

鲜食型云南栲[木衣]优树选择

徐臻^{1,2}, 刘宇^{1,2}, 杨林^{1,2}, 田金红^{1,2}, 李婧婷^{1,2}, 马海涛^{1,2}, 李恩良³, 王大玮^{1,2}¹西南林业大学, 西南山地森林资源保育与利用教育部重点实验室, 昆明 650224; ²西南林业大学, 云南省高校林木遗传改良与繁育重点实验室, 昆明 650224; ³云南省墨江西岐桫欏省级自然保护区管护局, 普洱 654800

摘要: 云南栲[木衣]是云南省的著名野生果树, 其果实营养丰富, 是理想的绿色水果, 由于其果实中富含单宁、粗纤维和黄酮类化合物, 导致大多数果实口感酸涩难以直接食用。课题组在前期资源调查过程发现云南栲[木衣]果实自然变异丰富, 部分个体的果实汁甜肉脆口感较好, 受到大众的喜爱, 鲜食型优树的选择, 可为后期定向改良奠定基础。本研究以云南省澜沧县糯扎渡镇的 100 株鲜食型候选单株为研究对象, 对其果实表型(单果重、果实横径、果实纵径)进行测定分析, 以平均果重(61.28 g)为指标, 共筛选出 66 株初选优株; 在此基础上, 对初选优株的品质性状(总糖、总酸、维生素 C、黄酮、单宁、粗蛋白、粗纤维)进行测定及分析。结果表明, 各性状均存在一定变异, 其中维生素 C 含量变异最大, 变异系数为 0.318, 总糖含量最为稳定, 总体一致性较高, 变异系数为 0.064; 相关性分析结果表明, 除粗蛋白含量与黄酮含量呈显著负相关, 其余指标间呈正或负相关, 且均未达到显著水平。然后采用综合评分法对初选优株进行打分并排名, 排名越高说明其综合品质越好, 最终根据单样本平均数假设检验确定显著低于平均分数下限值的初选优株, 最终筛选出总得分高于最低下限值(56.13)的 13 株鲜食型优良个体, 其中综合排名第一的为 98 号, 得分为 66, 综合表现最好, 其余优株按照综合评分从高到低依次为: 1、15、34、12、76、9、77、8、71、7、99、6。本研究共筛选出了 13 个优良单株, 为鲜食型云南栲[木衣]良种选育提供了宝贵材料。

关键词: 云南栲[木衣]; 优树选择; 果实品质; 综合评分法

Plus Tree Selection of Fresh *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid.XU Liu^{1,2}, LIU Yu^{1,2}, YANG Lin^{1,2}, TIAN Jin-hong^{1,2}, LI Jing-ting^{1,2}, MA Hai-tao^{1,2}, LI En-liang³, WANG Da-wei^{1,2}¹Southwest Forestry University, Key Laboratory for Forest Resources Conservation and Use in the Southwest Mountains of China, Ministry of Education, Kunming 650224, China; ²Southwest Forestry University, Key Laboratory for Forest Genetic and Tree Improvement & Propagation in Universities of Yunnan Province, Kunming 650224, China; ³Yunnan Province Mojiang Xiqiao Provincial Nature Reserve Management Bureau, Puer 654800

Abstract: *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. is a well-known wild fruit tree in Yunnan Province, whose fruit is rich in nutrients and ideal green fruit. The fruit is rich in tannins, crude fibres and flavonoids, resulting in most of the fruit being sour and difficult to eat fruits directly. The preliminary resource survey of *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. revealed abundant natural variations on fruit. For example, some of them showed a better taste of sweet juice and crispy flesh. The selection of plus trees will lay the foundation for future targeted improvement. In this study, 100 fresh-feeding plants from Nuozadu Township, Lancang County, Yunnan Province, China, were analyzed for their fruit phenotypes (fruit weight, fruit cross diameter and fruit longitudinal diameter). Based on the average fruit weight of 61.28g as cutoff, 66 plus plants were obtained, followed by quantifying the quality traits, such as total sugars, total acids, Vc, flavonoids, tannins, crude protein, and crude fibre. There were phenotypic variations at all traits, among which the content of Vc was the most variable with a coefficient of variation of 0.318, and the content of total sugar was the most stable with a high overall consistency with a coefficient of variation of 0.064. Based on the correlation analysis, except for crude protein content that was significantly negatively correlated with flavonoid content, the other indicators were detected with positive or negative correlations without significance. The comprehensive scoring method was used to score and rank the initial selection of superior plants (the higher ranking with better overall quality), and finally the lower limit of significantly lower than average scores was determined according to the one-sample mean hypothesis test. Thirteen fresh-feeding individuals with a total score higher than the lowest lower limit (56.13)

收稿日期:

修回日期:

网络出版日期:

URL:

第一作者研究方向为林木遗传育种, E-mail:xuli@swfu.edu.cn

通讯作者: 王大玮, 研究方向为林木遗传育种, E-mail:wangdawei@swfu.edu.cn

李恩良, 研究方向为野生动植物保护, E-mail:84673190@qq.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(32060350); 云南省万人计划青年拔尖人才专项(YNWR-QNBJ-2020-230)。

Foundation projects: the National Natural Science Foundation of China (32060350); the Fund of Ten-Thousand Talent Plants for Young Top-notch Talents of Yunnan Province (YNWR-QNBJ-2020-230)

were identified, of which the first one was No. 98 with a score of 66 and the best overall performance, and the rest of the plus trees are, in descending order of overall score: 1, 15, 34, 12, 76, 9, 77, 8, 71, 7, 99, 6. Collectively, this study obtained 13 plus trees of *Docynia delavayi*, thus providing raw material for the future breeding of improved varieties of fresh *Docynia delavayi*.

Key words: *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid.; plus tree selection; fruit quality; comprehensive scoring method

云南柃[木衣] *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. 为蔷薇科 (Rosaceae) 柃属 (*Docynia*) 常绿乔木, 是云南省特有的野生果树之一^[1]。其果实富含维生素 C (Vc)、粗纤维、粗蛋白、矿质元素以及多种氨基酸等营养物质, 具有极高的营养价值, 是一种理想的绿色健康食品^[2]。果实、树皮、茎和叶中黄酮、多酚和皂苷类化合物等生物活性物质含量极丰富, 具有抗肿瘤活性、抗微生物、免疫调节、抗炎、调节心血管系统活性等作用, 已被广泛用于当地少数民族的民族药物中^[3,4]。综合来讲, 云南柃[木衣]是一种具有极高经济价值的药食兼具的优良植物资源^[3]。由于国内外对云南柃[木衣]良种选育的研究起步较晚, 目前仅开展了无性繁殖技术探究^[5,6]、生物学特性分析^[7]、分子标记开发及体系建立^[1,8]以及遗传多样性分析^[9,10]等方面的研究。

优树选择是林木改良的基础手段, 是良种选育的基础性工作; 能充分利用当地的种质资源, 且所选优树适应性较强, 是最快速、最经济和最有效的育种途径^[11,12]。优树选择的方法主要有: 独立标准法、连续选择法和综合评分法等方法^[13], 相比较而言综合评分法是将候选优树的各性状划分为不同的等级, 赋予每个指标相对应的分数, 根据候选优树的总得分进行综合评价。综合评分能综合考虑多性状, 有效地避免选优指标评定存在较大的偏差问题^[14]。优树选择能充分利用当地的种质资源, 且所选品种适应性较强, 是最快速、最经济和最有效的育种途径^[12]。目前综合评分法已广泛应用于果树, 观赏树和用材树等经济林木的优树选择研究中, 为产业化发展奠定了坚实的基础^[13,15-17]。

云南柃[木衣]果实含有丰富的营养物质, 是理想的鲜食型绿色水果, 但由于其果实中单宁、黄酮以及粗纤维等生物活性物质含量高, 导致果实口感酸涩, 难以直接入口。课题组在资源调查过程发现其自然变异丰富, 部分个体的果实汁甜肉脆, 接近花红 (*Malus asiatica* Nakai) 的口感。因此, 本研究旨在走访调查的基础上, 以单果重、果实纵径、横径指标为标准, 筛选出初选优株; 在此基础上, 以总酸、单宁、黄酮以及粗纤维为负向指标, 总糖、Vc、粗蛋白等为正向指标, 结合综合评分筛选出鲜食型优良单株。为鲜食型云南柃[木衣]良种选育提供宝贵材料。

1 材料与方法

1.1 研究材料及初选

在云南省普洱市澜沧拉祜族自治县糯扎渡镇扁担山村、上干坝、大路寨、慢登山、金厂河等地 (E100° 9~15', N22° 29~35'), 通过实地踏查及访问调查, 初步确定了果实口感较好、长势好、结实量高、无明显病虫害的 100 个候选单株。为确保样品具有足够的代表性, 一律选择立地条件基本一致, 树龄在 15-30 年间的个体, 且每株候选优树的距离保持在 30 m 以上。在果实成熟期, 对每株个体从东、南、西、北四个方位分别采集 5 个果实, 收集后对塑封袋每袋进行编号。对每个个体单果重、果实纵径、横径进行测定, 然后筛选出高于平均果重的候选个体作为初选优株。

1.2 果实品质测定

果实采集编号后, 将其带回实验室对果实表型进行测定, 进行 3 次重复, 再将果实清洗干净后, 将除果核外部分切成 2-3 cm 小块, 为防止果实含量遇热分解, 于恒温烘箱内 45 °C 烘至恒重, 再用多功能粉碎机将果干磨至面粉状且无明显颗粒, 装袋编号备用。

云南柃[木衣]果实总糖含量的测定, 参照 GB5009.7—2016 食品中还原糖测定标准^[18]。总酸含量的测定, 参照 GB12456—2021 食品中总酸测定标准^[19]。Vc 含量的测定, 参照 GB14754-2010 食品中维生素 C 含量测定标准^[20]。黄酮含量的测定, 参照 NYT2010-2011 食品中黄酮的有效成分含量测定标准^[21]。粗蛋白含量的测定, 参照 GB5009.5—2016 食品中蛋白质的测定标准^[22]。单宁含量的测定, 参照 NYT1600-2008 水果中单宁含量测定标准^[23]。粗纤维含量的测定, 参照 GBT5009.10-2003 食品中粗纤维的测定标准^[24]。

1.3 综合评分法与复选

根据选优目标，共选择 8 个指标进行分级打分，包含 1 个果实表型指标（单果重）和 7 个果实含量指标（总糖、总酸、Vc、黄酮、单宁、粗纤维、粗蛋白）。因性状较多且各性状存在较大差异，根据各性状的均值、标准差、极差综合选择评分法进行综合评判。首先，对云南柁[木衣]果实生物活性物质含量进行分析，根据性状的平均值和标准差确定各量化指标的基础值，即用平均值加上 1 个标准差作为基础值。将极差每变化 10%作为一个评分等级，在基础值的基础上将打分标准分为 11 个等级，分别赋予分值（总计 88 分），建立各性状评分标准（附表 1。对总体候选优树得分平均数进行单样本平均数假设检验，确定显著低于平均分数的下限值，得分高于下限值的作为复选优树。（参照贺盼^[15]、李善文^[14]的方法改良后进行分级打分）。

1.4 数据处理

用 Excel 2021 和 SPSS 21.0 对所有数据进行整理、相关性分析、K-S 检验后综合评分并排序。

2 结果与分析

2.1 云南柁[木衣]果实外观品质分析

对 100 株候选单株果实表型性状进行统计分析（表 1，附表 2，其中果实纵径最大值为 63.07 mm，最小值为 43.84 mm，平均值为 52.32 mm；果实横径最大值为 53.72 mm，最小值为 40.33 mm，平均值为 46.36 mm；单果重量最大值为 70.98 g，最小值为 56.51 g，平均值为 61.28 g。筛选出高于平均果重（61.28 g）的单株共 66 株作为初选优株，参与优树复选（附表 1）。

表 1 云南柁[木衣]果实性状统计

Table 1 Statistics of *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. fruit characters

性状 Character	最大值 Max.	最小值 Min.	平均值 Average	极差 Range	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation
纵径	63.07	43.84	52.32	19.23	3.810	0.073
横径	53.72	40.33	46.36	13.39	3.168	0.068
纵横比	1.39	0.94	1.13	0.45	0.086	0.076
果重	70.98	56.51	61.28	14.74	3.716	0.059

2.2 云南柁[木衣]品质性状变异分析

66 株初选优树品质性状变异情况见表 2。7 个性状变异系数介于 0.064~0.318，其中变异系数较高的为 Vc 含量（0.318）、黄酮含量（0.273）、总酸含量（0.215）、粗蛋白含量（0.211），变异系数较低的为单宁含量（0.103）、粗纤维含量（0.093），变异系数最低的为总糖含量（0.064）。说明云南柁[木衣]果实成分含量有着一定的变异，其中总糖含量最为稳定，一致性较高。

表 2 云南柁[木衣]果实成分含量均值及变异系数

Table 2 *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid.fruit component content level average coefficient of variation

含量 Composition	平均值 Average	最大值 Max.	最小值 Min.	变异系数 Coefficient of variation
总糖（g/100 g）	25.711	29.28	21.14	0.064
总酸（g/100 g）	8.781	13.27	5.09	0.215
Vc（g/100 g）	1.566	3.00	0.59	0.318
黄酮（g/100 g）	4.649	7.00	1.80	0.273
粗蛋白（g/100 g）	3.693	5.47	2.33	0.211
单宁（g/100 g）	2.569	3.75	2.17	0.103
粗纤维（g/100 g）	7.052	9.20	6.10	0.093

2.3 相关性分析

相关性分析结果表明，总糖含量与总酸、Vc、黄酮、粗纤维含量呈负相关，与粗蛋白、单宁、果重呈正相关；总酸含量与 Vc、黄酮、粗蛋白含量呈正相关，与单宁、粗纤维含量、果重呈负相关；Vc 含量与果重呈负相关，与黄酮、粗蛋白、单宁和粗纤维含量呈正相关；黄酮含量与粗蛋白含量呈显著负相关，与单宁、粗纤维含量、果重呈负相关；粗蛋白含量与单宁、粗纤维含量、果重呈正相关（表 3）。由表 3 还可知，黄酮含量与粗蛋白含量相关性较高，相关系数为-0.256；总糖含量与黄酮含量较低，相关系数为-0.011；总酸含量与粗蛋白含量和粗纤维含量相关性较低，相关系数分别为 0.016 和-0.016。

表 3 云南柁[木衣]果实相关性分析

Table 3 Correlation analysis of *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. fruit

	总糖 Sugar	总酸 Acid	维生素 C Vc	黄酮 Flavonoids	粗蛋白 Protein	单宁 Tannin	粗纤维 Fibre	果重 weight
总糖	1							
总酸	-0.044	1						
维生素 C	-0.035	0.151	1					
黄酮	-0.011	0.087	0.066	1				
粗蛋白	0.24	0.016	0.034	-0.256*	1			
单宁	0.029	-0.031	0.124	-0.063	0.111	1		
粗纤维	-0.021	-0.016	0.151	-0.091	0.041	-0.046	1	
果重	0.019	-0.149	-0.158	-0.183	0.215	-0.072	0.022	1

*表示在 0.05 水平显著性相关

2.4 综合评分

以云南柁[木衣]优树评选表（附表 2）的标准对 66 株初选优良单株进行综合评分，并对其总得分进行 K-S(Kolmogorov Smirnov)检验，其总体数值服从正态分布。根据总体候选优树得分平均数进行单样本平均数假设检验，确定显著低于平均分数的下限值为 56.13，即： $G = \bar{G} - t_{0.05} \delta / \sqrt{n}$ ，式中， $\bar{G}$ 为候选优树得分的平均值(57.42)， $t_{0.05}$ 为 p 值在 0.05 水平的检验值(1.67)， δ 为候选优树的得分标准差(6.29)，n 为候选优树的株数(66)，代入公式得 G=56.13。

最终将得分大于 56.13 分的单株作为复选优树，从 66 株初选优树中选出 13 株（表 4），依据总糖含量来看，34 号和 12 号表现最优，排名分别为 4 和 5；总酸含量得分最高的为 15 号和 34 号；Vc 含量最高的为 15 号，排名第 3；黄酮含量最低的为 71 号，排名第 10；粗蛋白含量得分最高的为 1 号和 8 号，排名分别为 2 和 9；单宁含量得分最高的为 1 号和 7 号；粗纤维含量得分最高的为 9 号、7 号和 6 号，排名分别为 7、11 和 13；单果重最大的为 98 号、76 号和 9 号，排名分别为 1、6 和 7。综合评分得分排名第一的为 98 号，得分为 66 分，综合表现最好。

表 4 综合评分法分值及排名

Table 4 Ranking and scores of comprehensive assessment

编号	果重	总糖	总酸	Vc	黄酮	粗蛋白	单宁	粗纤维	总分	排名
98	10	7	9	5	8	9	9	9	66	1
1	4	8	8	9	7	10	10	9	65	2
15	8	7	10	10	9	5	8	6	63	3
34	8	9	10	7	7	7	8	6	62	4
12	8	9	8	1	10	7	9	9	61	5
76	10	8	9	9	6	5	8	6	61	6
9	10	7	7	1	9	8	8	10	60	7
77	4	8	7	8	8	8	8	9	60	8

8	6	6	8	6	10	10	9	4	59	9
71	8	7	3	5	11	9	8	8	59	10
7	4	8	9	9	3	5	10	10	58	11
99	9	6	7	5	8	9	8	6	58	12
6	7	8	9	5	8	2	8	10	57	13

3 讨论

优树根据用途的不同,在进行选择时所选取的指标也有所不同,如冬枣树为果用型树种,在进行选优时主要以果实经济性状、果实品质、产量、物候期、抗性和生长发育 6 项一级指标进行参照选优^[25];顾文毅等在进行黄果梨选优时,选择果实大小、形状、颜色、质地、风味等 8 个指标作为选优指标进行选择^[26]。张腊腊在进行苹果品质评价时,将果皮色泽、可溶性固形物含量、可溶性总糖含量、Vc、可滴定总酸含量等 10 个指标作为果实品质指标进行综合评价^[27]。本文在进行选优时,主要以果实品质优良为选择目标。果实品质性状在云南柃[木衣]选优中占有非常重要的位置,内在品质又重于外在品质和其他果实经济性状。因此,在优树初选时以果实重量优于平均值为标准进行选择;然后将采集果实带回实验室进行含量的测定,在本研究中需选择鲜食型优树,黄酮、总酸、单宁以及粗纤维含量高,导致果实口感粗糙、苦涩^[3,28];因此黄酮、总酸、单宁以及粗纤维作为负向指标;总糖含量高,果实较甜;粗蛋白对口感无影响;Vc 是维持人体正常生理代谢的重要化合物之一,人体严重缺乏时会引起坏血病,且有利于防止果肉发生褐变,因此单果重、总糖、Vc 和粗蛋白为正向指标^[29]。

植物的许多性状之间存在着一定的相关性,而进行相关性分析可以直观地发现各性状间的内在联系^[30]。本研究中,分析发现黄酮含量与粗蛋白含量呈显著负相关,其余指标呈正或负相关,均未达到显著相关水平,表明云南柃[木衣]果实品质性状间即存在一定的关联性,又相对较独立,与马玉娟等^[31]对鲜食型苹果的研究结果相似。

就选择方法而言,优树选择的方法包括独立标准法、连续选择法和评分法等^[12]。独立标准法确定优树的原则是以大于选优指标的下限标准即为优树,该方法简单明了,但缺点是个体有多个优良的性状,但当某个性状达不到标准,个体都将被淘汰;连续选择法需要连续多年调查,所需时间较长,所消耗的人力、物力成本较大,只有少数树种适合用连续选择法进行优树选择;综合评分法属于主观赋权法中的一类,这类方法受人为因素的影响,更能合理的确定各项指标的重要程度,从而筛选出符合鲜食型果树这一目标的对象^[32]。其评分方法是将候选优树的各个性状平均值作为参考进行分级打分,根据各个性状的均值、标准差、极差确定选优评分体系,能综合考虑多性状,有效地避免选优指标评定存在较大的偏差问题^[12]。近年来,综合评分法已广泛应用于果树的优树选择,由于果树选优过程中涉及选优指标较多,且差异显著,采用综合评分法对众多树种进行优树选择均达到良好的选优的效果^[12,14,15,17,33]。本试验采用综合评分法对云南柃[木衣]进行优树选择,从 66 株初选优树中选出 13 株复选优树,通过对比落选的初选优树和复选优树两者在各个指标间相差较大,说明综合评分法用于云南柃[木衣]的选优是合理的,且具有较好的选优效果,所筛选出的优良个体可为鲜食型云南柃[木衣]良种选育奠定基础。

4 结论

在 100 株云南柃[木衣]优树中筛选出高于平均果重(61.28 g)的单株作为初选优株,剔除了 34 株,筛选出 66 株作为初选优树。以初选优株作为材料,对它们的果实进行了总糖、总酸、Vc、黄酮、粗蛋白、单宁、粗纤维含量的测定,这些数据在利用 SPSS 21.0 软件进行描述性统计分析和相关性分析后,对初选优株的这些性状利用综合评分法进行评选,选出高于最低下限值 56.13 的 13 株复选优树,为鲜食型云南柃[木衣]良种选育提供了宝贵培育材料。

参考文献

- [1] 陈璨, 石辰, 王大玮, 彭劲谕 & 段安安. 云南柃(木衣)SRAP-PCR 反应体系的建立及引物筛选. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2021, 36(6): 1037–1043.
CHEN C, SHI C, WANG D W, PENG J Y, DUAN A A. Establishment of SRAP-PCR Reaction System on *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. and Selection of Primers. Journal of Yunnan Agricultural University: Natural Science, 2021, 36(6): 1037–1043.
- [2] 慈晓彤, 石辰, 王大玮, 沈莲文, 何承忠, 蔡年辉 & 段安安. 云南柃[木衣]叶片总 RNA 提取方法的比较与改进. 西北林学院学报, 2020, 35(3): 95–99.
CI X T, SHI C, WANG D W, SHEN L W, HE C Z, CAI N H, DUAN A A. Comparison and Improvement of Total RNA Extraction Methods from *Docynia delavayi* Leaves. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(3): 95–99.
- [3] 彭珍华. 云南柃衣有效成分提取纯化工艺的研究. 昆明理工大学, 2010.
PENG Z H. Study on Extraction and Purification Process of Effective Components from *Docynia delavayi*. Kunming University of Science and Technology, 2010.
- [4] Deng, X., Zhao, X., Lan, Z., Jiang, J., Yin, W. & Chen, L. Anti-Tumor Effects of Flavonoids from the Ethnic Medicine *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. and Its Possible Mechanism. Journal of Medicinal Food, 2014, 17(7): 787–794.
- [5] 李倩, 余苏琼, 杨利华 & 唐红燕. 云南柃嫁接试验初探. 林业科技通讯, 2019(3): 55–57.
LI Q, SHI C, YU S Q, YANG L H, TANG H Y. A Preliminary on Grafting of *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid.. Forest Science and Technology, 2019(3): 55–57.
- [6] 刘志友 & 胡绪岚. 云南柃(木衣)和牛筋条作苹果砧木调查初报. 中国果树, 1984(2): 54–55.
LIU Z, HU X L. Preliminary Report on the Investigation of *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid and bull bar as apple rootstocks.. China Fruits, 1984(2): 54–55.
- [7] 李福寿, 李美珍 & 李剑. 云南多依的生物学特性和物候特征研究. 中国园艺文摘, 2010, 26(4): 94–95.
LI F S, LI M Z, LI J. Study of Biological Characteristics of *Docynia delavayi* (Fr.) Schneid.. Chinese Horticulture Abstracts, 2010, 26(4): 94–95.
- [8] Peng, J., Shi, C., Wang, D., Li, S., Zhao, X., Duan, A., Cai, N. & He, C. Genetic diversity and population structure of the medicinal plant *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid revealed by transcriptome-based SSR markers. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 2021, 21: 100294.
- [9] 彭劲谕, 朱泽莉, 李恩良, 王大玮, 唐红燕 & 段安安. 基于高通量转录组测序的云南柃(木衣)微卫星位点特征分析. 分子植物育种, 2020, 18(16): 5419–5427.
PENG J Y, ZHU Z L, LI E L, WANG D W, TANG H Y, DUAN A A. Characteristics of Microsatellite in *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. by High-throughput Transcriptome Sequencing[J]. Molecular Plant Breeding, 2020, 18(16): 5419–5427.
- [10] Li, L., Ou, W., Wang, Y., Peng, J., Wang, D. & Xu, S. Comparison of genetic diversity between ancient and common populations of *Docynia delavayi* (Franch.) Schneid. Gene, 2022, 829: 146498.
- [11] 邵文豪, 董汝湘, 姜景民, 岳华峰, 李相宽 & 杨绍彬. 皱皮木瓜综合多性状优树选择. 东北林业大学学报, 2015, 43(11): 46–51.
SHAO W H, DONG R X, JIANG J M, YUE H F, LI X K, YANG S B. Plus Tree Selection Based on Comprehensive Traits of *Chaenomeles speciosa*. Journal of Northeast forestry University, 2015, 43(11): 46–51.
- [12] 起国海, 吴疆骝, 郑益兴, 彭兴民, 张太奎, 张孟伟, 余侃 & 张燕平. 基于综合评分法的辣木优树选择. 分子植物育种, 2018, 16(7): 2282–2290.
QI G H, WU J C, ZHENG Y X, PENG X M, ZHANG T K, ZHANG M W, YU K, ZHANG Y P. Plus Tree Selection of *Moringa oleifera* Based on Comprehensive Scoring Method. Molecular Plant Breeding, 2018, 16(7): 2282–2290.
- [13] 王一峰, 王明霞, 蹇小勇, 庞世伟, 夏泽 & 赵淑玲. 成县核桃优树坚果性状的主成分分析与综合评价. 种子, 2019, 38(3): 59–63.
WANG Y F, WANG M X, JIAN X Y, PANG S W, XIA Z, ZHAO S L. Principal Component Analysis and Comprehensive Evaluation on Nut Characters of Superior Walnut Tree in Chengxian County. Seed, 2019, 38(3): 59–63.
- [14] 李善文, 吴德军, 梁栋, 王开芳, 王翠香 & 任飞. 毛柃优树选择研究. 北京林业大学学报, 2014, 36(2): 81–86.
LI S W, WU D J, LIANG D, WANG K F, WANG C X, REN F. Plus Tree Selection of *Cornus walteri*. Journal of Beijing Forestry University, 2014, 36(2): 81–86.
- [15] 贺盼, 孔东升, 王立 & 冯宜明. 黑果枸杞优树选择初步研究. 干旱地区农业研究, 2021(2): 178–183.
HE P, KONG D S, WANG L, FENG Y M. A Preliminary Study on Selection of Excellent Trees of *Lycium barbarum*. Agricultural Research in the Arid Areas, 2021(2): 178–183.

- [16] Yang, L., Gao, C., Xie, J., Qiu, J., Deng, Q., Zhou, Y., Liao, D. & Deng, C. Fruit economic characteristics and yields of 40 superior *Camellia oleifera* Abel plants in the low-hot valley area of Guizhou Province, China. *Scientific Reports*, 2022, 12(1): 7068.
- [17] 周义罡, 邓国将, 罗广忠, 等. 湘南千年桐优树的选择与评价. *经济林研究*, 2016, 34(01): 12–18.
- ZHOU Y G, DENG H J, LUO G Z. Selection and evaluation of superior *Aleurites montana* trees in Hunan. *Nonwood Forest Research*, 2016, 34(01): 12–18.
- [18] GB 5009.7-2016, 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定.
- GB 5009.7-2016, National Standard for Food Safety Determination of reducing sugars in foods.
- [19] GB 12456-2021, 食品安全国家标准 食品中总酸的测定.
- GB 12456-2021, National Standard for Food Safety Determination of Total Acids in Foods.
- [20] GB 14754-2010, 食品安全国家标准 食品添加剂 维生素C(抗坏血酸).
- GB 14754-2010, National Food Safety Standard Food Additive Vitamin C (Ascorbic Acid).
- [21] NY/T 2010-2011, 柑橘类水果及制品中总黄酮含量的测定.
- NY/T 2010-2011, Determination of total flavonoid content in citrus fruits and products.
- [22] GB 5009.5-2016, 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定.
- GB 5009.5-2016, National Standard for Food Safety Determination of Protein in Food.
- [23] NY/T 1600-2008, 水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定分光光度法.
- NY/T 1600-2008, Spectrophotometric method for the determination of tannins in fruits, vegetables and their products.
- [24] GB 5009.88-2014, 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定.
- GB 5009.88-2014, National Standard for Food Safety Determination of Dietary Fibre in Foods.
- [25] 马庆华, 李永红, 梁丽松, 王海, 许元峰, 孙玉波 & 王贵禧. 冬枣优良单株综合评价体系的建立. *农业系统科学与综合研究*, 2011, 27(3): 321–327.
- MA Q H, LI Y H, LIANG L S, WANG H, XU Y F, KONG Y B, WANG G X. Establishment of the Synthetical Evaluation System for Dongzao(*Zizyphus jujuba* Mill. 'Dongzao') Advanced Selections. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2011, 27(3): 321–327.
- [26] 顾文毅, 刘小利, 魏海斌, 祁银燕 & 牛松山. “黄果梨”优株选择研究报告. *现代园艺*, 2022, 45(1): 16–20.
- GU W Y, LIU X L, WEI H B, QI Y Y, NIU S S. Study on the Selection of Superior Plants of “yellow fruit pear”. *Contemporary Horticulture*, 2022, 45(1): 16–20.
- [27] 张腊腊, 韩明虎, 胡浩斌, 武芸 & 王丽朋. 基于主成分分析的苹果品质综合评价. *江苏农业科学*, 2020, 48(3): 209–213.
- ZHANG L L, HAN M H, HU H B, WU Y, WANG L P. Comprehensive Evaluation of Apple Quality Based on Principal Component Analysis. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2020, 48(3): 209–213.
- [28] Frydman, A., Weissshaus, O., Bar-Peled, M., Huhman, D. V., Sumner, L. W., Marin, F. R., Lewinsohn, E., Fluhr, R., Gressel, J. & Eyal, Y. Citrus fruit bitter flavors: isolation and functional characterization of the gene Cm1,2RhaT encoding a 1,2 rhamnosyltransferase, a key enzyme in the biosynthesis of the bitter flavonoids of citrus: Functional characterization of flavonoid 1,2 rhamnosyltransferase. *The Plant Journal*, 2004, 40(1): 88–100.
- [29] 白沙沙. 鲜食苹果品质评价研究. 中国农业科学院, 2012.
- BAI S S. The Research on Quality Evalution of Fresh Apples. *Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation*, 2012.
- [30] 江锡兵, 滕国新, 范金根, 罗修宝, 盛建洪 & 龚榜初. 长江中下游区板栗主栽品种果实实型和品质综合评价. *林业科学研究*, 2022, 35(1): 70–81.
- JIANG X B, TENG G X, FAN J G, LUO X B, SHENG J H, GONG B C. Comprehensive Evaluation of Fruit Phenotype and Quality of Main Chinese Chestnut Cultivars in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River. *Forest Research*, 2022, 35(1): 70–81.
- [31] 马玉娟, 赵见军, 邓红, 孟永宏 & 郭玉蓉. 陕西洛川富士鲜苹果品质综合评价及分级体系的构建. *食品科学*, 2015, 36(1): 69–74.
- MA Y J, ZHAO J J, DENG H, MENG Y H, GUO Y R. Construction of Comprehensive Quality Evaluation and Grading System for Fresh Fuji Apple in Luochuan, Shanxi. *Food Science*, 2015, 36(1): 69–74.
- [32] 严今石. 关于综合评价的多元统计分析方法的探讨. 延边大学, 2006.
- YAN J S. Discussion on Multivariate Statistical Analysis Methods for Comprehensive Evaluation. *Yanbian University*, 2006.
- [33] Song, M., Xu, H., Xin, G., Liu, C., Sun, X., Zhi, Y., Li, B. & Shen, Y. Comprehensive evaluation of *Actinidia arguta* fruit based on the nutrition and taste: 67 germplasm native to Northeast China. *Food Science and Human Wellness*, 2022, 11(2): 393–404.