

网络出版时间:2014-12-12 09:30

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2015.01.010

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20141212.0930.010.html>

浙江省农家柿品种果实营养成分的变异分析

赵献民^{1,2}, 龚榜初¹, 吴开云¹, 江锡兵¹, 邓全恩¹, 熊春艳¹, 郑先芳², 陈文海²

(1 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2 浙江省海宁市林业果树技术服务站, 浙江 海宁 314400)

[摘要] 【目的】对农家柿品种的营养成分进行分析, 为高营养型优良柿品种的选育及品质育种提供科学依据。【方法】以 172 份浙江省农家柿资源为研究对象, 对 13 个柿果实营养指标值进行变异分析、指标值分布频率分析和 Kolmogorov-Smirnov(K-S)检验、概率分级及相关分析等。【结果】浙江省 172 份农家柿果实的含水量为 62.22~85.63 g/hg, 平均为 78.96 g/hg, 主要分布在 75.00~85.00 g/hg; 可溶性固形物含量为 11.07~29.06 g/hg, 平均为 17.26 g/hg, 主要分布在 14.00~20.00 g/hg; 可溶性糖含量为 7.73~16.83 g/hg, 平均为 11.60 g/hg, 主要分布在 9.00~14.50 g/hg; 淀粉含量为 0.03~4.21 g/hg, 平均为 1.12 g/hg, 主要分布在 0.03~2.00 g/hg; 粗纤维含量为 0.32~1.76 g/hg, 平均为 0.80 g/hg, 主要分布在 0.25~1.50 g/hg; 粗蛋白含量为 0.12~2.04 g/hg, 平均为 0.48 g/hg, 主要分布在 0.25~0.60 g/hg; 维生素 C 含量为 0.92~51.45 mg/hg, 平均为 17.25 mg/hg, 主要分布在 3.30~20.00 mg/hg; β -胡萝卜素含量为 18.40~1 350.90 $\mu\text{g/hg}$, 平均为 238.44 $\mu\text{g/hg}$, 主要分布在 18.40~400.00 $\mu\text{g/hg}$; 类胡萝卜素含量为 3.90~114.70 $\mu\text{g/g}$, 平均为 30.82 $\mu\text{g/g}$, 主要分布在 6.70~33.40 $\mu\text{g/g}$; 磷含量为 4.92~50.95 mg/hg, 平均为 20.70 mg/hg, 主要分布在 13.00~27.00 mg/hg; 钙含量为 2.61~22.64 mg/hg, 平均为 7.72 mg/hg, 主要分布在 4.00~12.00 mg/hg; 钾含量为 88.26~420.22 mg/hg, 平均为 176.74 mg/hg, 主要分布在 100.00~225.00 mg/hg。13 个营养指标的变异系数为 5.16%~86.57%, 变异系数最低者为含水量, 最高者为可溶性单宁; Shannon-Winer 多样性指数为 1.64~2.07, 最低者为粗蛋白, 最高者为可溶性糖。K-S 检验显示, 粗蛋白含量不符合正态分布, 可溶性固形物、可溶性糖、粗纤维、维生素 C 和 P、K、Ca 完全符合正态分布, 含水量、淀粉、单宁、 β -胡萝卜素和类胡萝卜素 5 个指标为偏态分布。数量性状的概率分级表明, 含水量的 3 级分界值为 73.7 和 84.2 g/hg, 可溶性糖含量的 3 级分界值为 9.2 和 14.0 g/hg, 可溶性固形物的 3 级分界值为 13.6 和 21.0 g/hg, 淀粉的 3 级分界值为 0.1 和 2.1 g/hg, 粗纤维的 3 级分界值为 0.5 和 1.2 g/hg。相关性分析显示, 除含水量与可溶性固形物含量呈显著负相关(相关系数为-0.8)外, 其余指标间的相关性均不显著。【结论】浙江省农家柿资源营养成分变异丰富, 各营养成分含量呈现多样性, 具有选育优良品种的价值。

[关键词] 农家柿; 果实营养; 变异分析; 相关分析; 概率分级; 浙江省

[中图分类号] S665.201

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2015)01-0125-09

Variation analysis of fruit nutrients of native persimmon in Zhejiang Province

ZHAO Xian-min^{1,2}, GONG Bang-chu¹, WU Kai-yun¹, JIANG Xi-bing¹,
DENG Quan-en¹, XIONG Chun-yan¹, ZHENG Xian-fang², CHEN Wen-hai²

(1 Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang, Zhejiang 311400, China;

2 Forestry and Fruit Technical Service Stations of Agricultural Economics Bureau of Haining Country,

Zhejiang Province, Haining, Zhejiang 314400, China)

Abstract: 【Objective】This study analyzed the nutrients of native persimmon to provide a scientific basis for breeding of excellent persimmon varieties with high nutritional quality. 【Method】Taking 172 native

[收稿日期] 2013-09-06

[基金项目] 浙江省果品农业新品种选育重大科技专项(2012C12904-10); 浙江省重大科技专项重点农业项目(2009C12085)

[作者简介] 赵献民(1986—), 男, 河南新乡人, 硕士, 主要从事果树等经济林研究。

[通信作者] 龚榜初(1964—), 男, 湖南娄底人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事经济林育种及栽培研究。E-mail: gongbc@126.com

persimmon resources in Zhejiang Province as study material, the mutation analysis, index value frequency distribution analysis, K-S test, probability classification and correlation analysis of 13 nutrition indicators were conducted. 【Result】 Among the 172 native persimmon varieties in Zhejiang Province, water contents were 62.22—85.63 g/hg with the average of 78.96 g/hg, and mainly distributed in 75.00—85.00 g/hg. Soluble solids contents were 11.07—29.06 g/hg with an average of 17.26 g/hg and mainly distributed in 14.00—20.00 g/hg. Soluble sugar contents were 7.73—16.83 g/hg with an average of 11.60 g/hg, and mainly distributed in 9.00—14.50 g/hg. Starch contents were 0.03—4.21 g/hg with an average of 1.12 g/hg, and mainly distributed in 0.03—2.00 g/hg. Crude fiber contents were 0.32—1.76 g/hg with an average of 0.80 g/hg, and mainly distributed in 0.25—1.50 g/hg. Crude protein contents were 0.12—2.04 g/hg with an average of 0.48 g/hg, and mainly distributed in 0.25—0.60 g/hg. Vitamin C contents were 0.92—51.45 mg/hg with an average of 17.25 mg/hg, and mainly distributed in 3.30—20.00 mg/hg. β -carotene contents were 18.40—1 350.90 $\mu\text{g/hg}$ with an average of 238.44 $\mu\text{g/hg}$, and mainly distributed in 18.40—400.00 $\mu\text{g/hg}$. Carotenoid contents were 3.90—114.70 $\mu\text{g/g}$ with an average of 30.82 $\mu\text{g/g}$, and mainly distributed in 6.70—33.40 $\mu\text{g/g}$. Phosphorus contents were 4.92—50.95 mg/hg with an average of 20.70 mg/hg, and mainly distributed in 13.00—27.00 mg/hg. Calcium contents were 2.61—22.64 mg/hg with an average of 7.72 mg/hg, and mainly distributed in 4.00—12.00 mg/hg. Potassium contents were 88.26—420.22 mg/hg with an average of 176.74 mg/hg, and mainly distributed in 100.00—225.00 mg/hg. The variation coefficients of the 13 nutrition indicators ranged from 5.16%—86.57%, the lowest was for water content, while the highest was for soluble tannin. Diversity indexes ranged from 1.64—2.07, the lowest was for crude protein, while the highest was for soluble sugars. K-S test showed that the crude protein content did not fit in the normal distribution, while soluble solids, soluble sugar, crude fiber, vitamin C, P, K, and Ca were fully compliance with the normal distribution, and water content, starch, tannin, β -carotene and carotenoids fit in skewed distribution. For probability of quantitative traits grading, 3 cut-off values of water content, soluble sugar, soluble solids, starch, and crude fiber were 73.7 and 84.2 g/hg, 9.2 and 14.0 g/hg, 13.6 and 21.0 g/hg, 0.1 and 2.1 g/hg, and 0.5 and 1.2 g/hg, respectively. Correlation analysis showed that, only water content and soluble solids content had significant negative correlation (Correlation coefficient was -0.8). 【Conclusion】 The variation in nutrition ingredients of native persimmon was rich, and the diversity in the nutrition ingredients had the value for selection of high-qualified varieties.

Key words: native persimmon; fruit nutrient; variation analysis; correlation analysis; probability grading; Zhejiang Province

柿(*Diospyros kaki* Thunb.)原产于我国,属于柿科(Ebenaceae)柿属(*Diospyros* L.),栽培历史长达 3 000 多年^[1],素有“铁杆庄稼”、“木本粮食”的美称。柿子是我国“五大水果”之一^[2],含有大量的葡萄糖、蔗糖和果糖等碳水化合物,以及蛋白质、钾、磷、钙和维生素 C 等营养成分^[3-4];柿富含果胶这种水溶性的膳食纤维,有良好的润肠通便作用^[5];另外,柿子单宁含量较高,其可广泛应用于工业、医药及化妆品行业^[6]。此外,柿子还含有多种活性物质成分,包括类胡萝卜素、酚类、黄酮类、微量元素和多种氨基酸,经济价值较高。

目前,已有学者对柿果实营养成分进行了较为全面的分析,但以甜柿较多^[7],而对地方农家柿品种

果实的营养成分及其变异情况尚未见系统研究。地方农家柿品种几乎全部为涩柿(PCA),不同柿品种之间化学成分虽然有一定差异,但与甘、涩类型无必然联系,且地方农家柿品种的可溶性单宁含量远高于甜柿品种^[8]。本研究以浙江省农家柿品种为试材,较全面地测定并分析了地方农家柿品种果实的营养品质指标及其变异情况,以阐明浙江省地方农家柿品种资源营养成分的变异,旨在为高营养型优良柿品种的选育及品质育种提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

2009—2011 年,对浙江省全境进行了本土农家

柿资源调查,外省引进品种和日本甜柿等外来非本土树种除外。在调查确定的每个柿品种优良单株(树龄在 15 年以上,盛果期)树冠东、南、西、北 4 个方向的中、上部随机采集 20~30 个成熟果实,成熟柿果以发黄未软为标准进行采集,带回实验室,待果实后熟软化后进行营养成分的测定。本次试验共选取 172 份柿资源^[9]进行果实营养成分的测定,柿资源样本编号及其农家名或土名见表 1。

表 1 浙江省 172 份农家柿资源的样本编号及农家名

Table 1 Sample numbers and native names of the 172 native persimmon resources in Zhejiang Province

序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name
1	安吉 1 AJ1	方柿 FS	36	富阳 2 FY2	方柿 FS	71	乐清 1 YQ1	牛头柿 NTS	106	衢江 5 QJ5	汤饼柿 TBS	141	象山 1 XS1	长柿 CS
2	安吉 2 AJ2	土柿 TS	37	富阳 3 FY3	铜盆柿 TPS	72	乐清 4 YQ4	未知 Unknown	107	衢江 6 QJ6	未知 Unknown	142	萧山 1 XS1	方顶柿 FDS
3	安吉 3 AJ3	绿柿 LS	38	富阳 5 FY5	方柿 FS	73	莲都 1 LD1	水柿 SS	108	衢江 7 QJ7	冬柿 DS	143	萧山 2 XS2	团红柿 THS
4	安吉 4 AJ4	牛奶柿 NNS	39	富阳 6 FY6	牛奶柿 NNS	74	莲都 2 LD2	方柿 FS	109	衢江 8 QJ8	客柿 KS	144	新昌 1 XC1	牛心柿 NXS
5	德清 2 DQ2	铜盆柿 TPS	40	富阳 7 FY7	长柿 CS	75	莲都 3 LD3	未知 Unknown	110	衢江 11 QJ11	红柿 HS	145	义乌 1 YW1	牛奶柿 NNS
6	德清 3 DQ3	方顶柿 FDS	41	海宁 1 HN1	未知 Unknown	76	莲都 4 LD4	牛奶柿 NNS	111	瑞安 2 RA2	长奶柿 CNS	146	鄞州 2 YJ2	吊红 DHS
7	德清 5 DQ5	小柿子 XS	42	海盐 1 HY1	未知 Unknown	77	莲都 6 LD6	未知 Unknown	112	瑞安 4 RA4	未知 Unknown	147	永嘉 2 YJ2	八月红 BYHS
8	德清 6 DQ6	未知 Unknown	43	杭州 1 HZ1	扁花柿 BHS	78	临安 1 LA1	未知 Unknown	113	瑞安 5 RA5	未知 Unknown	148	永嘉 6 YJ6	水扁柿 SBS
9	苍南 1 CN1	未知 Unknown	44	黄岩 2 HY2	未知 Unknown	79	临安 4 LA4	未知 Unknown	114	上虞 1 SY1	朱红柿 ZHS	149	永嘉 8 YJ8	玉环长柿 YHCS
10	苍南 2 CN2	未知 Unknown	45	建德 1 JD1	黄柿 HS	80	龙泉 2 LQ2	黄柿 HS	115	绍兴 1 SX1	楠柿 NS	150	永嘉 9 YJ9	东皋长柿 DGCS
11	常山 1 CS1	无核柿 WHS	46	建德 3 JD3	牛奶柿 NNS	81	龙游 1 LY1	未知 Unknown	116	绍兴 2 SX2	朱红柿 ZHS	151	永嘉 10 YJ10	八月红 BYHS
12	常山 2 CS2	未知 Unknown	47	建德 6 JD6	牛奶柿 NNS	82	龙游 2 LY2	未知 Unknown	117	松阳 3 SY3	金枣柿 JZS	152	永嘉 104 YJ104	未知 Unknown
13	常山 3 CS3	方柿 FS	48	建德 7 JD7	方柿 FS	83	龙游 3 LY3	牛奶柿 NNS	118	松阳 4 SY4	水柿 SS	153	永康 1 YK1	红柿 HS
14	常山 4 CS4	牛奶柿 NNS	49	建德 8 JD8	方柿 FS	84	路桥 1 LQ1	未知 Unknown	119	松阳 5 SY5	牛奶柿 NNS	154	永康 2 YK2	野柿 YS
15	常山 5 CS5	南瓜柿 NGS	50	建德 9 JD9	黄柿 HS	85	宁海 1 NH1	南瓜柿 NGS	120	遂昌 1 SC1	未知 Unknown	155	永康 3 YK3	金枣柿 JZS
16	淳安 1 CA1	十月红 SYH	51	江山 1 JS1	未知 Unknown	86	宁海 2 NH2	方柿 FS	121	遂昌 2 SC2	小柿子 XS	156	永康 4 YK4	牛奶柿 NNS
17	淳安 2 CA2	无核柿 WHS	52	江山 2 JS2	未知 Unknown	87	宁海 3 NH3	方柿变种 BFS	122	遂昌 3 SC3	未知 Unknown	157	永康 5A YK5A	方山柿 FSS
18	淳安 3 CA3	吊尾柿 DWS	53	缙云 2 JY2	大柿子 DS	88	宁海 4 NH4	江山蜜柿 JSMS	123	泰顺 1 TS1	灯笼柿 DLS	158	永康 5B YK5B	方山柿 FSS
19	淳安 4 CA4	苹果柿 PGS	54	缙云 3 JY3	春柿 CS	89	宁海 6 NH6	大方柿 DFS	124	泰顺 3 TS3	扁柿 BS	159	余姚 1 YH1	火柿 HS
20	淳安 5 CA5	八月红 BYH	55	缙云 4 JY4	枣柿 ZS	90	磐安 9 PA9	米柿 MS	125	泰顺 4 TS4	八月黄 BYHS	160	余杭 2 YH2	扁花柿 BHS
21	淳安 6 CA6	沙糖柿 STS	56	缙云 5 JY5	扁花柿 BHS	91	平阳 1 PY1	无核柿 WHS	126	天台 1 TT1	朱红柿 ZHS	161	余杭 3 YH3	方柿 FS
22	淳安 7 CA7	磨盘柿 1 MPS1	57	缙云 6 JY6	金枣柿 JZS	92	平阳 2 PY2	未知 WZ	127	桐庐 1 TL1	牛心柿 NXS	162	余姚 1 YY1	方柿 FS
23	淳安 8 CA8	冬柿 DS	58	缙云 7 JY7	火彭柿 HPS	93	浦江 1 PJ1	小方柿 XFS	128	桐庐 3 TL3	牛奶柿 NNS	163	余姚 2 YY2	馒头柿 MTS
24	淳安 9 CA9	牛筋柿 NJS	59	景宁 1 JN1	未知 Unknown	94	浦江 2 PJ2	扁花柿 BHS	129	桐庐 6 TL6	方柿 FS	164	玉环 1 YH1	方柿 FS
25	淳安 10 CA10	牛头柿 NTS	60	开化 1 KH1	八月柿 BYS	95	浦江 3 PJ3	牛心柿 NXS	130	桐庐 7 TL7	未知 Unknown	165	玉环 2 YH2	长柿 CS
26	淳安 11 CA11	磨盘柿 2 MPS2	61	开化 2 KH2	九月柿 JYS	96	浦江 5 PJ5	未知 Unknown	131	桐庐 8 TL8	未知 Unknown	166	云和 1 YH1	黄柿 HS
27	淳安 12 CA12	沙糖柿 STS	62	开化 3 KH3	十月红 SYHS	97	青田 1 QT1	朱红柿 ZHS	132	温岭 1 WL1	牛奶柿 NNS	167	云和 2 YH2	未知 Unknown
28	淳安 13 CA13	枕头柿 ZTS	63	开化 4 KH4	未知 Unknown	98	庆元 1 QY1	牛心柿 NXS	133	文成 1 WC1	公阳方柿 GYFS	168	云和 3 YH3	未知 Unknown

续表 1 Continued table 1

序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name	序号 No	样本 编号 Sample number	农家名 或土名 Native name
29	淳安 14 CA14	方柿 FS	64	开化 5 KH5	土柿 TS	99	庆元 3 QY3	水柿 SS	134	文成 3 WC3	未知 Unknown	169	长兴 1 CX1	方柿 FS
30	淳安 15 CA15	长柿 CS	65	兰溪 1 LX1	大红柿 DHS	100	庆元 6 QY6	黄柿 HS	135	文成 6 WC6	未知 Unknown	170	诸暨 1 ZJ1	绿柿 LS
31	淳安 16 CA16	圆柿 YS	66	兰溪 2 LX2	未知 Unknown	101	慈溪 1 CX1	莲花柿 LHS	136	武义 2 WY2	未知 Unknown	171	诸暨 2 ZJ2	朱红柿 ZHS
32	淳安 17 CA17	牛头柿 NTS	67	兰溪 3 LX3	未知 Unknown	102	衢江 1 QJ1	西瓜柿 XGS	137	武义 3 WY3	未知 Unknown	172	诸暨 3 ZJ3	方柿 FS
33	东阳 1 DY1	土柿 TS	68	兰溪 4 LX4	金黄柿 JHS	103	衢江 2 QJ2	客柿 KS	138	武义 4 WY4	未知 Unknown			
34	奉化 1 FH1	方柿 FS	69	兰溪 5 LX5	未知 Unknown	104	衢江 3 QJ3	绿柿 LS	139	仙居 1 XJ1	未知 Unknown			
35	富阳 1 FY1	火柿 HS	70	兰溪 6 LX6	未知 Unknown	105	衢江 4 QJ4	牛奶柿 NNS	140	仙居 4 XJ4	未知 Unknown			

注：表中农家名或土名为“未知”，表示对此柿品种无特殊称谓，农家仅统称柿子。
Note: “unknown” indicates the species has no special name, and is only collectively called persimmon.

1.2 方 法

1.2.1 样品处理 将采集的柿果统一放置于实验室同等条件下,待果实后熟软化时,首先选取 8~10 个果实测定维生素 C、β-胡萝卜素、类胡萝卜素含量,以防止氧化降解。具体取样方法是:剔除种子和去皮后,选取去掉髓心的中间果肉部分,将所有果实匀浆,立即进行测定。采用同样方法对 10~20 个果实取样匀浆,自封袋封装,于-20 ℃冰箱保存,用于含水量、可溶性糖、淀粉、单宁、粗蛋白、粗纤维、磷、钙、钾等营养成分的测定。可溶性固形物测定在果实去皮、匀浆取样前进行,取软柿果实中部汁液,将其滴于糖度计,记录度数。

1.2.2 测定项目及方法 维生素 C(Vc)含量参照 GB/T 5009.86—2003 的 2,4-二硝基苯肼法测定;β-胡萝卜素(β-carotene, β-c)含量参照 GB/T

5009.83—2003 的高效液相色谱法测定;类胡萝卜素(Carotenoids,C-c)含量参照 GB/T12291—90 的方法测定;可溶性固形物(Soluble solids,Ssd)含量参照 GB/T 12295—90 的方法测定;含水量采用常压烘干法测定;可溶性糖和淀粉(Starch,Sh)含量采用蒽酮比色法测定;单宁(Tannic content,Tc)含量参照 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》测定;粗蛋白(Crude protein,Cp)含量参照 GB 5009.5—2010 的凯氏定氮法测定;粗纤维(Crude fiber,Cf)含量采用酸碱消煮法处理样品后,用 FOSS 全自动纤维分析仪 Fibertec 2010 进行测定;磷(P)含量采用消解-钼锑抗比色法测定;钙(Ca)含量参照 GB/T 5009.92—2003 的原子吸收分光光度法测定;钾(K)含量参照 GB/T 5009.91—2003 的火焰发射光谱法测定。各营养指标的单位见表 2。

表 2 柿果实营养指标及其单位

Table 2 Units of fruit nutrition indicators of persimmon

营养指标 Nutrition indicators	单位 Unit	营养指标 Nutrition indicators	单位 Unit
含水量 Wc	g/hg	维生素 C Vc	mg/hg
可溶性固形物 Ssd	g/hg	β-胡萝卜素 β-c	μg/hg
可溶性糖 Ssr	g/hg	类胡萝卜素 C-c	μg/g
淀粉 Sh	g/hg	磷 P	mg/hg
粗纤维 Cf	g/hg	钙 Ca	mg/hg
单宁 Tc	g/hg	钾 K	mg/hg
粗蛋白 Cp	g/hg		

1.3 数据处理与分析

对上述所有指标采用 SPSS 18.0 计算其平均值、标准差、变异系数、极差、百分位数,对各营养成分做频率分布图并进行相关分析。变异系数(CV)计算公式为:CV=σ/μ,其中 σ 为标准差,μ 为均值;对所有指标进行 10 级分类,1 级<μ-2σ,10 级≥μ+2σ,中间每级间差为 0.5σ;多样性指数的计算采

用 Shannon-Weiner 信息指数,即 $H' = - \sum_{i=1}^k (P_i \times \ln P_i)$,其中 P_i 为某性状第 i 级出现的概率($k=1,2,\dots,10$)^[10]。

2 结果与分析

2.1 172 份农家柿果实营养品质的变异分析

对 172 份农家柿品种 13 个营养指标进行统计

分析,结果见表 3。由表 3 可知,在所有测定的营养指标中,除含水量的变异系数为 5.16% 以外,其他所有指标的变异系数均在 15.00% 以上,说明农家柿含水量在各品种间的变异相对稳定,平均为 78.96 g/hg,变异幅度为 62.22~85.63 g/hg,最高者为余姚 2 的馒头柿;通过百分位数可以看出,约 50% 农家柿品种的含水量集中在 77.08~81.40 g/hg。体现果实甜度的可溶性固形物和可溶性糖含量,最高可分别达到 29.06 和 16.83 g/hg,可溶性固形物含

量最高的前 3 位是永康 3、缙云 3、缙云 6,均为金枣柿类品种;可溶性糖含量最高者为余杭 1 火柿,其可溶性糖含量高达 16.83 g/hg。可溶性固形物和可溶性糖含量的变异系数相近,分别为 16.51% 和 16.17%。维生素 C、 β -胡萝卜素和类胡萝卜素的变异系数差别不大,分别为 68.39%、77.35% 和 64.32%;矿质元素磷、钙、钾的变异系数也比较相近,分别为 39.22%、39.95% 和 28.18%。

表 3 浙江 172 份农家柿果实营养指标的变异系数和多样性指数

Table 3 Variation coefficients and diversity indexes of fruit nutrition indicators of 172 native persimmon varieties in Zhejiang Province

营养指标 Nutrition indicators	均值 Means	标准差 Standard deviation	极小值 Minimum	极大值 Maximum	极差 Range	百分位数 Percentile			变异系数/% Variation coefficient	多样性指数 Diversity index
						25%	50%	75%		
含水量 Wc	78.96	4.07	62.22	85.63	23.42	77.08	79.65	81.40	5.16	1.88
可溶性固形物 Ssd	17.26	2.85	11.07	29.06	17.99	15.43	16.94	18.79	16.51	1.96
可溶性糖 Ssr	11.60	1.88	7.73	16.83	9.11	10.24	11.36	12.94	16.17	2.07
淀粉 Sh	1.12	0.77	0.03	4.21	4.18	0.61	0.94	1.42	69.21	1.88
粗纤维 Cf	0.80	0.27	0.32	1.76	1.44	0.62	0.77	0.94	33.83	1.98
单宁 Tc	0.97	0.56	0.21	2.19	1.98	0.46	0.91	1.29	57.73	1.91
粗蛋白 Cp	0.48	0.27	0.12	2.04	1.93	0.32	0.44	0.54	56.66	1.64
维生素 C Vc	17.25	11.80	0.92	51.45	50.53	8.22	14.27	24.57	68.39	1.89
β -胡萝卜素 β -c	238.44	184.45	18.40	1 350.90	1 332.50	122.50	202.00	309.00	77.35	1.77
类胡萝卜素 C-c	30.82	19.83	3.90	114.70	110.80	15.90	25.10	40.70	64.32	1.85
磷 P	20.70	8.12	4.92	50.95	46.02	15.00	20.00	24.41	39.22	1.91
钙 Ca	7.72	3.08	2.61	22.64	20.03	5.40	6.98	9.62	39.95	1.97
钾 K	176.74	49.81	88.26	420.22	331.96	140.49	169.44	199.85	28.18	1.94

由表 3 还可知,172 份农家柿各营养指标的 Shannon-Weiner 多样性指数为 1.64~2.07,变化幅度为 0.43,其中粗蛋白的多样性指数最低,为 1.64,其他指标的多样性指数主要集中在 1.8~2.0;影响甜度的含水量和可溶性固形物含量这 2 个指标的多样性指数比较相近,分别为 1.88 和 1.96;而类胡萝卜素含量的多样性指数为 1.85,要高于 β -胡萝卜素含量的 1.77;磷、钾、钙 3 个矿质元素含量的多样性指数分别为 1.91、1.94 和 1.97,三者差别不大。

另外,在直接体现果实口感的含水量、可溶性固形物、可溶性糖、淀粉、粗纤维这 5 个重要营养指标中,淀粉含量的变异系数最高,为 69.21%,粗纤维含量次之,为 33.83%;可溶性糖含量的 Shannon-Weiner 多样性指数为 2.07,较其他 4 个指标高。

绘制频率直方图以进一步分析各个营养指标在不同取值区域的频率分布情况,结果见图 1。图 1 显示,柿果实含水量主要集中在 75.00~85.00 g/hg,尤以 80.00 g/hg 左右居多,含水量处于 60.00~75.00 g/hg 的柿品种较少,说明浙江省农家柿品种含水量相对稳定集中,差异不明显。可溶性固形物和可溶性

糖含量分布频率较为接近,可溶性固形物主要分布在 14.00~20.00 g/hg,在 16.00~17.00 g/hg 尤为集中;大部分果实可溶性糖含量集中在 9.00~14.50 g/hg 处,在此区段之外的柿品种较少。淀粉含量则主要集中在 2.00 g/hg 以内,频率分布呈左偏移增加趋势。粗纤维含量则几乎全部集中在 0.25~1.50 g/hg,频率分布比较稳定。单宁含量波动不大,峰值在 1.30 g/hg。粗蛋白含量主要集中在 0.25~0.60 g/hg。维生素 C 各组距梯度跨度差别不明显,其含量多在 3.30~20.00 mg/hg。 β -胡萝卜素各组距间跨度较大,组距为 100.00 μ g/hg,基本上分布在 18.40~400.00 μ g/hg,600.00 μ g/hg 以上出现频率很小。类胡萝卜素组距为 6.70 μ g/g,在 3.90~66.00 μ g/g 分布较广,其中在 6.70~33.40 μ g/g 分布频率最高。矿质元素中磷含量主要集中分布在 13.00~27.00 mg/hg,钙含量集中分布在 4.00~12.00 mg/hg;钾含量分布跨度则较大,分布范围在 88.00~420.00 mg/hg,组距为 25.00 mg/hg,但是分布频率非常集中,主要集中在 100.00~225.00 mg/hg。

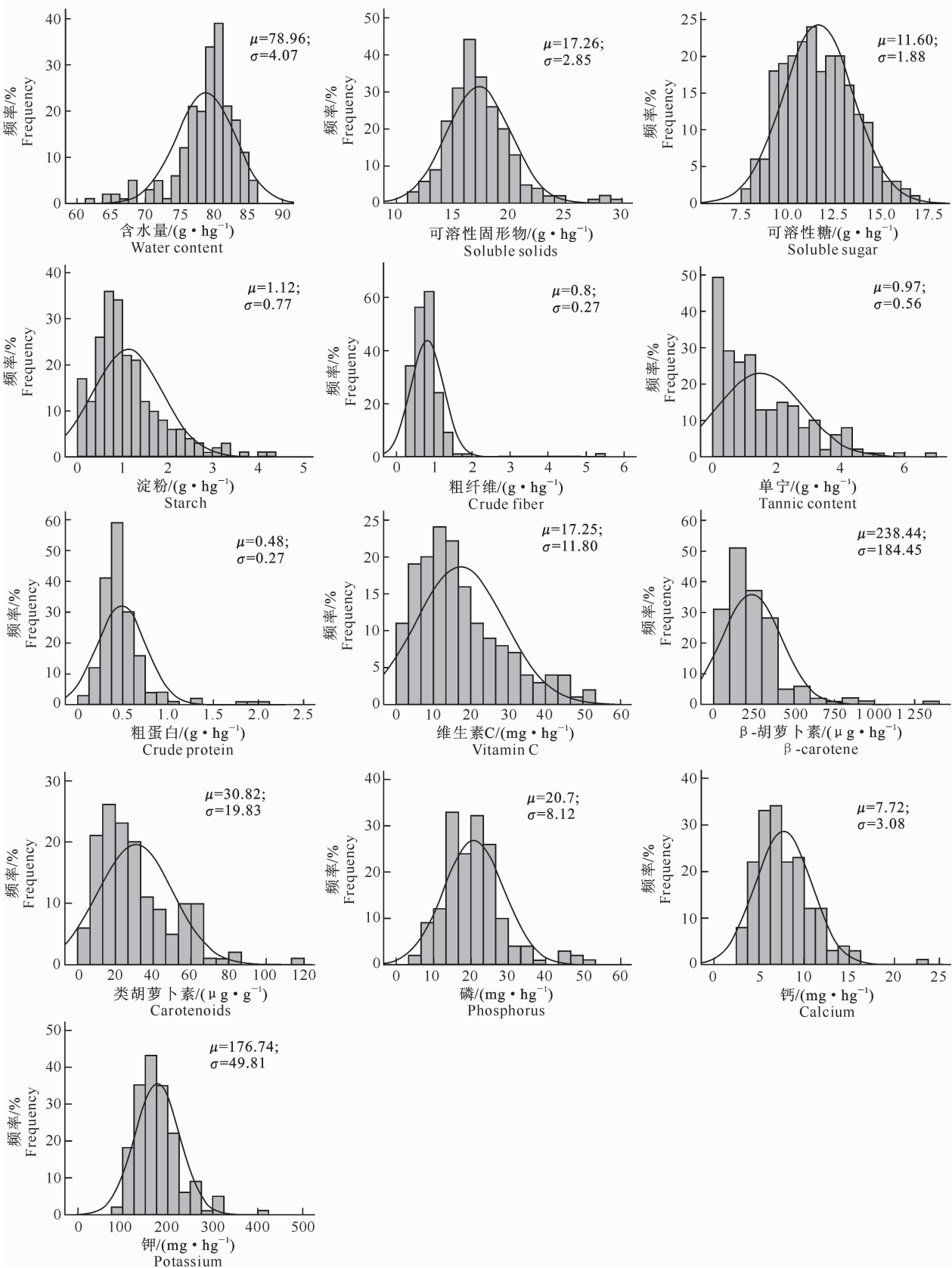


图 1 浙江 172 份农家柿果实营养指标值的频率分布
 μ , 均值; σ , 标准差

Fig. 1 Frequency distribution of fruit nutritional indicators of 172 native persimmon varieties in Zhejiang Province
 μ , Mean value; σ , Standard deviation

通过 K-S 检验分析上述营养指标值的频率分布是否符合正态分布,经计算得到 K-S 统计量(Z 值)见表 4。根据统计原理可知,大样本时 $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.01$ 的统计量(Z 值)的临界值分别是 1.36 和 1.63。表 4 结果表明,可溶性固形物、可溶性糖、粗

纤维、维生素 C 和 P、K、Ca 含量完全符合正态分布 ($Z<1.36$),粗蛋白含量不符合正态分布 ($Z>1.63$),而含水量、淀粉、单宁、 β -胡萝卜素和类胡萝卜素含量不完全符合正态分布 ($1.36\leq Z\leq 1.63$),而为偏态分布。

表 4 浙江 172 份农家柿果实营养指标值 K-S 检验的统计量 Z 值

Table 4 Z values of the K-S test of fruit nutrition indicators of 172 native persimmon varieties in Zhejiang Province			
营养指标 Nutrition indicators	Z 值 Z value	营养指标 Nutrition indicators	Z 值 Z value
含水量 Wc	1.59	维生素 C Vc	1.32
可溶性固形物 Ssd	1.27	β -胡萝卜素 β -c	1.62
可溶性糖 Ssr	0.61	类胡萝卜素 C-c	1.51
淀粉 Sh	1.55	磷 P	1.20
粗纤维 Cf	0.90	钙 Ca	1.19
单宁 Tc	1.37	钾 K	1.35
粗蛋白 Cp	2.33		

纤维含量这 5 个指标。本次营养指标分级研究仅对符合正态分布的营养指标,参照刘孟军^[11]的概率分级法进行数量性状分级。柿果实品质指标主要考虑含水量及可溶性固形物、可溶性糖、淀粉和粗

纤维含量这 5 个指标。本次营养指标分级研究仅对各个指标的 3 级分界点进行分析,结果如表 5 所示。

表 5 浙江 172 份农家柿果实营养指标数量性状分级的分界点

Table 5 Cut-off points of fruit nutrition indicators of 172 native persimmon varieties in Zhejiang Province								
营养指标 Nutrition indicators	理论分界点 Theoretical cut-off point				修正分界点 Modified cut-off point			
	1	2	3	4	1	2	3	4
含水量 Wc	73.74	76.82	81.10	84.18	73.7	76.8	81.1	84.2
可溶性固形物 Ssd	13.61	15.76	18.76	20.91	13.6	15.8	18.8	21.0
可溶性糖 Ssr	9.19	10.61	12.59	14.01	9.2	10.6	12.6	14.0
淀粉 Sh	0.13	0.72	1.52	2.11	0.1	0.7	1.5	2.1
粗纤维 Cf	0.45	0.66	0.94	1.15	0.5	0.7	1.0	1.2
单宁 Tc	0.25	0.68	1.26	1.69	0.3	0.7	1.3	1.7
维生素 C Vc	2.12	11.06	23.44	32.38	2.1	11.0	23.4	32.4
β -胡萝卜素 β -c	2.01	141.68	335.20	474.87	2.0	141.7	335.2	474.9
类胡萝卜素 C-c	5.40	20.42	41.22	56.24	5.4	20.4	41.2	56.2
磷 P	10.29	16.44	24.96	31.11	10.3	16.4	25.0	31.1
钙 Ca	3.77	6.10	9.34	11.67	3.8	6.1	9.3	11.7
钾 K	112.89	150.61	202.87	240.59	112.9	150.6	202.9	240.6

当柿果实含水量小于 73.7 g/hg 时,可定义柿果实品质为少汁型,大于 84.2 g/hg 为多汁型,介于两者之间为果汁适中型;可溶性糖含量小于 9.2 g/hg 为糖度较低型,大于 14.0 g/hg 为糖度较高型,介于两者之间为糖度适中型;淀粉含量小于 0.1 g/hg 为非糯型,大于 2.1 g/hg 为糯型,介于两者为糯性适中型;粗纤维含量小于 0.5 g/hg 为口感清爽型,大于 1.2 g/hg 为口感粗糙型,介于两者之间为口感较清爽型;可溶性固形物含量小于 13.6 g/hg 为口感较淡型,大于 21.0 g/hg 为口感浓甜型,介于两者之间为口感较甜或甜型。

2.2 172 份农家柿果实营养品质的相关分析

对 172 份农家柿各营养指标之间的相关性进行计算,结果见表 6。由表 6 可知,可溶性糖与可溶性

固形物含量呈正相关,相关系数为 0.41,因为可溶性固形物主要是指可溶性糖类。而含水量与可溶性固形物呈显著负相关,相关系数高达-0.8,说明柿水分含量越高,柿子的甜度越低;另外还发现,除维生素 C 外,含水量与其他所有营养指标均呈负相关。钾含量和可溶性固形物含量呈正相关,相关系数为 0.44,因为可溶性固形物主要包含水分和可溶性糖类,另外还包含矿物质和维生素等所有溶于水的物质^[12],而钾含量在磷、钾和钙三大矿物质元素中含量最高。 β -胡萝卜素与类胡萝卜素也呈正相关,相关系数为 0.47,因为类胡萝卜素中主要包括胡萝卜素和叶黄素 2 种色素^[13],而 β -胡萝卜素是胡萝卜素的主要成分,含量最多,所以这两者应呈正相关。其他营养指标间未见有明显相关性。

表 6 浙江 172 份农家柿果实营养指标间的相关系数

营养指标 Nutrition indicators	可溶性 固形物 Ssd	可溶性糖 Ssr	淀粉 Sh	含水量 Wc	单宁 Tc	磷 P	粗蛋白 Cp	维生素 C Vc	β-胡 萝卜 素 β-c	类胡 萝卜 素 C-c	钙 Ca	钾 K	粗纤维 Cf
可溶性固形物 Ssd	1.00												
可溶性糖 Ssr	0.41	1.00											
淀粉 Sh	0.14	-0.06	1.00										
含水量 Wc	-0.80 *	-0.43	-0.15	1.00									
单宁 Tc	0.10	0.08	-0.12	-0.05	1.00								
磷 P	0.33	0.13	0.00	-0.26	0.03	1.00							
粗蛋白 Cp	0.09	-0.02	-0.12	-0.04	0.05	0.35	1.00						
维生素 C Vc	-0.15	0.07	-0.12	0.19	0.18	0.22	0.00	1.00					
β-胡萝卜素 β-c	0.05	0.03	-0.04	-0.10	0.16	0.04	0.22	-0.01	1.00				
类胡萝卜素 C-c	0.06	0.11	-0.05	-0.07	0.12	0.08	0.29	-0.20	0.47	1.00			
钙 Ca	0.26	0.14	0.04	-0.22	0.04	0.22	-0.06	0.13	0.17	-0.08	1.00		
钾 K	0.44	0.27	0.12	-0.39	-0.07	0.24	0.23	-0.01	0.11	0.04	0.26	1.00	
粗纤维 Cf	0.06	0.08	0.03	-0.07	-0.30	0.14	0.01	0.01	-0.09	-0.20	0.25	0.09	1.00

注：* 表示显著相关。
Note: * indicates the significant correlation.

3 结论与讨论

本研究表明,浙江省农家柿资源营养成分变异丰富,呈现多样性,各营养指标的变异幅度为 5.16%~77.35%,平均变异系数为 44.05%,变异幅度较高;各指标 Shannon-Weiner 多样性指数为 1.64~2.07,平均 1.90,表明多样性程度高。通过变异分析研究和品尝果实后发现,浙江省农家柿含水量变异系数最低(5.16%),一半以上柿资源果实含水量集中在 77.08~81.40 g/hg,平均 78.96 g/hg,其中一些糯性口感的柿子,如金枣柿品种的含水量比较低。对浙江省农家柿资源主要三大矿物质元素 P、K、Ca 的测定发现,K 占矿质元素的比例非常高,达 85%以上。有研究表明,施钾肥可以显著提高一些水果中的糖含量^[14],并且果实中钾含量与糖含量呈正相关^[15]。本研究中的相关分析结果也证实,钾含量确实与果实可溶性糖含量和可溶性固形物含量呈正相关,因为钾元素对酶的活化和 ATP 的合成起重要作用,而光合作用产生的糖分运输需要消耗大量的 ATP 才能输送到果实等能量贮藏器官中。另外,柿子中的 β-胡萝卜素含量较高,平均为 238.4 μg/hg,且 β-胡萝卜素是维生素 A 的合成前体,营养价值较高;柿子中粗纤维含量也较高,平均为 0.8 g/hg,粗纤维即膳食纤维,可以帮助消化并促进胃肠的转运功能。

通过各指标值的频率分布图和 K-S 检验发现,柿果实中所有营养指标并不都符合正态分布,其中粗蛋白含量不符合正态分布,含水量、淀粉、单宁、

β-胡萝卜素和类胡萝卜素 5 个指标为偏态分布,这与刘孟军^[11,16]、孙升^[17]对其他果树的研究结果一致。但通常认为,生物现象的连续性变量或间断性变量大都遵从正态分布,在果树科学研究中,正态分布也是最常见的一种分布形式^[18]。造成上述结果的原因可能是选择方向所致,因为在长期的人工选择压力下,适者生存的结果使树种向特定的方向进化,致使处于相应性状的个体或品种增加,从而使性状的分布发生变化,以本试验中含水量和淀粉含量的分布为例,南方人们习惯柿果鲜食,因而多汁非糯型个体有更多繁育发展的机会。

相关分析结果显示,柿果实中可溶性糖含量、含水量和 K 含量与可溶性固形物含量的相关性比较明显,说明这 3 个指标对柿子可溶性固形物含量的影响较大,含水量与可溶性固形物呈显著性负相关(相关系数为-0.8),可溶性糖含量和 K 含量与可溶性固形物含量呈正相关(相关系数分别为 0.41, 0.44),即含水量越高,可溶性固形物含量就越低;可溶性糖含量和 K 含量越高,可溶性固形物含量就越高。上述研究结果为高含糖量柿品种的选育提供了选择方向。

[参考文献]

[1] 贺士元,邢其华,尹祖棠,等.北京植物志 [M].北京:北京出版社,1984.
He S Y,Xing Q H,Yin Z T,et al. Flora of Beijing [M]. Beijing:Beijing Publishing Press,1984. (in Chinese)
[2] 马 齐,张 强,秦 涛.我国柿资源的开发研究现状 [J].陕西农业科学,2005(6):56-57.
Ma Q,Zhang Q,Qin T. Development of persimmon resources

- in China [J]. Shaanxi Journal of Agri Sci, 2005(6): 56-57. (in Chinese)
- [3] 齐 敏,禹兰景,岳崇峰,等. 柿的营养及药用 [J]. 河北林业科技, 1997(4): 53-54.
Qi M, Yu L J, Yue C F, et al. Nutritional and medicinal persimmon [J]. The Journal of Hebei Forestry Science and Technology, 1997(4): 53-54. (in Chinese)
- [4] 沈红霞,占卫国,占 燕. 柿资源的研究现状 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(23): 10967-10968.
Shen H X, Zhan W G, Zhan Y. Study status of persimmon resources [J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2009, 37(23): 10967-10968. (in Chinese)
- [5] 陈 佩,李 平,郝艳宾,等. 柿果实成熟过程中可溶性果胶和单宁含量的变化 [J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(1): 88-92.
Chen P, Li P, Hao Y B, et al. The change of soluble pectin and tannic during maturation of persimmon fruit [J]. Journal of China Agricultural University, 2012, 17(1): 88-92. (in Chinese)
- [6] 张宝善,伍晓红,陈锦屏. 柿单宁研究进展 [J]. 陕西师范大学学报:自然科学版, 2008, 36(1): 99-104.
Zhang B S, Wu X H, Chen J P. Research progress of Kaki tannin [J]. Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition, 2008, 36(1): 99-104. (in Chinese)
- [7] 费学谦,王劲凤,周立红,等. 甘、涩柿果实主要化学成分研究 [J]. 林业科学研究, 1994, 7(1): 106-110.
Fei X Q, Wang J F, Zhou L H, et al. Study on the main chemical components of sweet, astringent persimmon fruit [J]. Forestry Research, 1994, 7(1): 106-110. (in Chinese)
- [8] 王劲凤,方正明. 甜柿引种栽培 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 26-29.
Wang J F, Fang Z M. Introduction and cultivation of sweet persimmon [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 26-29. (in Chinese)
- [9] 赵献民,龚榜初,吴开云,等. 浙江省农家柿品种数量分类研究 [J]. 林业科学研究, 2012, 12(15): 77-87.
Zhao X M, Gong B C, Wu K Y, et al. Research on numerical classification of native persimmon in Zhejiang province [J]. Forestry Research, 2012, 12(15): 77-87. (in Chinese)
- [10] 王述民,曹勇生,Redden R J,等. 我国小豆种质资源形态多样性鉴定与分类研究 [J]. 作物学报, 2002, 28(6): 727-733.
Wang S M, Cao Y S, Redden R J, et al. The morphological diversity and classification of adzuki bean (*Vigna anduilaris* (wild.) Ohwi & Ohashi) germplasm resources in China [J]. Acta Agronomica Sinica, 2002, 28(6): 727-733. (in Chinese)
- [11] 刘孟军. 枣树数量性状的概率分级研究 [J]. 园艺学报, 1996, 23(2): 105-109.
Liu M J. The probability grading study of quantitative character on chinese jujube [J]. Acta horticulturae Sinica, 1996, 23(2): 105-109. (in Chinese)
- [12] 孔 焱. 可溶性固形物 [J]. 柑橘科技通讯, 1973(5/6): 30-31.
Kong Y. Soluble solids [J]. Citrus Communication Technology, 1973(5/6): 30-31. (in Chinese)
- [13] 任永霞,王 罡,郭郁频,等. 类胡萝卜素概述 [J]. 山东农业大学学报:自然科学版, 2005, 36(3): 485-488.
Ren Y X, Wang G, Guo Y P, et al. Overview of carotenoids [J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science, 2005, 36(3): 485-488. (in Chinese)
- [14] 薛新平,陈敏克,赵士粤,等. 钾与 6-BA 对红富士苹果果实含糖量和主要矿质元素的影响 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(21): 12694-12696.
Xue X P, Chen M K, Zhao S Y, et al. Effect of K and 6-BA on the content of sugar and main mineral elements of apple fruit [J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2011, 39(21): 12694-12696. (in Chinese)
- [15] 赵树堂. 李果实发育过程中糖、酸、Vc 及矿质元素含量变化 [D]. 河北保定: 河北农业大学, 2003: 43-46.
Zhao S T. Changes in contents of sugar, acid, vitamin C and mineral element during fruit development of four plum cultivars [D]. Baoding, Hebei: Agricultural University of Hebei, 2003: 43-46. (in Chinese)
- [16] 刘孟军. 桃树部分经济性状的种内变异及其分级标准研究 [J]. 北京农学院学报, 1992, 7(2): 98-104.
Liu M J. The intraspecific variation and grading standard research on some economic traits in peach tree [J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 1992, 7(2): 98-104. (in Chinese)
- [17] 孙 升. 李属资源若干数量性状评价标准探讨 [J]. 园艺学报, 1999, 26(1): 7-12.
Sun S. Study on the evaluating criteria of some quantitative character of plum resources [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1999, 26(1): 7-12. (in Chinese)
- [18] 华中农业大学. 果树研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1992: 118-120.
Huazhong Agricultural University. Fruit research methods [M]. Beijing: Agriculture Press, 1992: 118-120. (in Chinese)