

鲜食型云南栲[木衣]优树选择

徐 鑒¹, 刘 宇¹, 杨 林¹, 田金红¹, 李婧婷¹, 马海涛¹, 李恩良², 王大玮¹

(¹西南林业大学林学院西南山地森林资源保育与利用教育部重点实验室/云南省高校林木遗传改良与繁育重点实验室, 昆明 650224;

²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, 因此本研究期望筛选出鲜食型优树。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。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得分的下限值, 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号。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 Liu¹, LIU Yu¹, YANG Lin¹, TIAN Jin-hong¹, LI Jing-ting¹, MA Hai-tao¹, LI En-liang², WANG Da-wei¹

(¹College of Forestry, Southwest Forestry University, Key Laboratory of Ministry of Education for Conservation and Utilization of Mountain Forest Resources in the Southwest China / Key Laboratory for Forest Genetic and Tree Improvement & Propagation in Universities of Yunnan Province, Kunming 650224; ²Yunnan 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. Therefore, this study attempted to screen out the fresh *Docynia delavayi*. 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 61.28 g 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

收稿日期: 2022-11-07 修回日期: 2022-12-25 网络出版日期: 2023-02-15

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20221107004>

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

通信作者: 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 Plans for Young Top-notch Talents of Yunnan Province (YNWR-QNBJ-2020-230)

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) 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]。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^[13], 相比较而言, 综合评分法是将候选优树的各性状划分不同的等级, 赋予各个级别相对应的分数, 根据候选优树的总分进行综合评价。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]。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, 结合综合评分法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, 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 (图 1), 分别编号为 1~100。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 4 个方位分别采集 5 个果实, 收集后对每份样品进行编号。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单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, 3 次重复, 将果实清洗干净后, 将除果核外的部分切成 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, 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。



图1 云南柊[木衣]树形与果实

Fig.1 *Docynia delavayi*(Franch.)Schneid. and its fruits

云南柊[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 数据分析与复选

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。

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个果实品质含量指标(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。参照贺盼等^[15]、李善文等^[14]的方法改良后进行分级打分。首先,对云南柊[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(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。公式为: $G = \bar{G} - t_{0.05} \delta / \sqrt{n}$,式中, G 为下限值, \bar{G} 为候选优树得分的平均值, $t_{0.05}$ 为 P 值在0.05水平的检验值, δ 为候选优树的得分标准差, n 为候选优树的株数。

2 结果与分析

2.1 云南柊[木衣]果实外观性状分析

对100株候选单株果实表型性状进行统计分析(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。筛选出高于平均单果重(61.28 g)的单株共66株作为初选优株参与优树复选(详见<https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20221107004>,附表1)。

2.2 云南柊[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3。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),变异系数较低的是单宁含量(0.103)、粗纤维含量(0.093),变异系数最低的是总糖含量(0.064)。说明云南柊[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1 云南柃[木衣]综合评分法各指标评分标准

Table 1 Scoring standard of each index of (*Docynia delavayi* (Franch.) Schneid.) comprehensive scoring method

总糖 Sugar		总酸 Acid		维生素C Vc		黄酮 Flavonoids	
范围(g/100 g) Range	分值 Score	范围(g/100 g) Range	分值 Score	范围(g/100 g) Range	分值 Score	范围(g/100 g) Range	分值 Score
18.23~19.39	1	13.23~14.05	1	0.36~0.60	1	6.90~7.42	1
19.39~20.55	2	12.41~13.23	2	0.6~0.84	2	6.38~6.90	2
20.55~21.71	3	11.59~12.41	3	0.84~1.08	3	5.86~6.38	3
21.71~22.87	4	10.77~11.59	4	1.08~1.32	4	5.34~5.86	4
22.87~24.03	5	9.95~10.77	5	1.32~1.56	5	4.82~5.34	5
24.03~25.19	6	9.13~9.95	6	1.56~1.80	6	4.30~4.82	6
25.19~26.35	7	8.31~9.13	7	1.80~2.04	7	3.78~4.30	7
26.35~27.51	8	7.49~8.31	8	2.04~2.28	8	3.26~3.78	8
27.51~28.67	9	6.67~7.49	9	2.28~2.52	9	2.74~3.26	9
28.67~29.83	10	5.85~6.67	10	2.52~2.76	10	2.22~2.74	10
29.83~30.99	11	5.03~5.85	11	2.76~3.00	11	1.70~2.22	11

粗蛋白 Protein		单宁 Tannin		粗纤维 Fibre		果重 Weight	
范围(g/100 g) Range	分值 Score	范围(g/100 g) Range	分值 Score	范围(g/100 g) Range	分值 Score	范围(g) Range	分值 Score
1.86~2.23	1	3.64~3.80	1	8.93~9.24	1	61.17~62.11	1
2.23~2.60	2	3.48~3.64	2	8.62~8.93	2	62.11~63.05	2
2.60~2.97	3	3.32~3.48	3	8.31~8.62	3	63.05~63.99	3
2.97~3.34	4	3.16~3.32	4	8.00~8.31	4	63.99~64.93	4
3.34~3.71	5	3.00~3.16	5	7.69~8.00	5	64.93~65.87	5
3.71~4.08	6	2.84~3.00	6	7.38~7.69	6	65.87~66.81	6
4.08~4.45	7	2.68~2.84	7	7.07~7.38	7	66.81~67.75	7
4.45~4.82	8	2.52~2.68	8	6.76~7.07	8	67.75~68.69	8
4.82~5.19	9	2.36~2.52	9	6.45~6.76	9	68.69~69.63	9
5.19~5.56	10	2.20~2.36	10	6.14~6.45	10	69.63~70.57	10
5.56~5.93	11	2.04~2.20	11	5.83~6.14	11	70.57~71.51	11

表2 云南柃[木衣]果实性状统计

Table 2 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 (mm) Longitudinal diameter	63.07	43.84	52.32	19.23	3.810	0.073
横径 (mm) Transverse diameter	53.72	40.33	46.36	13.39	3.168	0.068
纵横比 Aspect ratio	1.39	0.94	1.13	0.45	0.086	0.076
单果重 (g) Weight	70.98	56.51	61.28	14.74	3.716	0.059

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、单果重呈正相关;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、单果重呈负相关;Vc含量与单果重呈负相关,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、单果重呈负相关;粗蛋白含量与单宁、粗纤维含量、单果重呈正相关(表4)。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。7个性状间除黄酮与粗蛋白呈显著负相关,其余性状间相关性均不显著。

表3 云南柃[木衣]果实性状变异分析
Table 3 Variation analysis of fruit traits of (*Docynia delavayi* (Franch.)Schneid.)

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

表4 云南柃[木衣]果实相关性分析
Table 4 Correlation analysis of *Docynia delavayi*(Franch.)Schneid. fruit

性状 Character	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	单果重 Weight
总糖 Sugar	1							
总酸 Acid	-0.044	1						
维生素C Vc	-0.035	0.151	1					
黄酮 Flavonoids	-0.011	0.087	0.066	1				
粗蛋白 Protein	0.240	0.016	0.034	-0.256*	1			
单宁 Tannin	0.029	-0.031	0.124	-0.063	0.111	1		
粗纤维 Fibre	-0.021	-0.016	0.151	-0.091	0.041	-0.046	1	
单果重 Weight	0.019	-0.149	-0.158	-0.183	0.215	-0.072	0.022	1

*表示在 $P<0.05$ 水平显著性相关
*Correlation is significant at the $P<0.05$ level

3 讨论

根据用途的不同,在选择优树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项一级指标为参照^[25];赵爽等^[26]在对核桃树进行选优时也主要考虑影响其核桃品质的关键因子,如单果重、出仁率、核仁脂肪含量等13个性状;顾文毅等^[27]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。张腊腊等^[28]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

2.4 综合评分

以云南柃[木衣]优树评选表的标准对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。

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5),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。

质指标进行综合评价。本研究在进行选优时,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;然后将采集的果实带回实验室进行含量的测定,本研究需选择鲜食型优树,黄酮、总酸、单宁以及粗纤维含量高导致果实口感粗糙、苦涩^[3,29],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^[30]。

表5 综合评分法分值及排名

Table 5 Ranking and scores of comprehensive scoring method

编号 Number	单果重 Weight	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	总分 Score	排名 Ranking
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

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^[31]。相关性分析已被广泛应用于优树选择中^[15,32-33]。本研究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,表明云南栎[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^[34]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,但当某一个性状达不到标准,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^[35]。其评分方法是将会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效果^[12,14-15,17,36]。本研究采用综合评分法对云南栎[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栎[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栎[木衣]良种选育提供参考。

4 结论

在100株云南栎[木衣]优树中筛选出高于平均单果重(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,为鲜食型云南栎[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. 云南栎(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. 云南栎[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. 云南栎有效成分提取纯化工艺的研究. 昆明: 昆明理工大学, 2010
- Peng Z H. Study on extraction and purification process of effective components from *Docynia delavayi*. Kunming: 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. 云南栎嫁接试验初探. 林业科技通讯, 2019(3): 55-57
- Li Q, 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. 云南栎(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 Y, 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 Y, Shi C, Wang D W, Li S Z, Zhao X L, Duan A A, Cai, N H, He C Z. 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栎(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. Molecular Plant Breeding, 2020, 18(16): 5419-5427
- [10] Li L X, Ou W L, Wang Y C, Peng J Y, Wang D W, 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, 吴疆翀, 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. 毛栎优树选择研究. 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 J, Qiu J, Deng Q E, Zhou Y C, Liao D S, Deng C Y. 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, 王瑞辉, 李婷, 周璞, 李胜军. 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, Wang G H, Li T, Zhou P, Li S J. Selection and evaluation of superior *Aleurites montana* trees in Hunan. Nonwood Forest Research, 2016, 34(01): 12-18
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品中还原糖的测定. GB 5009.7-2016. 2016-08-31
- National Health and Family Planning Commission of the PRC. National standard for food safety determination of reducing sugars in foods. GB 5009.7-2016. 2016-08-31
- [19] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 国家市场监督管理总局. 食品中总酸的测定. GB 12456-2021. 2021-02-22
- National Health Commission of the PRC. State Administration for Market Regulation. China Standardization Administration Committee. National standard for food safety determination of total acids in foods. GB 12456-2021. 2021-02-22
- [20] 中华人民共和国卫生部. 食品添加剂维生素C(抗坏血酸). GB 14754-2010. 2010-12-21
- Ministry of Health of the PRC. National food safety standard food additive vitamin C (ascorbic acid). GB 14754-2010. 2010-12-21
- [21] 中国农业科学院柑橘研究所. 农业部柑橘及苗木质量监督检测测试中心. 柑橘类水果及制品中总黄酮含量的测定. NY/T

- 2010-2011.2011-09-01
Citrus Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences. Ministry of Agriculture Citrus and Seedling Quality Supervision Testing Center. Determination of total flavonoid content in citrus fruits and products. NY/T 2010-2011. 2011-09-01
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 国家食品药品监督管理总局. 食品中蛋白质的测定. GB 5009.5-2016.2016-12-23
National Health and Family Planning Commission of the PRC. State Food and Drug Administration. National standard for food safety determination of protein in food. GB 5009.5-2016. 2016-12-23
- [23] 中华人民共和国农业部. 水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定分光光度法. NY/T 1600-2008.2008-07-01
Ministry of Agriculture of the PRC. Spectrophotometric method for the determination of tannins in fruits, vegetables and their products. NY/T 1600-2008. 2008-07-01
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定. GB 5009.88-2014.2015-09-21
National Health and Family Planning Commission of the PRC. National standard for food safety determination of dietary fibre in foods. GB 5009.88-2014. 2015-09-21
- [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, Sun 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] 赵爽, 赵福洞, 石鹤飞, 李保国, 齐国辉, 任俊杰, 陈利英. 核桃品种绿岭杂交后代主要性状的遗传分析与优株选择研究. 植物遗传资源学报, 2015, 16(5): 1004-1012
Zhao S, Zhao F D, Shi H F, Li B G, Qi G H, Ren J J, Chen L Y. Main traits genetic analysis and superior tree selection of hybrid offsprings of 'Lvling' Walnut. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16(5): 1004-1012
- [27] 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
- [28] 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
- [29] Frydman A, Weisshaus 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
- [30] 白沙沙. 鲜食苹果品质评价研究. 北京: 中国农业科学院, 2012
Bai S S. The research on quality evaluation of fresh apples. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012
- [31] 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表型和品质综合评价. 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
- [32] 董胜君, 孙永强, 陈建华, 卢彩云, 刘权钢, 刘立新. 野杏无性系表型性状多样性分析及综合评价. 植物遗传资源学报, 2020, 21(5): 1156-1166
Dong S J, Sun Y Q, Chen J H, Lu C Y, Liu Q G, Liu L L. Phenotypic traits diversity analysis and comprehensive evaluation of *Armeniaca vulgaris* var. ansu clones. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21(5): 1156-1166
- [33] 刘俊涛, 王瑞辉, 沈燕, 魏家鸿, 刘凯利, 董凯丽, 吴毅, 黄木易. 千年桐盛果期优良单株综合评价选择. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(6): 53-62
Liu J T, Wang R H, Shen Y, Wei J H, Liu K L, Dong K L, Wu Y, Huang M Y. Comprehensive evaluation and selection of excellent individual plants in flourishing fruit period of *Vernicia montana*. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2020, 40(6): 53-62
- [34] 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
- [35] 严今石. 关于综合评价的多元统计分析方法的探讨. 延吉: 延边大学, 2006
Yan J S. Discussion on multivariate statistical analysis methods for comprehensive evaluation. Yanji: Yanbian University, 2006
- [36] Song M T, Xu H R, Xin G, Liu C J, Sun X R, Zhi Y H, Li B, Shen Y X. 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

附表 1 云南栲[木衣]初选优树信息

Schedule 1 (*Docynia delavayi* (Franch.) Schneid.) check tree information

编号 Number	树龄 Tree-age	单果重 (g) Weight	总糖 (g/100g) Sugar	总酸 (g/100g) Acid	维生素 C (g/100g) Vc	黄酮 (g/100g) Flavonoids	粗蛋白 (g/100g) Protein	单宁 (g/100g) Tannin	粗纤维 (g/100g) Fibre
1	35	64.88	26.87	8.31	2.51	3.90	5.47	2.34	6.50
2	23	61.84	25.01	9.25	1.48	4.39	3.16	2.63	6.88
3	22	62.49	29.28	8.04	1.03	5.37	4.46	2.27	6.71
4	37	62.35	22.08	8.84	2.01	3.90	3.25	2.17	7.95
5	20	65.96	26.17	11.12	1.03	3.76	2.66	2.51	6.53
6	25	67.35	27.24	6.70	1.55	3.44	2.35	2.58	6.22
7	28	64.13	27.21	7.37	2.42	6.04	3.68	2.36	6.38
8	33	66.41	24.22	8.31	1.71	2.73	5.35	2.43	8.06
9	26	70.23	26.19	8.84	0.59	3.09	4.68	2.55	6.28
10	30	65.42	26.73	6.83	1.25	4.34	3.95	2.42	7.61
12	25	68.52	28.29	7.64	0.59	2.29	4.36	2.43	6.55
13	27	64.42	29.21	9.11	1.75	6.37	3.88	2.38	7.55
14	26	62.06	26.57	6.03	1.50	2.47	3.64	2.53	7.31
15	22	68.65	26.10	5.90	2.55	2.82	3.67	2.66	7.39
16	24	64.58	24.75	12.33	1.80	6.37	3.59	2.63	6.86
24	23	64.69	24.69	9.65	2.20	5.13	3.15	2.73	7.77
25	27	70.98	26.67	10.05	1.03	4.31	3.65	2.17	7.65
26	28	69.62	21.89	8.04	1.19	5.90	2.96	2.29	6.35
27	22	69.03	23.64	7.24	2.03	6.40	2.64	2.47	7.12
28	17	67.99	26.69	7.84	1.36	5.38	4.55	2.53	7.23
29	23	66.61	21.14	10.18	1.25	6.45	3.37	2.51	6.25
30	27	62.21	26.62	8.84	1.97	5.85	4.25	2.62	6.63
31	21	63.07	28.24	8.71	1.89	6.42	2.33	2.43	7.86
32	21	62.84	26.17	13.27	2.31	2.58	3.55	2.39	6.81
33	24	68.39	26.97	8.31	1.03	5.58	3.76	2.44	6.88
34	20	68.07	28.37	6.43	2.03	4.11	4.35	2.57	7.55
36	19	62.05	24.92	7.97	1.03	4.36	2.74	2.33	7.31
38	22	66.07	23.69	6.83	1.46	4.48	2.37	2.66	6.25
39	16	63	28.23	11.39	2.58	6.43	4.65	2.93	6.68
40	20	63	27.60	9.11	1.03	6.40	3.12	2.43	6.98
41	20	65.98	25.81	8.84	2.03	4.11	3.85	2.31	8.01
42	28	65.14	27.11	9.38	1.48	4.97	3.25	2.34	7.43
43	29	67.64	27.15	8.31	1.19	5.00	4.28	3.75	7.29
56	27	62.34	23.65	7.64	1.40	4.42	2.72	3.02	7.21
57	26	63.09	23.97	7.10	1.59	4.69	2.96	2.57	6.13
58	22	63.13	25.87	8.17	1.32	4.87	3.65	2.55	6.89
59	20	64.68	24.60	7.24	1.24	5.04	3.33	2.22	7.55
60	22	61.72	25.30	9.92	1.18	5.21	3.75	2.66	8.13

62	22	65.15	28.10	8.17	1.25	3.57	4.41	3.01	7.56
63	25	64.86	22.46	9.92	3.00	5.45	3.24	2.95	7.71
64	29	63.88	24.92	12.19	2.02	4.69	3.35	2.78	6.51
69	22	66.42	28.73	9.51	1.48	4.69	2.55	2.86	6.25
70	25	67.21	24.96	7.77	1.25	4.54	5.03	3.03	6.13
71	28	67.89	25.62	12.06	1.36	1.77	5.03	2.53	6.87
72	33	65.56	24.80	13.13	1.77	5.51	4.35	2.19	7.68
73	26	61.62	25.06	13.00	2.06	1.77	3.33	2.92	6.15
74	21	63.04	25.70	9.78	1.32	3.68	3.44	2.44	7.58
75	19	64.02	26.36	8.58	1.58	5.95	4.55	2.55	7.52
76	26	69.93	26.44	7.24	2.36	4.65	3.52	2.57	7.67
77	23	64.64	26.38	8.44	2.07	3.69	4.65	2.63	6.68
80	29	62.55	24.46	8.84	1.34	3.89	4.26	2.63	6.38
82	22	63.87	25.41	10.18	0.81	6.44	3.85	2.69	6.29
83	27	63.31	26.54	10.85	1.32	7.00	2.85	2.39	6.22
84	26	66.03	26.04	12.46	1.92	5.65	3.88	2.58	7.33
85	23	66.6	24.87	6.97	1.12	5.67	2.96	2.41	6.23
86	33	66.67	25.44	9.92	1.34	5.03	3.68	2.19	6.38
90	29	64.05	25.34	7.10	1.34	3.58	4.52	2.99	7.63
91	27	62.22	25.64	8.17	2.36	5.86	3.46	3.00	7.22
92	25	61.75	24.64	7.10	1.39	5.97	2.96	2.29	6.41
93	26	63.18	24.77	8.44	1.34	6.12	3.88	2.64	6.98
94	23	64.91	24.96	5.09	1.32	4.37	3.76	2.77	6.99
95	31	67.26	24.13	11.12	1.23	3.99	2.64	2.50	9.23
96	35	64.7	25.04	6.97	1.19	3.65	2.68	2.48	6.88
97	27	64.47	24.94	5.76	1.32	3.57	3.57	2.66	8.01
98	22	70	25.37	7.10	1.42	3.46	4.95	2.49	6.52
99	26	69.22	24.97	8.58	1.46	3.35	5.03	2.61	7.68
