、角瓣宽、角瓣厚、种子长、种子宽、种子厚呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$), 与千克果实数、饱满率呈极显著负相关 ($P < 0.01$); 果柄长与单果鲜质量呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 单果鲜质量与角瓣长、角瓣宽、角瓣厚、种子长、种子宽、种子厚呈极显著正相关 ($P < 0.01$); 角瓣长与角瓣宽、角瓣厚, 角瓣宽与角瓣厚存在极显著的正相关关系 ($P < 0.01$)。种子长与种子宽、种子厚, 种子宽与种子厚存在极显著的正相关关系 ($P < 0.01$)。

2.3 云南八角果实性状的主成分分析

为了综合评价果实性状遗传变异的主导作用, 提取特征值大于 1、累计贡献率大于 80% 的主成分, 计算各果实性状的旋转主成分载荷与贡献, 13 个果实性状的成分载荷矩阵见表 4。由表 4 可知, 提取到的 5 个主成分累计贡献率达 84.70%, 特征值总和为 11.01。第 1 主成分的特征值为 3.36, 贡献率为 25.85%, 主要由单果鲜质量 (0.81)、千克果实数 (-0.80)、果径 (0.76) 3 个因子决定, 反映了果实的大小特征, 可称之为果质量因子。第 2 主成分的特征值为 2.51, 贡献率为 19.33%, 对它作用最大的性状依次是饱满率 (-0.87)、果厚 (0.67)、角瓣宽 (0.66)、角瓣长 (0.63), 可称之为角瓣因子。第 3 主成分的特征值为 2.46, 贡献率为 18.89%, 种子厚 (0.89)、种子宽 (0.78) 和种子长 (0.69) 起主要作用, 可称之为种子因子。第 4 主成分的特征值为 1.41, 贡献率为 10.84%, 果柄长 (0.92) 具有较高的因子载荷, 可称之为柄长因子。第 5 主成分的特征值为 1.27, 贡献率为 9.79%, 果角数 (0.96) 具有较高的因子载荷, 可称之为角数因子。这些主成分可为果用林八角优良单株的选择提供表型依据。

表 4 主成分载荷矩阵及贡献率
Table 4 Principal component load matrix and contribution rate

指标	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
果径	0.76	0.02	0.42	0.18	0.07
果厚	0.59	0.67	0.24	-0.06	-0.03
果柄长	0.03	0.02	0.05	0.92	0.04
单果鲜质量	0.81	0.26	0.30	0.32	0.03
千克果实数	-0.80	-0.31	-0.25	-0.30	-0.02
饱满率	0.29	-0.87	0.04	-0.21	-0.14
果角数	0.08	0.10	0	0.06	0.96
角瓣长	0.51	0.63	0.22	0.11	0.01
角瓣宽	0.62	0.66	0.29	0.01	-0.03
角瓣厚	0.50	0.43	0.21	0.37	-0.44
种子长	0.24	0.02	0.69	0.32	0.27
种子宽	0.30	0.34	0.78	-0.05	0.00
种子厚	0.01	0.06	0.89	0.17	-0.24
特征值	3.36	2.51	2.46	1.41	1.27
贡献率/%	25.85	19.33	18.89	10.84	9.79
累计贡献率/%	25.85	45.18	64.07	74.91	84.70

注: F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 分别表示第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分、第 4 主成分和第 5 主成分。下同。

2.4 不同单株八角果实性状综合评价

利用八角果实形态做因子分析, 计算测试材料的主成分得分, 根据 5 个主成分的贡献率与因子得分进行综合评价, 其数学表达式为:

$$F = (25.85\% \times F_1 + 19.33\% \times F_2 + 18.89\% \times F_3 + 10.84\% \times F_4 + 9.79\% \times F_5)$$

根据得分所评选到的前 10 位优良单株如表 5。由表 5 可知, 综合排名第 1 位 (2020-232)、第 3 位 (2020-230)、第 9 位 (2020-215) 的 3 个单株, 为多角种质, 其多角率分别为 73%、100% 和 63.33%, 果角数分别为 9.67 个、10.83 个和 9.00 个, 果径分别为 3.45 cm、3.15 cm 和 3.15 cm, 果厚分别为 1.39 cm、1.22 cm 和 1.27 cm, 果柄长

分别为 4.07 cm、4.12 cm 和 3.51 cm, 单果鲜质量分别为 5.42 g、4.50 g 和 4.55 g, 千克果实数分别为 184.67 个、222.67 个和 220.00 个, 角瓣长分别为 2.04 cm、1.85 cm 和 1.73 cm, 角瓣宽分别为 1.48 cm、1.30 cm 和 1.29 cm, 角瓣厚分别为 0.96 cm、0.78 cm 和 0.87 cm, 多角种质呈现出良好的产量性状, 具有潜在的增产力。综合排名第 2、第 4 至第 8、第 10 位的 7 个单株, 依次是 2020-254、2020-241、2020-231、2020-250、2020-227、2020-225、2020-224, 其角数均为 8, 这些单株呈现出果径大、鲜果厚、角瓣长的特点, 可作为八角果用林优良单株的备选种质。

表 5 八角种质综合得分及排序
Table 5 Comprehensive score and ranking of *I. verum* germplasm

编号	各主成分得分					综合得分	排名
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5		
2020-232	1.19	2.32	1.74	-0.07	1.58	1.45	1
2020-254	1.47	1.33	2.22	-1.53	-0.25	1.02	2
2020-230	0.35	1.41	0.25	0.50	3.95	1.00	3
2020-241	0.95	0.40	2.10	0.45	0.20	0.93	4
2020-231	1.76	-0.60	1.34	1.42	-0.34	0.84	5
2020-250	2.28	-0.61	0.82	0.42	0.36	0.83	6
2020-227	0.72	1.39	0.74	1.31	-0.44	0.82	7
2020-225	1.04	0.71	0.90	0.56	0.05	0.76	8
2020-215	0.98	0.08	1.47	-0.57	1.26	0.72	9
2020-224	-0.22	2.28	0.97	-0.03	-0.56	0.60	10

2.5 不同单株八角果实性状聚类分析

聚类分析可以揭示类群间的遗传差异、相互关系。应用 13 个八角主要果实性状指标做系统聚类分析, 结果如图 1。

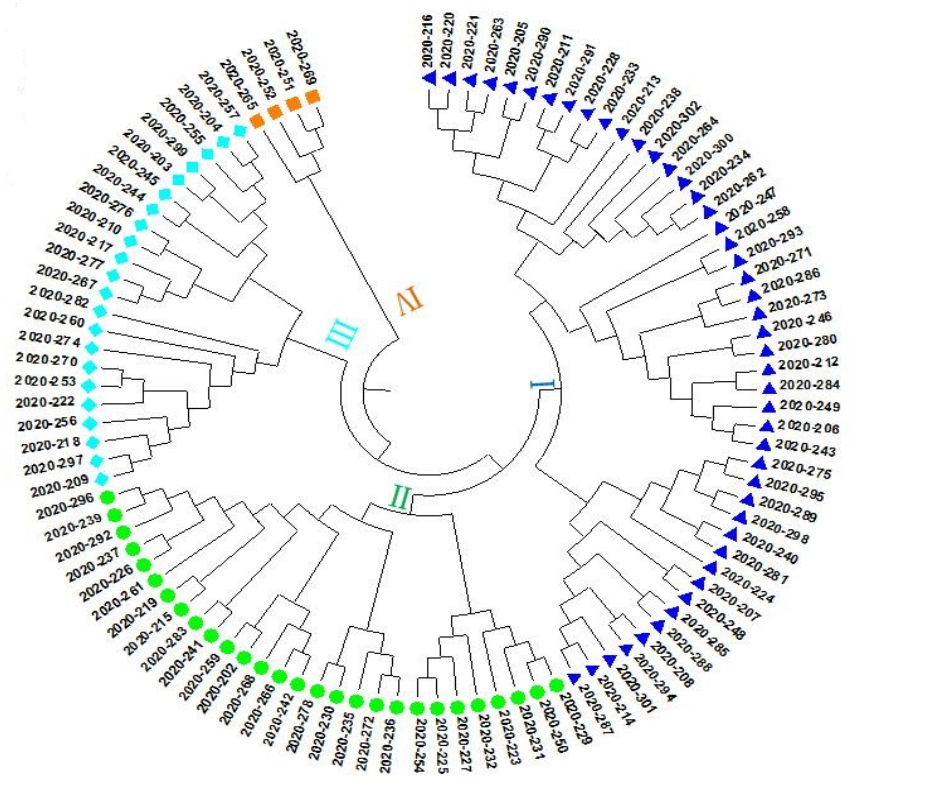


图 1 基于果实形态的八角种质聚类图

Figure 1 Clustergram of *I. verum* germplasm based on fruit morphology

由图 1 可知, 100 个测试单株可以聚为四个大类: 第一类包括 2020-216、2020-220、2020-221、2020-263 等共计 46 个单株, 其果柄长、角瓣长均较长, 种子较宽, 其果径、果厚、单果鲜质量、千克果实数、角瓣宽、角瓣厚中等, 果实以此类型占比最多; 第二类包括 2020-229、2020-250、2020-231、2020-223 等共计 28 个单株, 其果径、果厚、单果鲜质量、角瓣宽、角瓣厚、种子长均是最大, 千克果实数最小, 呈现出较好的果实性状特征, 在八角种质繁育、育种中可以作为优良种质加以利用; 第三类包括 2020-209、2020-297、2020-218、2020-256 等共计 22 个单株, 其果实稍小, 但果角数发育正常, 果实饱满, 具有较好的外观形态; 第四类包括 2020-265、2020-252、2020-251、2020-269 共计 4 个单株, 其果厚、单果鲜质量、角瓣宽较小, 果径、千克果实数、角瓣长、角瓣宽、角瓣厚均为最小, 呈现出果实小的特点。

3 结论与讨论

3.1 讨论

变异系数可反映某一性状数据的离散程度, 其系数越大说明对环境的适应性越强, 系数小则说明性状相对稳定, 遗传稳定性较好^[16]。刘娟等^[17]研究新疆杏 *Armeniaca vulgaris* 种质资源的表型遗传多样性后指出, 变异系数在 10% 以上的表型性状变异分化比较明显。本研究通过对 13 个八角果实性状进行的调查分析表明, 其平均变异系数为 11.75%, 其中千克果实数和单果鲜质量的变异系数较大, 分别为 23.67%、23.03%, 其次是果柄长和饱满率, 其变异系数均大于 10%, 表明八角果实在表型性状上表现出丰富的遗传多样性, 其千克果实数、单果鲜质量、果柄长与饱满率具有潜在的选择价值。千克果实数、饱满率与八角果用林优树选择标准中的千克果实数, 发育正常角数的选择目标是一致的^[18]。

果实不同性状间存在相互的联系, 李学科^[19]研究表明八角果柄长与鲜果产量呈极显著正相关; 果径与果厚、单果鲜重呈极显著正相关, 与果角数呈显著正相关; 果厚与果角数、单果鲜重呈极显著正相关。高腾^[20]研究的春八角果实表明, 其果宽和果重具有显著的相关性, 果实厚与果实重呈现极显著相关性。本研究结果表明果柄长与单果鲜质量, 果径与果厚、单果鲜质量, 果厚与单果鲜质量呈极显著正相关性, 这与前人研究的结果是一致的。

主成分分析能将较多相关的随机变量压缩成少量的综合指标, 同时又能反映出原来较多因素的信息^[21]。韦艺等^[22]将核桃 *Juglans regia* 优良单株果实性状归纳为 3 个主成分, 其累计贡献率 94.07%。本研究将 13 个八角果实性状提取为 5 个主成分, 即果质量因子、角瓣因子、种子因子、柄长因子、角数因子, 其累计贡献率达 84.70%, 这些因子之间密切相关, 因此在对八角果实产量性状进行研究时, 要综合考虑这些因子间的相互作用。本研究的聚类分析将 100 个单株划分为 4 个类群, 其中第二类群呈现出较好的果实性状特征, 其果径、果厚、单果鲜质量、角瓣宽、角瓣厚、种子长均为最大, 这一类群具有潜在的高产种质, 能为育种材料的选择提供依据。

本研究根据 5 个主成分的贡献率与因子得分对八角果实性状进行综合评价, 所评选的前 10 位种质, 其平均果径为 3.30 cm、果厚为 1.28 cm、单果鲜质量为 4.93 g、千克果实数为 205 个、饱满率为 64.66%、果角数为 8.63 个, 这些果实的形态呈现出果径大、果厚、单果鲜质量、千克果实数在 200 个左右、角瓣长、角瓣宽的特点, 与八角果用林优树选择标准相符合, 是潜在的高产果形种质。其中的 3 份为多角种质, 分别是综合排名第 1 位的 2020-232、第 3 位的 2020-230、第 9 位的 2020-215, 角数多于 8 个是其显著的特点, 可作为特异种质进行研究。八角通常由 8 枚彼此分离的心皮构成, 同时, 现有的八角林中存在多心皮的优良单株, 具有潜在的增产能力, 可通过单株选择、无性繁殖的方法培育多角形高产八角品种应用于生产。在八角优树的选择过程中, 除果实性状外, 还需考虑树形、分枝习性、叶片形态、抗性、含油量等性状。另外, 表型遗传变异易受环境条件及栽培因素的影响, 具有一定的局限性。因此, 在后续的研究中还需结合 DNA 水平相关技术开展种质评价, 以期八角优异资源发掘利用、品种选育等提供理论依据。

3.2 结论

不同单株八角果实性状具有较多的表型差异, 果实性状的变异系数在 6.34% ~ 23.67%, 多样性指数在 0.98 ~

2.04, 存在丰富的遗传多样性; 果径大、果实厚、千克果实数小、角瓣大是八角果用林选择的主要形态指标; 八角 13 个果实性状可提取为 5 个主成分, 即果质量因子、角瓣因子、种子因子、柄长因子、角数因子, 其累计贡献率达 84.70%; 总体上, 八角果实各性状指标之间都存在极显著的相关性 ($P < 0.01$); 依据主成分贡献率与因子得分综合评选出 10 份性状优异的八角种质, 具有潜在的增产能力, 其中 3 个单株为多角类型种质, 可作为特异种质资源进行研究与扩繁, 7 个单株呈现出果径大、鲜果厚、角瓣长的特点。应用 13 个八角主要果实性状指标做系统聚类分析, 100 个测试单株可以聚为 4 个大类, 第一类果实特征为中等, 第二类较好, 可在此类群中选择优良种质进行发掘利用, 第三、第四类呈现出果实小的特征。这些种质的评选将为八角资源的发掘与利用提供依据。

参考文献:

- [1] 孙雪阳. 八角表型多样性及种质资源的 AFLP 研究[D]. 南宁: 广西大学, 2011: 1-8.
- [2] 马锦林, 张日清, 李开祥. 广西八角良种研究综述[J]. 经济林研究, 2006, 24(3): 59-61.
- [3] 黄卓民. 八角[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 1-47.
- [4] 刘永华. 我国八角出口东盟国家市场现状与产业发展对策[J]. 南方农业学报, 2012, 43(6): 891-894.
- [5] 何春茂. 茴脑的性质及生产、利用[J]. 林产化工通讯, 2004, 38(1): 31-35.
- [6] ALY S E, BASSEM S A, SHAHEEN M S, et al. Assessment of antimycotoxicogenic and antioxidant activity of star anise (*Illicium verum*) in vitro[J]. J Saud Soc Agr Sci, 2016, 15(1): 20-27.
- [7] 黄丽贞, 谢滢, 姜露, 等. 八角茴香化学与药理研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2015, 17(2): 83-85.
- [8] APROTOSOAIE A C, COSTACHE I I, MIRON A. Anethole and its role in chronic diseases[J]. Drug Discov Moth Nat, 2016, 929: 247-267.
- [9] 陈鹏. 八角和杜仲叶提取物对断奶仔猪免疫和抗氧化性能的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017: 1-5.
- [10] 张增强. 八角尺蠖粪便及八角叶片提取物的生物活性研究[D]. 南宁: 广西大学, 2011: 1-6.
- [11] 郭媛. 八角茴香精油的抗菌机理研究及其在冷却肉保鲜中的应用[D]. 上海: 上海应用技术学院, 2012: 1-7.
- [12] 潘晓芳, 马锦林, 谢伟东. 八角的遗传多样性与良种选育[J]. 经济林研究, 2007, 25(2): 45-47.
- [13] 陈海云, 宁德鲁, 陈少瑜, 等. 基于 RAPD 标记的云南 23 个八角优良无性系的聚类 and 遗传多样性分析[J]. 西部林业科学, 2013, 42(1): 53-57.
- [14] MAGURRAN A E. Ecological diversity and its measurement[M]. New Jersey: Prenceton University Press, 1988: 145-146.
- [15] 李亚玲, 韩国民, 何沙娥, 等. 基于 DNA 分子标记数据构建系统进化树的新策略[J]. 生物信息学, 2008, 6(4): 168-170.
- [16] 邓凤彬, 罗立新, 虎海防, 等. 新疆野核桃坚果表型性状多样性分析[J]. 果树学报, 2018, 35(3): 275-284.
- [17] 刘娟, 廖康, 曼苏尔·那斯尔, 等. 新疆杏种质资源表型多样性研究[J]. 果树学报, 2014, 31(6): 1047-1056.
- [18] 叶志敏. 我国八角育种现状及发展对策[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2011, 8(10): 229-232.
- [19] 李学科. 派阳山林场八角基因库种质资源评价[D]. 南宁: 广西大学, 2013: 1-4.
- [20] 高腾. 八角开花及幼果期营养元素变化研究[D]. 南宁: 广西大学, 2017: 15-16.
- [21] GUO B L, YANG J X, LI Y C, et al. The application of principal component analysis on mainly economic characters and superior variety selection of apricot for nucleolus using[J]. Sci Silv Sin, 2000, 36(6): 53-56.
- [22] 韦艺, 谢代祖, 韦丹, 等. 广西河池市核桃优良单株果实性状分析[J]. 广西林业科学, 2020, 49(3): 420-424.