

富士苹果矿质营养含量与几个主要品质指标的相关性分析

张 强¹, 魏钦平^{1,*}, 蒋瑞山², 刘旭东², 刘惠平², 王小伟¹

(¹北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093; ²北京市昌平区林业局, 北京 102200)

摘 要: 2008—2009 年, 测定北京市昌平区 34 个成龄富士苹果园果实矿质营养含量与单果质量等几个主要品质指标, 应用典型相关和回归分析方法, 探讨果实矿质营养含量与几个主要品质指标的关系。结果表明, 果实单果质量主要受果实中全磷、钾、钙、铁和硼含量的影响, 并且磷 > 钾 > 硼 > 铁 > 钙, 钾、钙含量与果实单果质量呈正相关, 磷、铁、硼含量与之呈负相关; 果实硬度与氮、钾含量呈负相关, 而与钙、铁含量呈正相关; 果实可溶性固形物含量主要受果实中全氮、磷、钾、钙和铁含量的影响, 并且氮 > 磷 > 钾 > 铁 > 钙, 果实中氮、磷含量与果实可溶性固形物呈负相关, 而钾、铁含量呈正相关; 提高果实全磷、钾、锌的含量可以降低果实酸度。

关键词: 苹果; 果实; 矿质营养; 品质; 相关关系

中图分类号: S 661.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2011) 10-1963-06

Correlation Analysis of Fruit Mineral Nutrition Contents with Several Key Quality Indicators in ‘Fuji’ Apple

ZHANG Qiang¹, WEI Qin-ping^{1,*}, JIANG Rui-shan², LIU Xu-dong², LIU Hui-ping², and WANG Xiao-wei¹

(¹*Institute of Forestry & Pomology, Beijing Academy of Agriculture & Forestry Sciences, Beijing 100093, China;* ²*Forestry Bureau of Changping District in Beijing, Beijing 102200, China*)

Abstract: The fruit quality and mineral nutrition contents of fruit were surveyed at 34 adult ‘Fuji’ apple orchards in Changping District of Beijing during 2008 to 2009. The methods of canonical correlation analysis and regression analysis were applied to find out relationship of fruit mineral nutrition with several key quality indicators. The results showed that mass per fruit was influenced by P, K, Ca, B, Fe content of fruit and $P > K > B > Fe > Ca$, fruit mass had positive correlation with K, Ca and negative correlation with P, B, Fe content of fruit. Firmness was negative correlation with N, K and positive correlation with Ca, Fe content of fruit. The soluble solids was influenced by N, P, K, Ca, Fe content of fruit and $N > P > K > Fe > Ca$, and soluble solids was negative correlation with N, P and positive correlation with K, Fe content of fruit. Titratable acid was reduced by increasing P, K and Zn content of fruit.

Key words: apple; fruit; mineral nutrition; quality; correlation

收稿日期: 2010-11-30; 修回日期: 2011-09-14

基金项目: 国家苹果产业技术体系建设专项 (nycyt-08-02-02); 公益性行业 (农业) 科研专项 (nyhyzx07-024)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: qpwei@sina.com)

富士苹果 (*Malus domestica* Borkh.) 是中国主要栽培的苹果品种, 种植面积和产量占苹果生产的 60% 以上。随着人民生活质量的提高和健康意识的增强, 人们对果品质量和营养价值提出了更高的要求。

果实矿质营养含量不仅反映了果园土壤的营养状况、肥力水平和吸收利用效率等, 同时与苹果果实采收后的品质特性和生理病害有密切关系 (张立新 等, 2007)。

国内果树工作者在苹果园土壤营养与果实品质的关系 (李保国 等, 2002)、苹果不同产量与土壤养分状况 (刘子龙 等, 2006; 彭福田和姜远茂, 2006) 等做了一定的研究; 安贵阳等 (2006)、郭全恩等 (2009)、刘德鸿等 (2007) 和张立新等 (2007) 分别在苹果叶片营养元素含量的影响因素分析, 甘肃省干旱地区苹果叶片营养和土壤养分相关性, 豫西地区苹果叶片微量元素含量及其与果实硬度的相关性和旱地苹果矿质营养在生长发育中的作用等方面做了一定的工作。

国外果树工作者在苹果园土壤与叶片矿质营养 (Nurzynski et al., 1990; Fallahi & Brenda, 1996; Fallahi et al., 2001; Gilmar & Antonio, 2006)、果实矿质营养含量与贮藏生理病害 (Hilmelroch & Walker, 1982; Ferguson & Watkins, 1992; Bowen & Watkins, 1997; Fallahi et al., 1997; Denise & Gerry, 2009) 等方面做了一定的工作; Peryea (1990) 研究了金冠苹果果实矿质营养组成与收获时的果实品质, Ramdane 等 (1999) 和 Siddique 等 (2009) 分别研究了叶片、果实矿质营养与果实品质特性的关系。而关于富士苹果果实矿质营养含量与单果质量等几个主要品质指标的相关关系等报道尚少。

本研究中通过对北京昌平区成龄富士苹果园果实矿质营养含量与单果质量等几个主要品质指标的调查分析, 应用典型相关和回归分析方法, 探讨果实矿质营养含量与几个主要品质指标的关系, 为苹果园合理施肥和补充营养、提高果实品质等提供理论依据和指导方案。

1 材料与方法

2008—2009 年 10 月, 在北京市昌平区选择成龄苹果园 34 个, 每个果园面积 0.6 hm² 以上, 主栽品种为宫藤富士 (*Malus domestica* Borkh. 'Red Fuji'), 砧木为八楞海棠 (*M. micromalus* Makino), 授粉品种王林, 树龄 15 ~ 20 年生, 株行距为 3 m × 5 m。

调查苹果园 0 ~ 40 cm 土层的土壤理化性质: 有机质 23.03 g · kg⁻¹, 全氮 1.529 g · kg⁻¹, 碱解氮 141.94 mg · kg⁻¹, 有效磷 249.08 mg · kg⁻¹, 有效钾 327.84 mg · kg⁻¹, 有效钙 2.83 g · kg⁻¹, 有效铁 25.51 mg · kg⁻¹, 有效锌 8.79 mg · kg⁻¹, 有效硼 0.74 mg · kg⁻¹, 容重 1.51 g · cm⁻³, 孔隙度 46.62%, pH 7.19。

在每个果园随机选取 3 个取样小区, 每个小区选择 3 株树进行取样, 每年果实成熟期间, 在取样株树冠东南方位取 5 个果实, 每个果园共取果实 45 个左右。

用百分之一天平称量单果质量, GY-1 型果实硬度计测量果实硬度, PR-100 型数字糖度计测定可溶性固形物含量, 用 0.1 mol · L⁻¹ NaOH 中和滴定法测定可滴定酸含量 (任继海 等, 1998); H₂SO₄ - H₂O₂ 消解—凯氏蒸馏法测定果实全氮, H₂SO₄ - H₂O₂ 消解—钒钼黄比色法测定全磷, H₂SO₄ - H₂O₂ 消解—火焰光度法测定全钾, HNO₃ - HClO₄ 消解, 原子吸收分光光度法测定果实全钙、铁和锌, 干灰化—甲亚胺 - H 酸比色法测定全硼 (鲍士旦, 2005)。

应用 SAS 软件对果园 2 年的果实品质和果实矿质营养数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 果实矿质营养含量和果实品质的基本状况

如表 1 所示, 34 个果园果实硬度、可溶性固形物含量均高于国家的鲜苹果标准 (GB/T 10651-2008) 中的优等级, 与 Cassandro 等 (2008) 报道的有机富士苹果园果实硬度 ($8.8 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)、可溶性固形物 (13.4%) 和可滴定酸 (0.4%) 含量基本相似。

如表 2 所示, 果实中的全氮、钾、钙和硼含量分别为 $0.382 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $1.159 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $76.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $4.433 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与 Gilmar 和 Antonio (2006) 报道的富士品种成熟期果实中的全氮 ($0.531 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)、钾 ($1.458 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) 和钙 ($49.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 含量, 及 Elena 等 (2005) 报道的粉红女士苹果成熟期果实的全钙 ($51.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)、硼 ($4.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 含量略低或相近。

上述结果说明近几年昌平通过推广果园土壤改良和培肥地力等有机栽培技术, 富士苹果的果实矿质营养含量接近国外的水平。

表 1 果实品质属性
Table 1 Attributes of fruit quality

项目 Item	单果质量/g Mass per fruit	硬度/ ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$) Firmness	可溶性固形物/% Soluble solids	可滴定酸/% Titratable acidity
平均值 Average	237.6	8.74	15.14	0.298
最小值 Minimum	172.0	7.54	12.50	0.219
最大值 Maximum	311.9	10.90	17.81	0.394
标准差 STD	38.4	0.75	1.43	0.050
鲜苹果标准 Standard of fresh apple	—	7.00	13.00	—

表 2 果实矿质营养
Table 2 Mineral nutrition of fruit

项目 Item	全氮/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total N	全磷/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total P	全钾/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total K	全钙/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total Ca	全铁/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total Fe	全锌/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total Zn	全硼/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Total B
平均值 Average	0.382	0.143	1.159	76.72	5.992	0.304	4.433
最小值 Minimum	0.206	0.105	0.840	60.00	2.670	0.151	3.080
最大值 Maximum	0.556	0.180	1.470	97.00	11.600	0.463	6.400
标准差 STD	0.091	0.021	0.149	8.11	2.834	0.084	0.990

2.2 果实矿质营养含量对果实品质影响的因子筛选和回归方程建立

果实矿质营养与果实品质指标的关系较复杂, 以果实全氮 (x_1)、磷 (x_2)、钾 (x_3)、钙 (x_4)、铁 (x_5)、锌 (x_6) 和硼 (x_7) 为一个正态总体, 果实单果质量 (y_1)、果实硬度 (y_2)、果实可溶性固形物含量 (y_3) 和果实可滴定酸 (y_4) 为另一正态总体, 应用典型相关分析方法, 依据典型相关系数的大小, 结合生物学性状等专业知识和统计分析特点等, 筛选出影响果实单果质量等几个主要品质因素的果实矿质营养因子, 并建立了果实品质与果实矿质营养的回归方程 (表 3), 通过对回归方程进行显著性检验, 均达到显著性差异水平, 表明建立的方程稳定可靠。

从表 3 的回归方程看出, 果实单果质量受果实矿质营养影响的大小顺序为磷 > 钾 > 硼 > 铁 > 钙, 对果实单果质量较大的是果实全磷和钾的含量, 磷含量与果实单果质量呈负相关, 钾含量与之呈正相关; 果实硬度受果实矿质营养影响的大小顺序为氮 > 钾 > 铁 > 钙, 并与果实全氮、钾含

量呈负相关，而与钙、铁的含量呈正相关；果实可溶性固形物含量受果实矿质营养影响的大小顺序为氮 > 磷 > 钾 > 铁 > 钙，果实全氮和磷含量对果实可溶性固形物含量影响较大，并与之呈负相关，钾、铁含量则与之呈正相关；果实可滴定酸含量受果实矿质营养影响的大小顺序为磷 > 钾 > 氮 > 钙，且主要受果实全磷、钾和锌的影响，提高果实全磷、钾和锌的含量可以降低果实的酸含量。

表 3 影响果实品质属性的主要矿质营养因子筛选和回归方程建立
Table 3 Selection of major mineral nutrient factors and establishment of regression equation affecting attributes of fruit quality

果实品质 (y) Fruit quality	影响果实品质的果实矿质营养因子 (x) Fruit mineral nutrients factors affecting fruit qualities	回归方程 Regression equations	方程 F 值 F value of equations
y ₁ 单果质量 Mass per fruit	x ₂ ; x ₃ ; x ₄ ; x ₅ ; x ₇	y ₁ = 193.12 - 787.49x ₂ + 133.71x ₃ + 2.767x ₄ - 6.305x ₅ - 38.905x ₇	3.75**
y ₂ 果实硬度 Firmness	x ₁ ; x ₃ ; x ₄ ; x ₅	y ₂ = 8.267 - 0.2916x ₁ - 0.1739x ₃ + 0.0006x ₄ + 0.1386x ₅	12.82**
y ₃ 可溶性固形物 Soluble solids	x ₁ ; x ₂ ; x ₃ ; x ₄ ; x ₅	y ₃ = 20.717 - 6.597x ₁ - 5.128x ₂ + 0.731x ₃ - 0.0599x ₄ + 0.2385x ₅	5.54**
y ₄ 可滴定酸 Titratable acidity	x ₁ ; x ₂ ; x ₃ ; x ₄ ; x ₆	y ₄ = 0.2908 + 0.0604x ₁ - 0.4343x ₂ - 0.2074x ₃ - 0.0014x ₄ - 0.2899x ₆	3.64**

注: x₁. 全氮; x₂. 全磷; x₃. 全钾; x₄. 全钙; x₅. 全铁; x₆. 全锌; x₇. 全硼。**为 0.01%显著水平差异。

Note: x₁. Total N; x₂. Total P; x₃. Total K; x₄. Total Ca; x₅. Total Fe; x₆. Total Zn; x₇. Total B. ** stands for P < 0.01.

3 讨论

关于果实矿质营养对几个主要果实品质指标影响的重要程度及相关性，Fallahi 等（1997）认为，尽管果树叶分析是优化果树矿质营养的工具，但叶片矿质营养与果实品质的相关性非常弱，应用果实分析更加有用。本研究通过分析果实矿质营养含量和果实单果质量等几个主要品质指标，应用典型相关分析方法筛选影响果实品质的主要果实矿质营养因子，消除了对方程建立过程中复共线性导致的回归系数符号相反和不稳定等问题（陈希孺和王松桂，1987）。

Fallahi 等在新红星苹果叶片、果实矿质营养与果实品质的关系研究中认为，果实中的氮与果实硬度、可溶性固形物含量和果实色泽呈显著负相关，钙与果实硬度呈正相关，果实钙含量高可以减少果品贮藏的生理病害、防止果实变软（Fallahi & Brenda，1996；Fallahi et al.，1997）；Denise 和 Gerry（2009）认为，果实成熟期果实氮含量高易导致果实可溶性固形降低、可滴定酸增加，施用磷肥可以增加富士苹果产量、采收期果实高磷含量可以有效减少果树贮藏生理病害，钾可以增加果实色泽，但果实硬度显著降低；张立新等（2007）的研究结果表明，充足的钾素营养可增加苹果含糖量，提高品质，对果面着色度、香味、果实风味和耐贮性均有显著的提高；Gilmar 等（2006）在研究苹果叶片、果实矿质营养变化时得出，富士苹果果实的矿质营养的总量随着果实体积的增大而增加，积累顺序为钾 > 氮 > 磷 > 镁 > 钙 > 铁 > 硼 > 铜 > 锰 > 锌。但关于果实单果质量等几个主要品质指标受果实矿质营养的影响顺序和重要程度的报道尚少，本研究应用典型相关和回归分析筛选出了影响果实单果质量等几个主要品质指标的果实矿质营养因子及其影响顺序和重要程度。

本研究结果表明，果实矿质营养对单果质量影响的大小顺序为磷 > 钾 > 硼 > 铁 > 钙，对果实硬度影响顺序为氮 > 钾 > 钙 > 铁，对可溶性固形物含量影响顺序为氮 > 磷 > 钾 > 铁 > 钙，

对可滴定酸含量影响顺序为磷 > 锌 > 钾 > 氮 > 钙。

References

- An Gui-yang, Fan Chong-hui, Du Zhi-hui, Yu Jun-yi, Deng Feng-chan. 2006. Analysis of effective factors of nutrient content in apple leaves. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (1): 12 - 16. (in Chinese)
- 安贵阳, 范崇辉, 杜志辉, 郁俊谊, 邓丰产. 2006. 苹果叶营养元素含量的影响因素分析. *园艺学报*, 33 (1): 12 - 16.
- Bao Shi-dan. 2005. *Soil agricultural chemical analysis*. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 鲍士旦. 2005. *土壤农化分析*. 3 版. 北京: 中国农业出版社.
- Bowen J H, Watkins C B. 1997. Fruit maturity, carbohydrate and mineral content relationships with watercore in 'Fuji' apples. *Post Harvest Biology and Technology*, 11: 31 - 38.
- Cassandro V T, Cristiano A S, Clvaro L M, Jackson A. 2008. Yield and fruit quality of apple from conventional and organic production system. *Agropec Bras*, 43 (3): 333 - 340.
- Chen Xi-ru, Wang Song-gui. 1987. *Modern regression analysis*. Hefei: Publishing House of Anhui Education. (in Chinese)
- 陈希孺, 王松桂. 1987. *近代回归分析*. 合肥: 安徽教育出版社.
- Denise Neilsen, Gerry Neilsen. 2009. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. *New York Fruit Quarterly*, 17 (3): 21 - 24.
- Elena de Castro Hernandez, Bill Biasi, Elizabeth Mitcha. 2005. Quality of Pink Lady apple. Wenatchee: 7th Washington Tree Fruit Postharvest Conference: 1 - 8.
- Fallahi E, Brenda R Simons. 1996. Interrelations among leaf and fruit mineral nutrients and fruit quality in 'Delicious' apples. *Journal of Tree Fruit Production*, 1 (1): 15 - 25.
- Fallahi E, Conway W S, Hickey K D. 1997. The role of calcium and nitrogen in post harvest quality and disease resistance of apples. *HortScience*, 32 (5): 831 - 835.
- Fallahi E, Colt W M, Fallahi B. 2001. Optimum ranges of leaf nitrogen for yield, fruit quality and photosynthesis in BC-2 Fuji apple. *Journal of American Pomology Society*, 55 (2): 68 - 75.
- Ferguson I B, Watkins C B. 1992. Crop load affects mineral concentrations and incidence of bitter pit in Orange Pippin apple fruit. *J Am Soc Hortic Sci*, 117: 373 - 376.
- GB/T 10651-2008. 2008. *Fresh apple*. Beijing: Standards Press of China. (in Chinese)
- GB/T 10651-2008. 2008. *鲜苹果*. 北京: 中国标准出版社.
- Gilmar Ribeiro Nachtigall, Antonio Roque Dechen. 2006. Seasonality of nutrients in leaves and fruit of apple tree. *Scientia Agriculture*, 63 (5): 493 - 501.
- Guo Quan-en, Guo Tian-wen, Wang Yi-quan, Ma Zhong-ming, Liu Jun, Nan Li-li. 2009. Correlation analysis on apple leaves nutrition and soil nutrition in arid area Gansu Province. *Chinese Journal of Soil Science*, 40 (1): 114 - 117. (in Chinese)
- 郭全恩, 郭天文, 王益权, 马忠明, 刘 军, 南丽丽. 2009. 甘肃省干旱地区苹果叶片营养和土壤养分相关性研究. *土壤通报*, 40 (1): 114 - 117.
- Hilmelroch D G, Walker C E. 1982. Seasonal trends of calcium magnesium, and potassium fractions in apple leaf and fruit tissues. *Journal of the America Society for Horticultural Science*, 107: 1078 - 1080.
- Li Bao-guo, Qi Guo-hui, Guo Su-ping, Li Hui-zhuo, Zhang Lin-ping. 2006. Study on the relationship between the soil nutrient elements and the apple fruit quality of the newly reclaimed apple orchard in Taihang Mountain gneiss area. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 10 (3): 17 - 20. (in Chinese)
- 李保国, 齐国辉, 郭素平, 李惠卓, 张林平. 2002. 太行山片麻岩区新垦苹果园土壤营养与果实品质的关系研究. *中国生态农业学报*, 10 (3): 17 - 20.
- Liu De-hong, Liu Hong-xia, Liu Gui-lian, Guo Da-yong, Guo Yong-xin, Zhang Hui-min. 2007. The Contents of the microelements in leaves of apple and correlativity with firmness of fruit in West-Henan area. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 16 (4): 138 - 141. (in Chinese)
- 刘德鸿, 刘红霞, 刘桂莲, 郭大勇, 郭永新, 张会民. 2007. 豫西地区苹果叶片微量元素含量及其与果实硬度的相关性. *西北农业学报*, 16 (4): 138 - 141.

- Liu Zi-long, Zhang Guang-jun, Zhao Zheng-yang, Liang Jun. 2006. Survey on the state of soil nutrient of apple orchards in the major production area of Shanxi. *Journal of Northwest Forestry University*, 21 (2): 50 - 53. (in Chinese)
- 刘子龙, 张广军, 赵政阳, 梁 俊. 2006. 陕西苹果主产区丰产果园土壤养分状况的调查. *西北林学院学报*, 21 (2): 50 - 53.
- Nurzynski J, Kepta M, Komosa A, Kozera G. 1990. Seasonal changes of N, P, K, Ca and Mg content in apple tree leaves during vegetation period. *Acta Horticulturae*, 274: 365 - 373.
- Peng Fu-tian, Jiang Yuan-mao. 2006. Characteristics of N, P, and K nutrition in different yield level apple orchards. *Scientia Agricultura Sinica*, 39 (2): 361 - 367. (in Chinese)
- 彭福田, 姜远茂. 2006. 不同产量水平苹果园氮磷钾营养特点研究. *中国农业科学*, 39 (2): 361 - 367.
- Peryea F J. 1990. Whole fruit mineral element composition and quality of harvested 'Delicious' apples. *Journal of Plant Nutrition*, 13 (6): 701 - 711.
- Ramdane Dris, Raina Niskanen, Esmaeil Fallahi. 1999. Relationships between leaf and fruit minerals and fruit quality attributes of apples grown under northern conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 22 (12): 1839 - 1851.
- Ren Ji-hai, Niu Zi-mian, Zhang Fu-shan. 1998. Effect of picking-off leaves and rotate fruit before harvest on fruit quality. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 14 (5): 24 - 26. (in Chinese)
- 任继海, 牛自勉, 张福山. 1998. 采前疏叶转果对苹果品质发育的效应. *中国农学通报*, 14 (5): 24 - 26.
- Siddique M, Siddique M T, Ali S, Javed A S. 2009. Macronutrient assessment in apple growing region of Punjab. *Soil & Environment*, 28 (2): 184 - 192.
- Zhang Li-xin, Zhang Lin-sen, Li Bing-zhi, Han Ming-yu. 2007. Mineral nutrition elements and their roles in growth and development of apple trees in arid areas. *Journal of Northwest Forestry University*, 22 (3): 111 - 115. (in Chinese)
- 张立新, 张林森, 李丙智, 韩明玉. 2007. 旱地苹果矿质营养及其在生长发育中的作用. *西北林学院学报*, 22 (3): 111 - 115.

征 订

《果树钙素营养与生理》

本书是针对目前我国果实品质下降和生理病害日趋严重的现实编写的。全书共分六章, 比较详细地总结了果树缺钙症、果实钙素营养水平的调节, Ca^{2+} 在树体内的运转与分配规律, 钙与花芽分化、花粉萌发和花粉管生长、结实及发育之间的关系, 钙参与果实成熟衰老和抗逆性的调控机制, 以及典型缺钙症——苹果苦痘病研究的评述等。本书由关军锋, [德]索尔编著, 科学出版社2005年7月出版, 可作为大专院校和科研单位的果树学、植物生理学、植物营养学等相关专业人员的参考书。定价: 52元 (含邮费)。

《果品品质研究》

《果品品质研究》由关军锋主编, 是根据我国果品生产发展方向和在果品品质研究日益受到重视的前提下编写的。全书共分五篇, 第一篇系统介绍果品品质的概念、风味物质及绿色果品的生产; 第二篇着重阐述了采前果实品质的发育机理及影响因素, 如生态、水分、激素的调控及果实品质的遗传和改良; 第三篇总结了减少采后果实品质损失的策略及途径, 介绍了重要氧化酶的理化性质; 第四篇分析了主要果实生理病害的发生机理和控制途径; 第五篇介绍了果实品质的数学评价方法和常见果品品质的测定技术。定价: 30元 (含邮费)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街12号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。