

DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-3142. 2013. 05. 018

徐臣善. 授粉处理对红富士苹果果实品质影响的综合评价 [J]. 广西植物, 2013, 33 (5): 685—690

Xu CS. Synthetical evaluation based on effects of pollination on fruit quality of 'Red Fuji' apple [J]. Guihaia, 2013, 33 (5): 685—690

授粉处理对红富士苹果果实品质影响的综合评价

徐臣善

(德州学院 农学系, 山东 德州 253023)

摘要: 以“长富2号”红富士苹果 (*Malus domestica* 'Red Fuji', Nagafu No. 2) 为母本, 9个授粉品种为父本, 进行人工授粉, 研究授粉处理对红富士苹果成熟期果实品质的影响, 并构建基于主成分分析的综合评价函数。结果表明: 果实的花青苷、单果重、维生素C、固酸比、可溶性糖、可溶性蛋白、可滴定酸等主要经济性状, 各授粉处理间差异较大, 果形指数、硬度差异较小; 主成分分析提取6个主成分, 累计方差贡献率达96.02%, 根据主成分得分和方差相对贡献率构建综合评价函数, 由综合评价函数确定9个授粉处理果实的综合品质由高到低的排序为雪球、美红、火焰、红星、道格、全家红、绚丽、荷红、粉芽。

关键词: 苹果; 果实品质; 授粉处理; 主成分分析; 综合评价

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142 (2013) 05-0685-06

Synthetical evaluation based on effects of pollination on fruit quality of 'Red Fuji' apple

XU Chen-Shan

(Agronomy Department, Dezhou University, Dezhou 253023, China)

Abstract: 'Red Fuji' Nagafu No. 2 was used as female parent and nine varieties were used as male parents to study the effects of pollination treatments on mature fruit of 'Red Fuji' apple by synthetical evaluation function based on principal component analysis. The results showed that there were significant differences on main economic characters of fruit such as anthocyanin, fruit weight, vitamin C, ratio of TSS to acid, soluble sugars, soluble protein and titratable acidity. However, there was no obvious difference on fruit shape index and firmness. Six principal components (PC) whose total cumulative contribution reached 96.02% were extracted by principal component analysis. The synthetical evaluation function was composed of scores of principal components and relative variance contribution. From high to low, the arranging order of the synthetical scores of the nine pollination treatments, which were assessed by the synthetical evaluation function, was 'Xueqiu', 'Meihong', 'Huoyan', 'Starking', 'Daoge', 'Quanjiahong', 'Xuanli', 'Hehong' and 'Fenya'.

Key words: apple; fruit quality; pollination treatments; principal component analysis; synthetical evaluation

苹果是我国的大宗果品, 在国民经济中占有重要的地位, 但生产中绝大多数苹果品种自花授粉不结实 (李天忠等, 2004)。富士苹果是我国主要栽培品种, 产量占我国苹果总产量的60%以上 (孟艳玲, 2007), 但自交亲和率仅为2.2% (李天忠

等, 2004)。因此, 生产中需要严格配置授粉树, 来提高坐果率, 改善富士苹果的果实品质。不同授粉处理引起果实性状的改变是果树生产中普遍存在的现象, 目前该现象在荔枝 (邱燕萍等, 2006)、京白梨 (沙海峰等, 2006)、猕猴桃 (齐秀娟等,

收稿日期: 2013-03-11 修回日期: 2013-06-31

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目 (2011BAD12B02); 德州学院人才引进项目 (402115)

作者简介: 徐臣善 (1983-), 男, 山东日照人, 博士, 讲师, 主要从事果树生理和设施果树学研究, (E-mail) michael_10@163.com。

2007)、沙田柚(聂磊等, 2002)、油桃(潘学军等, 2007)、罗汉果(马小军等, 2008)、黑宝石李(张静茹等, 2009)等果树均有研究报道。不同授粉处理对苹果果实品质的影响也有研究报道, 李保国等(2004)报道了红星、金冠和藤木一号等授粉品种对 2001 富士苹果果实品质的影响, 但授粉处理数较少; 石海强等(2006)研究了不同授粉处理对红富士苹果坐果率和果实品质的影响, 并对各授粉处理果实的性状进行了简单对比, 缺少规律性结果。目前相关研究多采用简单的性状对比或主观赋权评价法, 但简单的性状对比难以反映不同授粉处理对果实综合品质的影响, 而主观赋权评价法需要人为赋予权重, 主观因素影响较大, 不能从客观上反映不同授粉处理对果实综合品质的影响。本研究以“长富 2 号”红富士苹果为试材, 9 个授粉品种为父本, 利用主成分分析方法研究不同授粉处理对红富士苹果综合品质的影响, 以期对各个授粉处理的果实品质作出综合评价, 为红富士苹果授粉树的筛选提供理论依据。

1 材料与方 法

1. 1 试材及试验处理

2010 年 3~11 月在山东农业大学园艺科学与工程学院中心实验室和国家苹果工程技术研究中心沂源市中庄镇精品果生产基地进行试验。试材为 12 年生“长富 2 号”红富士苹果 (*Malus domestica* ‘Red Fuji’, Nagafu No. 2), 9 个授粉品种为红星、荷红、美红、全家红、火焰、绚丽、道格、雪球、粉芽。其中红星是生产中常用的授粉品种, 美红、荷红和全家红分别为从美国、荷兰和韩国引进的授粉树, 火焰、绚丽、道格、雪球、粉芽为从美国引进的观赏海棠。

选取树势中庸、通风透光良好、长势基本一致的相邻“长富 2 号”苹果树 3 株, 每株选 3 个方位和长势基本一致的单枝, 以单枝为小区(授粉处理), 相近 3 株共 9 个小区, 采用随机排列的方法设置 9 个授粉处理, 作为 1 次重复, 共 3 次重复。

在铃铛花期, 疏除过多过密的花序, 使保留下的花序间距大致为 20 cm, 去边花保留中心花, 去雄后进行人工授粉, 套袋并挂牌标记。每个授粉处理的授粉花量按梢果(新梢与果实)3:1 的比例, 并在此基础上加 20% 的保险系数确定, 花后 5 周(新梢基本停长), 疏除畸形果、病虫害果, 每个授粉

处理按 50:1 的叶果比确定每个授粉处理的果实负载量。对选作试材的苹果树进行常规管理, 于 10 月果实成熟期采样, 将不同授粉处理的果实置于冰盒中立即带回实验室, 测定成熟期果实各品质指标。

1. 2 果实品质指标测定

果实单果重用电子天平测定; 果实纵横径用游标卡尺测量, 果形指数为纵径/横径; 果肉硬度用 GY-1 型果肉硬度计测定; 果实体积采用排水法测定; 可溶性固形物含量采用 WYT 糖量计测定; 干物质含量采用烘干法测定(钟仕强, 1999); 可溶性总糖和淀粉含量采用蒽酮比色法测定(高俊凤, 2001); 可滴定酸采用酸碱中和滴定法测定; 可溶性蛋白采用考马斯亮蓝染色法(Bradford, 1976); 维生素 C 含量采用钼蓝比色法进行测定(李军, 2000); 果皮花青苷和叶绿素含量采用比色法测定(李秀菊等, 1998)。

1. 3 数据转化与统计分析

1. 3. 1 原始数据的处理及转化 将果实品质指标分为正相关指标(纵径、横径、果形指数、单果重、体积、花青苷、类胡萝卜素、硬度、可溶性固形物、干物质、可溶性糖、淀粉、固酸比、可溶性蛋白)和负相关指标(可滴定酸、叶绿素 a、叶绿素 b)两类, 对负相关指标(对评价结果有负影响的指标)赋予负号(阮敏, 2005), 使所有指标均转化为正向变量, 然后对指标数据进行标准化处理, 将各指标数据转化成均值为 0、标准差为 1 的无量纲数据。

$$\text{标准化公式: } y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

式中, i 为第 i 个授粉处理; j 为第 j 个性状; x_{ij} 为第 i 个授粉处理第 j 个性状的观察值; \bar{x}_j 为第 j 个性状观察值的平均值; s_j 为第 j 个性状观察值的标准差。

1. 3. 2 主成分分析及评价函数的构建 试验共设 9 个处理, 每个处理 3 次重复, 将 1 次重复作为 1 个样本, 共有 27 个样本, 构建 27×18 维矩阵, 应用 DPS 数据分析软件对果实品质指标进行主成分分析, 根据方差累计贡献率 $\geq 90\%$ 的标准分别提取 m 个主成分, 以各主成分对应的方差相对贡献率作为权重, 由主成分得分和对应的权重线性加权求和可构建果实品质的评价函数。

$$C_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k}, H_i = \sum_{k=1}^m C_k Z_{ik}$$

式中, C_k 为第 k 个主成分的方差相对贡献率;

表 1 不同授粉处理对果实品质指标的影响
Table 1 Effects of different pollen sources on quality parameters of fruit

品质指标 Quality parameter	红星 Starking	全家红 Quanjiahong	荷红 Hehong	美红 Meihong	火焰 Huoyan	绚丽 Xuanli	道格 Daoge	雪球 Xueqiu	粉芽 Fenya
横径 Horizontal diameter (cm)	8. 975 a	7. 827 d	8. 267 bc	9. 261 a	8. 436 b	7. 785 d	7. 865 d	7. 964 cd	7. 925 cd
纵径 Vertical diameter (cm)	7. 416 ab	6. 639 c	7. 311 bc	8. 139 a	7. 243 bc	6. 752 bc	6. 662 c	6. 871 bc	6. 817 bc
果形指数 Fruit shape index	0. 8267 a	0. 8479 a	0. 8849 a	0. 8789 a	0. 8579 a	0. 8670 a	0. 8487 a	0. 8630 a	0. 8608 a
单果重 Mass per fruit (g)	276. 4 b	186. 7 e	240. 0 cd	323. 3 a	246. 4 bc	192. 9 e	193. 6 e	209. 5 de	184. 3 e
体积 Volume per fruit (cm ³)	351. 7 a	219. 0 c	281. 3 b	386. 0 a	280. 7 b	226. 0 c	225. 7 c	246. 0 bc	215. 3 c
花青苷 Anthocyanin (U/100cm ²)	21. 34 b	11. 43 ef	12. 65 e	16. 05 cd	26. 91 a	15. 65 d	11. 07 f	17. 14 c	10. 50 f
叶绿素 a Chlorophyll a (μg/cm ²)	0. 3924 cd	0. 5370 b	0. 4412 c	0. 3536 d	0. 5315 b	0. 3691d	0. 3688d	0. 3667 d	0. 6721 a
叶绿素 b Chlorophyll b (μg/cm ²)	0. 4425 b	0. 6652 a	0. 6840 a	0. 4879 b	0. 6250 a	0. 4466 b	0. 4463 b	0. 4221 b	0. 7305 a
类胡萝卜素 Carotenoid (μg/cm ²)	0. 0463 b	0. 0502 bc	0. 0533 b	0. 0552 b	0. 0605 ab	0. 0712 a	0. 0274 c	0. 0470 b	0. 0458b
硬度 Firmness (kg/cm ²)	6. 628 b	7. 167 a	7. 067 a	6. 739 b	7. 137 a	6. 440 b	6. 987 a	7. 216 a	6. 574 b
可溶性固形物 Total soluble solids (%)	12. 60 cd	13. 33 abcd	12. 91 bcd	13. 33 abcd	13. 53 abc	13. 00 bcd	13. 76 ab	14. 02 a	12. 49 d
干物质 Dry matter in fruit (%)	16. 12 ab	16. 32 a	15. 28 bc	15. 24 bc	15. 01 c	15. 67 c	14. 48 c	14. 47 c	13. 08 d
可溶性糖 Soluble sugars (%)	11. 91 de	12. 96 bc	12. 23 d	13. 34 b	13. 28 b	12. 69 c	13. 32 b	13. 87 a	11. 58 e
可滴定酸 Titratable acidity (%)	0. 2187 cd	0. 2944 a	0. 2860 a	0. 2692 ab	0. 2103 d	0. 2187 cd	0. 2187 cd	0. 2439 bc	0. 1682 e
固酸比 Ratio of TSS to acid	57. 61 c	45. 28 e	45. 14 e	49. 52 d	64. 34 b	59. 44 bc	62. 92 b	57. 47 c	74. 24 a
维生素 C Vc (mg/100g)	5. 326 g	7. 123 c	5. 641 f	7. 660 a	6. 718 d	6. 615 d	6. 154 e	7. 339 b	5. 284 g
淀粉 Starch (%)	0. 3667 abc	0. 3804 abc	0. 3899 ab	0. 4146 a	0. 3821 abc	0. 3183 d	0. 3389 cd	0. 3108 d	0. 3565 bcd
可溶性蛋白 Soluble protein (mg/g)	10. 56 b	7. 403 cd	7. 569 cd	8. 109 c	10. 95 b	5. 670 e	7. 178 d	12. 10 a	5. 734 e

注: 邓肯氏多重比较测验, 横向不同字母表示差异达到显著水平 ($P=0.05$)。

Note: P value of significance was estimated by Duncan's. The different letters express significant differences at $P=0.05$ level.

λ_k 为第 k 个主成分的特征值; m 为提取的主成分个数; Z_{ik} 为第 i 个授粉处理第 k 个主成分得分; H_i 为果实品质的评价函数, 其值表示第 i 个授粉处理的总主成分得分。

2 结果与分析

2.1 不同授粉处理对果实品质指标的影响

各授粉处理对红富士苹果果实品质各指标的影响及差异显著性检验如表 1 所示。9 个外观品质指标 (横径、纵径、果形指数、单果重、体积、花青苷、叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素) 中, 花青苷、单果重差异性显著, 差异最大; 其次为叶绿素 a、横径、纵径、果实体积、类胡萝卜素; 各授粉处理间叶绿素 b 差异性较小; 差异性最小的是果形

指数, 各授粉处理间的差异均不显著。

果实内在品质方面 (硬度、可溶性固形物、干物质、可溶性糖、可滴定酸、固酸比、Vc、淀粉、可溶性蛋白), Vc、固酸比、可溶性糖、可溶性蛋白、可滴定酸差异最显著; 其次为干物质、淀粉、可溶性固形物; 果实硬度的差异性相对较小。

说明授粉处理可以影响红富士苹果果实的外观和内在品质, 且不同授粉处理间存在不同程度的差异; 若用单一性状指标比较, 很难对不同授粉处理对红富士苹果果实品质的影响作出正确评价。

2.2 果实品质指标的主成分分析

根据果实品质指标的主成分分析结果, 前 6 个主成分的累计贡献率达 92.06% (表 2), 第 6 主成分的特征值为 1.363, 表明前 6 个主成分包含了全部品质指标的主要信息, 可以将授粉处理果实的 18 个品

表 2 6 个主成分的特征向量、特征根、方差贡献率及累计贡献率

Table 2 Eigenvector, eigenvalue, variance contribution and cumulative contribution of six principal components (PC)

品质指标 Quality parameter	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2	主成分 3 PC3	主成分 4 PC4	主成分 5 PC5	主成分 6 PC6
横径 Horizontal diameter	0.330	-0.264	0.124	0.070	-0.013	-0.132
纵径 Vertical diameter	0.338	-0.244	0.003	0.090	0.169	-0.152
果形指数 Fruit shape index	0.073	0.010	-0.359	0.063	0.578	-0.095
单果重 Mass per fruit	0.362	-0.211	0.076	0.060	0.062	-0.124
体积 Volume per fruit	0.353	-0.229	0.107	0.006	-0.009	-0.134
花青苷 Anthocyanin	0.203	-0.048	0.353	0.198	0.032	0.480
叶绿素 a Chlorophyll a	0.252	0.185	0.138	-0.416	0.042	-0.204
叶绿素 b Chlorophyll b	0.161	0.191	0.366	-0.409	0.056	-0.151
类胡萝卜素 Carotenoid	0.103	-0.096	-0.137	-0.161	0.373	0.658
硬度 Firmness	0.079	0.320	-0.128	0.453	-0.243	0.011
可溶性固形物 Total soluble solids	0.112	0.447	0.074	0.174	0.104	-0.101
干物质 Dry matter in fruit	0.230	0.032	-0.126	-0.311	-0.415	0.370
可溶性糖 Soluble sugars	0.182	0.412	0.054	0.111	0.187	-0.035
可滴定酸 Titratable acidity	-0.237	-0.155	0.419	0.051	0.237	0.017
固酸比 Ratio of TSS to acid	-0.271	-0.125	0.359	0.226	0.197	0.001
维生素 C Vc	0.221	0.302	-0.111	0.035	0.275	0.103
淀粉 Starch	0.217	-0.261	-0.276	0.281	-0.118	-0.071
可溶性蛋白 Soluble protein	0.212	0.141	0.330	0.309	-0.165	0.158
特征值 Eigenvalue	5.871	4.041	2.647	1.856	1.506	1.363
方差贡献率 Variance contribution (%)	32.62	22.45	14.71	10.31	8.364	7.573
累积贡献率 Cumulative contribution (%)	32.62	55.07	69.77	80.09	88.45	96.02

质指标综合成 6 个主成分。其中,第 1 主成分贡献率为 32.62%,决定第 1 主成分的主要是果实大小,包括单果重、体积、纵径、横径;第 2 主成分贡献率为 22.45%,决定第 2 主成分的主要是内在品质,包括可溶性固形物、可溶性糖、硬度、Vc;第 3 主成分贡献率为 14.71%,综合反映了果实内在品质(可滴定酸、固酸比、可溶性蛋白)、果皮色素(叶绿素 b、花青苷)和果实形状(果形指数);第 4 主成分贡献率为 10.31%,主要反映了果实硬度、叶绿素 a 和叶绿素 b;第 5 主成分贡献率为 8.364%,主要反映了果形指数;第 6 主成分贡献率为 7.573%,主要反映了类胡萝卜素、花青苷。

2.3 不同授粉处理果实品质的综合评价

各主成分得分和方差相对贡献率如表 3 所示,根据果实品质的评价函数可计算各授粉处理果实品质的总得分,并以此进行评价。结果表明,以雪球和美红作为授粉品种,所得果实的综合品质最好,以粉芽作为授粉品种,果实的综合品质最差。各授粉处理果实综合品质由高到低的顺序是:雪球、美红、火焰、红星、道格、全家红、绚丽、荷红、粉芽。

3 结论与讨论

3.1 不同授粉处理对果实品质指标的影响

授粉处理对苹果果实品质的主要性状产生重要

影响。李保国等(2004)在 2001 富士苹果上的研究发现,单果重、果形指数、着色程度、色相、果肉硬度、糖酸含量、Vc 含量等性状受授粉品种的影响;石海强等(2006)研究认为授粉品种对红富士苹果单果重、可溶性固形物影响较大,对果形指数、果实着色、果实硬度、糖和酸含量影响很小;刘广勤等(2000)研究认为授粉品种对“长富 2 号”苹果品质的影响主要在着色、可溶性固形物、总糖上,对单果重、果形指数的影响差异不显著。授粉处理对果实品质的影响在其它果树上也广泛存在,对荔枝(邱燕萍等,2006)、京白梨(沙海峰等,2006)、猕猴桃(齐秀娟等,2007)、油桃(潘学军等,2007)、罗汉果(马小军等,2008)、黑宝石李(张静茹等,2009)等果实的单果重、可溶性固形物、可滴定酸、硬度等主要经济性状存在明显影响。本研究发现,授粉处理对“长富 2 号”红富士果实的花青苷、单果重、Vc、固酸比、可溶性糖、可溶性蛋白、可滴定酸等性状的影响明显,而对果实硬度的影响较小,对果形指数几乎无影响。综上可知,授粉处理对果实品质各指标的影响存在差异性,主要体现在:同一授粉处理对果实不同性状的影响程度不同;不同授粉处理对果实同一性状的影响存在差异。这些差异性可能与果树树种、品种及授粉品种的遗传基础密切相关,其作用机理尚不十分清楚,研究多集中在授粉受精、种子形成过程及激素水平等。

表 3 不同授粉处理果实主成分得分
Table 3 Principal components (PC) scores of fruits pollinated with varieties

授粉处理 Pollen source	各主成分得分 Scores of different principal component (PC)						总得分 Total scores
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	
红星 Starking	1. 531	-2. 574	2. 461	-0. 994	-2. 066	0. 180	0. 023
全家红 Quanjiahong	-0. 509	1. 545	-2. 528	0. 161	-1. 849	0. 866	-0. 275
荷红 Hehong	0. 568	-1. 019	-2. 573	0. 249	-0. 311	-0. 333	-0. 466
美红 Meihong	4. 646	-1. 210	-0. 803	-0. 074	1. 418	-1. 225	1. 191
火焰 Huoyan	0. 957	-0. 010	1. 197	2. 380	0. 499	1. 791	0. 946
绚丽 Xuanli	-1. 215	0. 332	-0. 066	-2. 914	1. 436	1. 477	-0. 417
道格 Daoge	-1. 676	2. 096	0. 952	-0. 369	-0. 584	-2. 031	-0. 184
雪球 Xueqiu	0. 483	3. 582	1. 330	0. 538	0. 583	-0. 143	1. 303
粉芽 Fenya	-4. 784	-2. 743	0. 029	1. 023	0. 874	-0. 583	-2. 122
方差相对贡献率 (%)	33. 97	23. 38	15. 32	10. 74	8. 710	7. 886	
Relative variance contribution							

3. 2 果实品质正负指标的定义

马庆华等 (2010) 研究认为, 冬枣果实综合评价体系中正负相关指标的定义要根据品种特性、选优目标和特定的评价群体而定; 张晓煜等 (2004) 在构建枸杞品质综合评价的研究中, 也将枸杞品质因子分为对综合品质有正贡献和负贡献两类因子。因此, 在对果实品质进行综合评价前需对果实品质指标进行转换和处理, 对果实品质综合评价有负影响的指标要转换为正向变量。本研究中, 果实品质正负指标根据红富士苹果的品种特性、主要栽培目的 (鲜食)、消费习惯和贮运性等来定义。将外观品质指标中的单果重、体积、纵横径、果形指数定义为正指标; 由于红色苹果果皮颜色的最终表现是果皮叶绿素、类胡萝卜素、花青苷等色素综合作用的结果, 花青苷的含量对果实色泽起决定作用, 其合成还与含糖量相关, 叶绿素含量与果皮底色密切相关, 对红色发育有一定干扰或屏蔽作用 (Lancaster *et al.*, 1994), 因此, 将花青苷定义为正指标, 叶绿素定义为负指标; 类胡萝卜素呈现为黄色或橙红色, 将其定义为正指标。内在品质指标中, 可溶性固形物、干物质、可溶性糖、固酸比、Vc、可溶性蛋白决定了果实的风味、口感、营养价值, 定义为正指标; 考虑到消费习惯将可滴定酸定义为负指标; 果实硬度决定了果实的贮运品质, 定义为正指标; 淀粉与果实的耐贮性相关, 还是果实发育过程中碳水化合物的一种暂存形式, 可转化成糖类, 因此定义为正指标。

秦海英等 (2002) 对小麦的综合评价及陈贤等 (2008) 对番茄的综合评价将性状分为 3 类, 一类是上限性状测度 (越大越好), 如小麦单株穗数、千粒重, 番茄单果重、Vc 含量; 一类是适中性状测度 (性状值适中最好), 如小麦株高、番茄糖酸

比; 一类是下限性状测度 (越小越好), 如小麦叶锈病等级、番茄变质率。目前, 苹果果实品质性状的正负定义、适中性状及适中值研究的很少, 尚无统一标准, 综合评价中, 苹果果实品质性状的正负分类或 3 种测度分类的依据及合理性都有待于进一步研究。

3. 3 果实品质主成分分析及综合评价

果实的许多性状与品质密切相关, 这些性状之间既有相对独立性, 又有一定的相关性。主成分分析方法是多个因子之间的相互关系入手, 利用降维的思想, 将多个相关的因子压缩转化成少数几个相互独立、涵盖主要信息的综合指标的一种多元统计方法, 被广泛用于果实品质评价因子的筛选和品质的综合评价 (鲍江峰等, 2004; 陶爱芬等, 2008; 白沙沙等, 2012)。在品质的综合评价分析中, 评价指标权重的确定是一个重要的环节, 在基于主成分分析的综合评价中, 以方差贡献率作为信息量的测度标准, 以主成分相应方差贡献率 (或方差相对贡献率) 作为权重, 是一种客观赋权法, 相比较于灰色关联度法、层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP 法) 等主观赋权法 (毛世忠等, 2012), 侧重于数据本身的客观性, 一定程度上避免人为赋予权重造成的影响。因此主成分分析综合评价法为多指标的果实品质综合评价提供了一种客观、可行的方法 (白沙沙等, 2012)。

本试验中, 授粉处理果实的品质指标众多, 各指标间存在着密切相关性和相对独立性, 存在着信息重叠, 利用主成分分析法从 18 个品质指标中提取相互独立的 6 个主成分, 方差累计贡献率达到 96. 02%, 以主成分的方差相对贡献率为权重, 构建了果实品质综合评级函数, 并对各授粉处理进行排序, 可为生产中“长富 2 号”红富士苹果授粉

树的配置提供一定的科学依据。

参考文献:

- 高俊凤. 2001. 植物生理实验技术 [M]. 北京: 高等教育出版社: 46
- Bai SS (白沙沙), Bi JF (毕金峰), Wang P (王沛), *et al.* 2011. Comprehensive evaluation of apple quality based on principal component analysis (基于主成分分析的苹果品质综合评价研究) [J]. *Food Sci Technol* (食品科技), **37** (1): 54-57
- Bao JF (鲍江峰), Xia RX (夏仁学), Deng XX (邓秀新), *et al.* 2004. The quality evaluation factors selection of newhall orange by the principal component analysis (用主成分分析法选择纽荷尔脐橙品质的评价因素) [J]. *J Huazhong Agric Univ: Nat Sci Edit* (华中农业大学学报·自然科学版), **23** (6): 663-666
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Anal Biochem*, **72**: 248-254
- Chen X (陈贤), Gong YS (龚元圣), Yang D (杨德). 2008. Discussing on the grouped principal component analysis consisting of 3 kinds of measuring methods on the comprehensive evaluation to the trade traits of the tomato fruits (3种测度结合的分组主成分法在番茄果实商品性综合评价上的应用) [J]. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), **24** (1): 335-339
- Lancaster JE, Grant JE, Darolgn EL *et al.* 1994. Skin color in apple influence of copigmentation and plastid pigments on shade and darkness of red color in five genotypes [J]. *Jam Soc Hortic Sci*, **119**: 63-69
- Li BG (李保国), Gu YH (顾玉红) Guo SP (郭素平), *et al.* 2004. A study on metaxenia roles in trait expression of 2001 'Fuji' apple fruit (2001苹果果实若干性状的花粉直感规律研究) [J]. *J Agric Univ Hebei* (河北农业大学学报), **27** (6): 34-37
- Li J (李军). 2000. Determination of content of reduction-type VC with phosphomolybdate-blue spectrophotometry (钼蓝比色法测定还原型维生素C) [J]. *Food Sci* (食品科学), **21** (8): 42-45
- Li TZ (李天忠), Takenori Asada, Han ZH (韩振海), *et al.* 2004. Studies on pollinated fruitfulness for some apple cultivars (苹果部分品种的授粉结实性研究) [J]. *Acta Hortic Sin* (园艺学报), **31** (6): 794-796
- Li XJ (李秀菊), Liu YS (刘用生), Shu HR (束怀瑞). 1998. Effects of bagging on color and hormone contents in apple fruits (红富士苹果套袋果实色泽与激素含量的变化) [J]. *Acta Hortic Sin* (园艺学报), **25** (3): 209-213
- Liu GQ (刘广勤), Qian YM (钱亚明), Chang YH (常有宏), *et al.* 2000. Effects of pollen xenia on quality of fruit of 'Fuji' apple (花粉直感对富士苹果品质的影响) [J]. *Chin Southern Fruit* (中国南方果树), **29** (1): 35
- Ma QH (马庆华), Li YH (李永红), Liang LS (梁丽松), *et al.* 2010. Factor analysis and synthetical evaluation of the fruit quality of Dongzao (*Ziziphus jujuba* Mill. 'Dongzao') advanced selections (冬枣优良单株果实品质的因子分析与综合评价) [J]. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), **43** (12): 2491-2499
- Ma XJ (马小军), Shi L (石磊), Mo CM (莫长明), *et al.* 2008. Xenia effect on main qualitative characters of *siraitia grosvenorii* (罗汉果主要品质性状的花粉直感效应) [J]. *Acta Hortic Sin* (园艺学报), **35** (11): 1695-1700
- Mao SZ (毛世忠), Deng T (邓涛), Tang WX (唐文秀), *et al.* 2012. Comprehensive evaluation of the wild ornamental plants of *Ardisia* in Guangxi (广西紫金牛属野生观赏植物的综合评价) [J]. *Guihaia* (广西植物), **32** (4): 501-506
- Meng YL (孟艳玲). 2007. Analysis on production status of apple in China (我国苹果生产现状分析) [J]. *Chin Fruits* (中国果树), **1**: 43-44
- Nie L (聂磊), Liu HX (刘鸿先). 2002. Effect of pollination on the change of endohormones in the fruit of shatianyou pomelo variety (不同授粉处理对沙田柚果实发育中内源激素水平变化的影响) [J]. *J Fruit Sci* (果树学报), **19** (1): 27-31
- Pan XJ (潘学军), Zhang WE (张文娥), You LX (尤丽霞). 2007. Effect of xenia on fruit quality of nectarine 'May fire' cultivar (花粉直感现象对油桃五月火品质的影响) [J]. *Acta Agric Bor-Occ Sin* (西北农业学报), **16** (2): 113-115
- Qi XJ (齐秀娟), Han LX (韩礼星), Li M (李明), *et al.* 2007. Studies on pollen xenia of kiwi fruit (3个猕猴桃品种花粉直感效应研究) [J]. *J Fruit Sci* (果树学报), **24** (6): 774-777
- Qin HY (秦海英), Cheng XY (程献云), Liang ZX (梁中喜). 2002. Application of gray evaluation method of hybrid combinations in wheat hybrids (杂交组合灰色评判在小麦育种中的作用) [J]. *Seed* (种子), **2**: 54-55
- Ruan M (阮敏). 2005. The errors of using principal component method in the comprehensive evaluation of economic management (主成分方法在经济管理综合评价应用中的误区) [J]. *Stat Dec-Mak* (统计与决策), **4**: 23-24
- Qiu YP (邱燕萍), Dai HF (戴宏芬), Li ZQ (李志强), *et al.* 2006. Effect of pollinator on fruit quality of Guiwei litchi cultivar (不同品种授粉对桂味荔枝果实品质的影响) [J]. *J Fruit Sci* (果树学报), **23** (5): 703-706
- Sha HF (沙海峰), Zhu YD (朱元娣), Gao QJ (高琪洁), *et al.* 2006. Effect of xenia on fruit quality of Jingbaili pear cultivar (花粉直感对京白梨品质的影响) [J]. *J Fruit Sci* (果树学报), **23** (2): 287-289
- Shi HQ (石海强), Huang BZ (黄保中), Qin LZ (秦立者), *et al.* 2006. The effect of different pollinated variety on fruit setting and quality of Red 'Fuji' (授粉品种对红富士苹果坐果率及果实品质的影响) [J]. *J Hebei Agric Sci* (河北农业科学), **10** (3): 33-35
- Zhang JR (张静茹), Meng ZG (孟照刚), Gong WH (巩文红). 2009. Effect of pollen xenia on fruit quality of Frinar plum cultivar (花粉直感对黑宝石李果实品质的影响) [J]. *J Fruit Sci* (果树学报), **26** (6): 836-839
- Zhong SQ (钟仕强). 1999. Experiment on new variable temperature curve of machining of *siraitia grosvenorii* (罗汉果加工的新变温曲线试验) [J]. *Chin J Chin Mat Med* (中国中药杂志), **24** (1): 31