

Assessment and Statistical Analysis of Mineral Elements in Fruits of 70 Mango Cultivars

Jianfeng Huang^{1,2}, Min Zhu^{1,2}, Suisheng Deng¹, Yeyuan Chen^{1,2}, Aiping Gao^{1,2*}

¹Tropic Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou Hainan

²National Center for Tropical Fruit Varieties Improvement, Danzhou Hainan

Email: *aipinggao@126.com

Received: Mar. 25th, 2016; accepted: Apr. 24th, 2016; published: Apr. 27th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Nine mineral elements (K, Ca, P, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B) in the germplasm sarcocarp of 70 mango cultivars which were preserved in Germplasm Repository of Mango, Danzhou city, Ministry of Agriculture were detected using an atomic absorption spectrometer. Variance, correlation and principal component analysis methods were used to evaluate the experimental results. The statistical results showed that the macroelements of the 70 mango cultivars are $K > Ca > P > Mg$; the microelements are $Fe > Mn > Zn > B > Cu$; and the coefficients of variation are $Mn > Cu > Zn > Fe > B > P > Ca > Mg > K$. The variance analysis results showed that in nine mineral elements of the 70 mango cultivars, $F=1.43$, $Pr = 0.0177$, $Pr > F$, whose content has significant difference in the 70 mango cultivars. The correlation analysis results showed that there are significant and extremely significant correlations among mineral elements. The positive correlation between K and Mg is the most significant ($r = 0.663$), while the most significant negative correlation is between Ca and P ($r = -0.332$).

Keywords

Mango, Germplasm Resources, Mineral Elements, Evaluation, Statistical Analysis

70份杧果种质果实矿质元素评价与统计学分析

黄建峰^{1,2}, 朱敏^{1,2}, 邓穗生¹, 陈业渊^{1,2}, 高爱平^{1,2*}

¹中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南 儋州

*通讯作者。

²国家热带果树品种改良中心, 海南 儋州
Email: *aipinggao@126.com

收稿日期: 2016年3月25日; 录用日期: 2016年4月24日; 发布日期: 2016年4月27日

摘 要

采用原子吸收光谱法对农业部儋州杧果种质资源圃70份杧果种质果实中的9种矿质元素(K、Ca、P、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn和B)含量进行了测定, 采用方差分析、相关分析和主成分分析方法对所测定的矿质元素进行了统计学分析。统计结果表明: 杧果果肉9种矿质元素中, 大量元素含量依次为 $K > Ca > P > Mg$, 微量元素含量依次为 $Fe > Mn > Zn > B > Cu$, 变异系数为 $Mn > Cu > Zn > Fe > B > P > Ca > Mg > K$; 方差分析结果表明: 70份杧果种质9种矿质元素间 $F = 1.43$, $Pr = 0.0177$, $Pr > F$, 9种矿质元素含量在70份杧果种质果肉中存在显著性差异; 相关性分析结果表明: 矿质元素之间存在着显著和极显著的相关性, 其中K和Mg之间正相关性最大, 相关系数达0.663, Ca和P负相关性最大, 相关系数为-0.332。

关键词

杧果, 种质资源, 矿质元素, 评价, 统计分析

1. 引言

杧果(*Mangifera indica* L.)为漆树科杧果属植物, 是重要的热带亚热带水果, 享有“热带果王”之美誉, 在我国主要分布在海南、广西、云南、广东等省区[1]。杧果果实香甜味美, 矿质元素十分丰富, 这些矿质元素不仅关系到树体的营养生理, 果实的产量和品质[2], 也关系到人体的营养与健康。如铁是维持生命活动所必需的矿质元素之一, 它是血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素及其它酶系统的主要成分, 并帮助氧的运输, 促进脂肪的氧化[3], 缺铁可造成缺铁性贫血并容易疲劳[4]; 锌广泛调节着机体代谢, 对维持人体正常生理功能起着重要作用[5]。在小麦、水稻等作物上已广泛开展矿质元素的研究[6] [7], 然而有关矿质元素研究在杧果中则鲜见报道。为进一步明确杧果种质资源的开发与利用, 本文对70份杧果种质果实中的K、Ca和P等9种矿质元素进行了测定, 分析了果肉中大量元素和微量元素的含量, 并进行了方差分析、主成分分析和相关性分析, 以期获得不同杧果种质矿质元素的含量及其互作关系, 为杧果的树体管理、产量和品质提高及种质创新和利用奠定基础。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

供试杧果种质材料均取自农业部儋州杧果种质资源圃, 样本来自4~6年生健壮树, 砧木均为海南土芒, 试材立地条件和栽培管理水平均一致, 栽培过程中没有施用任何植物生长调节剂, 常规管理。在果实生理成熟期(果实发育成熟, 近果核处果肉开始变黄) [8]采集树冠外围中上部的果实, 每份种质采收10个外观性状基本一致的杧果果实待完全后熟后, 去除果皮和果核, 将10个果实的果肉混合均匀, 分装备用。

2.2. 试验方法

K、Ca、P等9种矿质元素含量的测定采用欧锦萌等(2012)的方法进行[9]。

2.3. 数据分析

频数统计分析采用软件 SPSS13.0 进行数据分析, 方差分析、相关性分析和主成分分析用统计软件 SAS9.1 进行分析。

3. 结果与分析

3.1. 不同杧果种质果肉中大量元素含量

本研究主要测定了杧果果肉中 K、Ca、P 和 Mg 4 种大量元素, 4 种元素在 70 份杧果种质的 SPSS 统计分析结果如表 1 所示, 频数分布如图 1 所示。

在 70 份杧果种质中, K 含量的分布范围为 0.841~2.435 g/kg, 含量超过 2.000 g/kg 的杧果种质有“1102 号芒”、“1506 号芒”、“1303 号芒”、“Dot”、“黄象牙芒”、“Govieia”、“113 号芒”和“Mamme”8 份种质, 约占所分析种质的 11.42%。“1102 号芒”中 K 含量最高为 2.435 g/kg, “攀西红芒”中 K 含量最低为 0.841 g/kg, 高 K 种质与低 K 种质相差约 3 倍, 种质变异系数为 22.34。

在 70 份杧果种质中, Ca 含量的分布范围为 0.024~0.158 g/kg, 含量超过 0.130 g/kg 的杧果种质有“攀西红芒”、“红芒 9 号”、“Van Dyke”、“热品 30 号芒”、“秋芒”、“Mamme”6 份, 占所分析种质的 8.57%。“攀西红芒”中 Ca 含量最高为 0.158 g/kg, “南逗芒”中 Ca 含量最低为 0.024 g/kg, 高 Ca 种质与低 Ca 种质相差约 6 倍, 种质变异系数为 32.20。

在 70 份杧果种质中, P 含量的分布范围为 0.063~0.237 g/kg, 含量超过 0.200 g/kg 的种质有“黄象牙芒”、“越南芒”、“柬芒”、“1103 号芒”、“1102 号芒”、“909 号芒”、“大白玉芒”8 份种质, 占所分析种质的 11.42%。“黄象牙芒”中 P 含量最高为 0.237 g/kg, “粤西 1 号芒”中 P 含量最低为 0.063 g/kg, 高 P 种质与低 P 种质相差约 4 倍, 种质变异系数为 36.87。

在 70 份杧果种质中, Mg 含量的分布范围为 0.063~0.237 g/kg, 含量超过 0.200 g/kg 的种质有“1506 号芒”、“909 号芒”、“红芒 9 号”、“Mamme”、“Tommy Atkins”5 份种质, 占所分析种质的 7.14%。

“1506”号芒中 Mg 含量最高为 0.174 g/kg, “冬芒”中 P 含量最低为 0.049 g/kg, 高 K 种质与低 K 种质相差约 4 倍, 种质变异系数为 26.11。

70 份杧果种质中 4 种大量元素含量的高低顺序为 $K > Ca > P > Mg$, 其变异系数大小顺序为 $P > Ca > Mg > K$, 且均大于 20, 说明 70 份种质的 K、Ca、P、Mg 含量的差异较大。

3.2. 不同杧果种质果肉中微量元素含量

Fe、Mn、Zn、B 和 Cu 5 种微量元素在 70 份杧果种质的频数分布如图 2 所示, SPSS 统计分析结果如表 2 所示。

在 70 份杧果种质中, Fe 含量的分布范围为 1.735~31.710 mg/kg, 含量超过 25.000 mg/kg 的杧果种质有“1506 号芒”、“红芒 9 号”、“Mamme”和“Govieia”4 份种质, 约占所分析种质的 5.71%。“1506 号芒”中 Fe 含量最高为 31.710 mg/kg, “红象牙芒”中 Fe 含量最低仅为 1.735 mg/kg, 高 Fe 种质与低 Fe 种质相差约 18 倍, 种质变异系数为 54.69。

在 70 份杧果种质中, Mn 含量的分布范围为 0.537~7.620 mg/kg, 含量超过 4.000 mg/kg 的杧果种质有“热品 29 号芒”、“热品 30 号芒”、“热品 28 号芒”、“热品 20 号芒”、“热品 9 号芒”6 份, 占所分析种质的 8.57%。“热品 29 号芒”中 Mn 含量最高为 7.620 mg/kg, “Carrie”中 Mn 含量最低为 0.537 mg/kg, 高 Mn 种质与低 Mn 种质相差约 14 倍, 种质变异系数为 62.65。

在 70 份杧果种质中, Zn 含量的分布范围为 0.362~4.482 mg/kg, 含量超过 3.000 mg/kg 的种质有“热品 40 号芒”、“Stringless peach”、“Mamme”、“桂热 10 号芒”4 份种质, 占所分析种质的 5.71%。

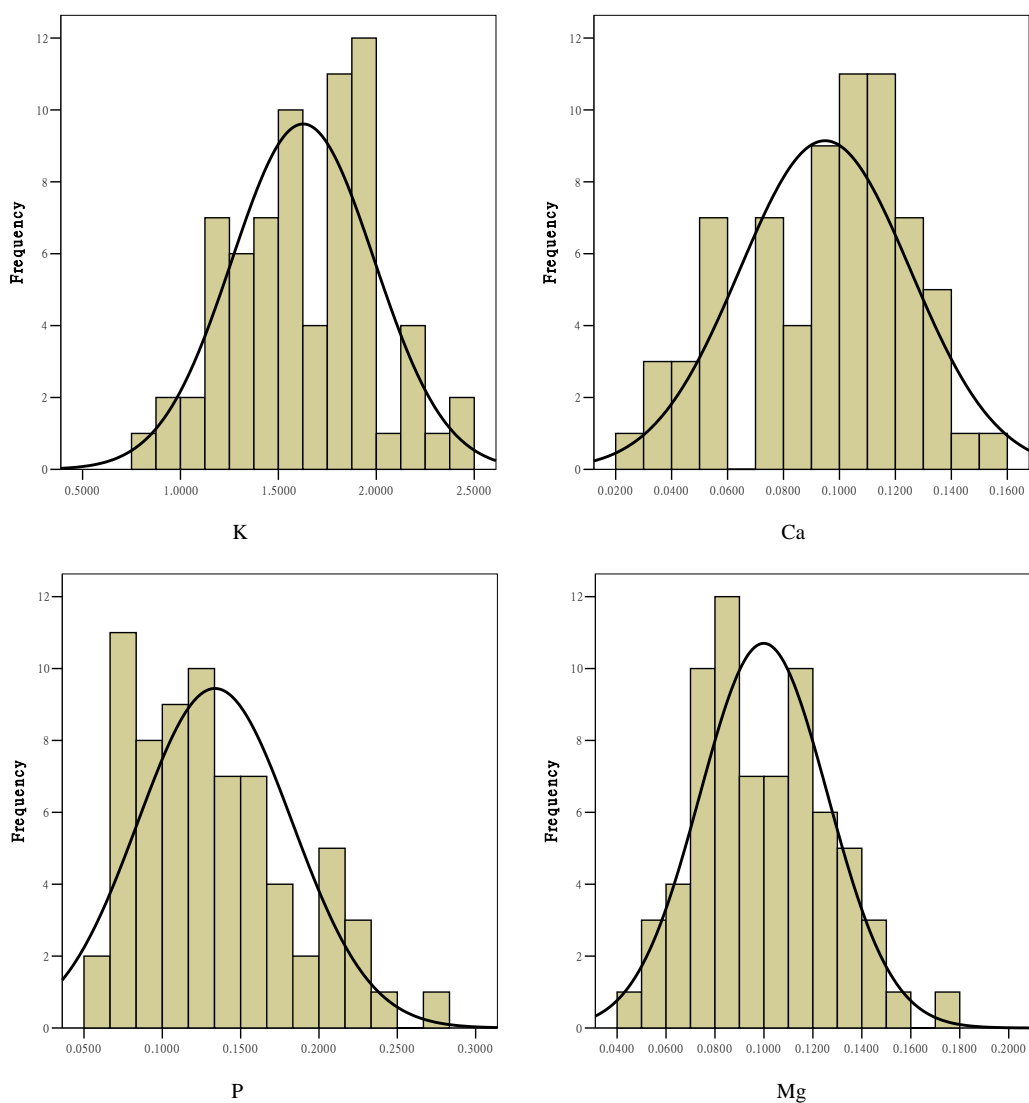


Figure 1. The frequency distribution of 4 macroelements
图 1. 4 种大量元素的频数分布图

Table 1. The statistical analysis of 4 macroelements
表 1. 4 种大量元素统计分析结果

	Ca	K	Mg	P
最小值	0.024	0.841	0.049	0.063
对应品种	南逗芒	攀西红芒	冬芒	粤西 1 号芒
最大值	0.158	2.435	0.174	0.237
对应品种	攀西红芒	1102 号芒	1506 号芒	黄象牙芒
平均值	0.949	1.626	0.010	0.134
中值	0.1017	1.622	0.099	0.128
标准偏差均值	0.031	0.043	0.003	0.006
变异系数	32.20	22.34	26.11	36.87

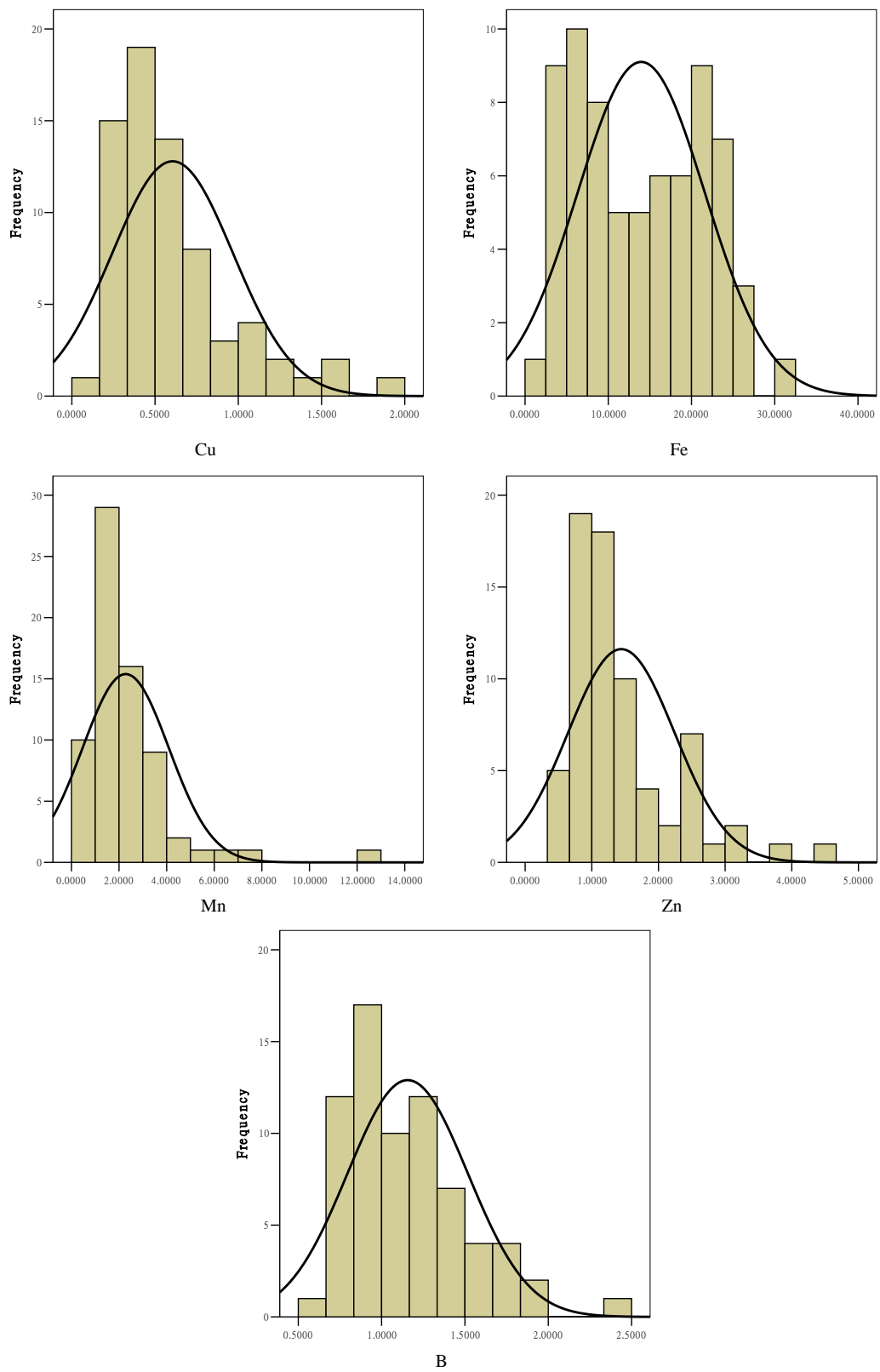


Figure 2. The frequency distribution of 5 microelements

图 2. 5 种微量元素的频数分布图

Table 2. The statistical analysis of 5 microelements
表 2.5 种微量元素统计分析结果

	Cu	Fe	Mn	Zn	B
最小值	0.076	1.735	0.537	0.362	0.600
对应品种	粤西 1 号芒	红象牙芒	Carrie	攀西红芒	贵妃芒
最大值	1.930	31.710	7.620	4.482	2.392
对应品种	909 号芒	1506 号芒	热品 29 号芒	热品 40 号芒	桂热 10 号芒
平均值	0.605	13.958	2.280	1.423	1.157
中值	0.054	14.200	1.858	1.202	1.058
标准偏差均值	0.501	0.917	0.217	0.096	0.043
变异系数	60.11	54.95	62.65	55.53	41.20

“热品 40 号芒”中 Zn 含量最高为 4.482 mg/kg, “攀西红芒”中 Zn 含量最低为 0.362 mg/kg, 高 Zn 种质与低 Zn 种质相差约 12 倍, 种质变异系数为 55.53。

在 70 份芒果种质中, B 含量的分布范围为 0.600~2.392 mg/kg, 含量超过 1.700 mg/kg 的种质有“桂热 10 号芒”、“文昌白玉芒”、“Stringless peach”、“热品 20 号芒”、“Lucille”和“红玉芒”6 份种质, 占所分析种质的 8.57%。桂热 10 号芒中 B 含量最高为 2.392 mg/kg, 贵妃芒中 B 含量最低为 0.600 mg/kg, 高 B 种质与低 B 种质相差约 4 倍, 种质变异系数为 41.20。

在 70 份芒果种质中, Cu 含量的分布范围为 0.076~1.930 mg/kg, 含量超过 1.900 mg/kg 的种质仅有“909 号芒”1 份种质, 占所分析种质的 1.42%。“909 号芒”中 B 含量最高为 1.930 mg/kg, “粤西 1 号芒”中 Cu 含量最低为 0.076 mg/kg, 高 B 种质与低 B 种质相差约 25 倍, 种质变异系数为 60.11。

5 种微量元素含量的高低顺序为 Fe > Mn > Zn > B > Cu, 其中 Cu 含量最少为 0.6045 mg/kg; 5 种微量元素含量的变异系数大小顺序为 Mn > Cu > Zn > Fe > B, 微量元素的变异系数均高于大量元素, 其中 Mn 的变异系数达 62.65。

3.3. 芒果果实 9 种矿质元素的方差分析

方差分析结果如表 3 所示, SAS 统计结果表明: 70 份芒果种质 9 种矿质元素间 $F = 1.43$, $Pr = 0.0177$, $Pr > F$ 说明 70 个芒果种质间的 9 种矿质元素差含量异性显著。

3.4. 芒果果实 9 种矿质元素的相关性分析

本试验 9 种矿质元素各相关性分析结果如表 4 所示, 70 份芒果种质资源果实的 9 种矿质元素之间存在着显著和极显著的相关性, Ca 和 Mg、Fe 和 Mn 呈显著正相关, 和 P 呈显著负相关; K 和 Mg、P、Cu、Fe、Zn 和 B 呈显著的正相关; Mg 和 P、Cu、Fe、Zn 和 B 呈显著的正相关; P 和 Cu 呈显著正相关, P 和 Mn 呈显著负相关; Cu 和 Zn 呈显著的正相关; Fe 和 Mn、Zn 和 B 呈显著的正相关, Zn 和 B 呈显著正相关。9 种矿质元素间绝大部分成正相关, 其中 K 和 Mg 之间正相关性最大, 相关系数达 0.663, Ca 和 P 负相关性最大, 相关系数为 -0.332。

3.5. 芒果果实 9 种矿质元素的主成分分析

主成分分析中 9 种矿质元素相关阵的特征值及主成分的贡献率如表 5 所示, 从中可以看出, 在所有主成分构成中, 主成分一贡献率最大, 为 35.64%, 其次为主成分二、三、四和五贡献率分别为 24.69%、11.44%、7.62%和 6.93%。前 5 个成分的累计贡献率达到 86.31%, 这 5 个主成分提取了 K、Ca 和 P 等 9

Table 3. The variance statistical analysis of 9 mineral elements
表 3. 9 种矿质元素方差统计分析结果

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
trt	69	659.48519	9.55776	1.43	0.0177
r	8	10893.87345	1361.73418	203.22	<0.0001

Table 4. The correlation statistical analysis of 9 mineral elements
表 4. 9 种矿质元素相关性统计分析结果

	Ca	K	Mg	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Ca	1.000								
K	-0.083	1.000							
Mg	0.321(**)	0.663(**)	1.000						
P	-0.332(**)	0.615(**)	0.347(**)	1.000					
Cu	0.210	0.471(**)	0.555(**)	0.554(**)	1.000				
Fe	0.322(**)	0.317(**)	0.514(**)	0.219	0.064	1.000			
Mn	0.367(**)	-0.280	0.132	-0.313(**)	-0.111	0.371(**)	1.000		
Zn	0.073	0.454(**)	0.451(**)	0.119	0.297(**)	0.527(**)	0.110	1.000	
B	0.050	0.284(**)	0.282(**)	-0.059	0.175	0.415(**)	0.235	0.396(**)	1.000

注: **代表相关极显著($P < 0.05$), **代表相关极显著($P < 0.01$)。

Table 5. The eigenvalues and correlation matrix of 9 mineral elements
表 5. 9 种矿质元素相关阵的特征值及主成分的贡献率

主成分	特征值	差异值	贡献率	累计百分率
1	3.207	0.985	0.3564	0.3564
2	2.221	1.192	0.2469	0.6033
3	1.030	0.344	0.1144	0.7177
4	0.685	0.062	0.0762	0.7938
5	0.624	0.139	0.0693	0.8631
6	0.485	0.115	0.0538	0.9170
7	0.370	0.170	0.0411	0.9581
8	0.200	0.021	0.0221	0.9802
9	0.178		0.0198	1.0000

种矿质元素中 86.31% 的信息, 故对这 5 个主成分进行分析。第一主成分特征值为 3.207, 主要由 Mg、K、Zn 和 Cu 决定, 这 4 种矿质元素在第一主成分上有较高的正载荷, 同时第一主成分对各变量的方差贡献率 32.07%; 第二主成分特征值为 2.221, 贡献率为 24.69%, 主要由 P、Ca、Mn 和 Fe 决定, P 在第二因子上有绝对值较高的负载荷, Ca、Mn 和 Fe 在第二因子上有绝对值较高的正载荷, 说明杧果果实中 P 与 Ca、Mg 和 Fe 等矿质元素含量有反向趋势; 第三主成分特征值为 1.030, 贡献率为 11.44%, 其中 Ca 有较高的正载荷, 而 B 和 Zn 有绝对值较高的负载荷, 因此第三主因子反映了杧果果实中 Ca 含量高, 而 B 和 Zn 含量较小的特点; 第四主成分特征值为 0.685, 贡献率为 7.62%, 主要反映了 Mn、B 和 Zn 的关

系, 即 Mn 和 B 有较高的正值, Zn 有绝对值较高的负载荷, 说明第四主成分反映了杧果果实中 Mn 和 B 较高而 Zn 含量较少的特点; 第五主成分特征值为 0.624, 贡献率为 6.93%, 其中 Ca、Cu 和 B 为正值, 其余为负值, 说明杧果果实中 Ca、Cu 和 B 与其它元素有反向趋势。

4. 讨论

通过对农业部儋州杧果种质资源圃 70 份杧果种质果肉中的 9 种矿质元素含量进行测定, 结果表明杧果果实中 K 含量最高, 均值含量达 1.626 g/kg, Cu 含量最低, 均值为 0.605 mg/kg, 9 种矿质元素含量的高低顺序为 $K > Ca > P > Mg > Fe > Mn > Zn > B > Cu$ 。种质资源的变异系数是遗传多样性的数量化体现, 而且变异系数与优异种质资源选择正相关, 一般情况下变异系数大于 10, 说明该性状在种质个体间差距较大, 较好地保存了该性状的基因资源, 在评价和抽样选择时, 应重点考虑[10]。供试的 70 份杧果种质的矿质元素含量性状的变异系数大小为 $Mn > Cu > Zn > Fe > B > P > Ca > Mg > K$, 且均大于 20, 说明这些性状间差异较大, 具有丰富的多样性。杧果果实的矿质元素取决于品种、立地条件、栽培技术和管理措施等综合的作用, 本文中 70 份杧果种质均取自农业部儋州杧果种质圃, 种质在立地条件和栽培管理条件上是一致的, 在测定方法和测定技术上亦最大限度减少了系统误差, 因此, 果实矿质元素的多样性就充分反映了其遗传背景的多样性。

基金项目

物种资源保护项目“芒果种质资源保护”(16RZZY-101); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项“芒果种质资源 7 个重要亲本材料生殖生物学特性研究”(1630032015025); 海南省应用技术研发与示范推广专项“芒果优良品种及配套生产栽培技术示范推广”(ZDXM2014136)。

参考文献 (References)

- [1] 王才发. 中国南方珍稀果树栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [2] 李继承, 李先信, 彭俊彩, 等. 五种矿质元素对脐橙树体营养状况的影响[J]. 湖南农业大学学报, 2005, 25(1): 36-39.
- [3] 龙凤, 梁宇, 马琛, 等. 分光光度法测定薯果蔬中铁含量研究[J]. 微量元素与健康研究, 2004, 12(6): 50-51.
- [4] 邱耀良. 必需微量元素铁与疾病的关系[J]. 广东微量元素科学, 1997, 4(10): 19-22.
- [5] 郗文娟, 黄鸿雁. 微量元素锌与健康[J]. 微量元素与健康研究, 2003(2): 60-61.
- [6] 樊庆琦, 楚秀生, 李玉莲. 山东小麦地方品种资源铁和锌含量分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(1): 138-142.
- [7] 郭咏梅, 段延碧, 李少明, 等. 有色稻米 Fe、Zn、Cu 和 Mn 含量及与种皮颜色相关分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(6): 971-974.
- [8] 石胜友, 武红霞, 王松标, 等. 杧果种质果实品质性状多样性分析[J]. 园艺学报, 2011, 38(5): 840-848.
- [9] 欧锦萌, 黄容, 罗珊珊, 等. 不同品种杧果中锰铁铜锌元素含量测定[J]. 微量元素与健康研究, 2011, 29(3): 29-30.
- [10] 张龙进, 李桂双, 白成科, 等. 山茱萸种质资源数量性状评价及相关性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(4): 655-659.