

闫忠业,伊 凯,刘 志,等.富士苹果果实主要营养成分含量变化与品质的关系[J].江苏农业科学,2018,46(6):167-169.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.06.043

富士苹果果实主要营养成分含量变化与品质的关系

闫忠业,伊 凯,刘 志,王冬梅,吕天星,杨 锋,张景娥,姜孝军

(辽宁省果树科学研究所,辽宁熊岳 115009)

摘要:以富士、福岛短枝富士为试材,调查果实成熟过程中可溶性固形物、总糖、可滴定酸及主要营养成分含量的变化,并对其相关性进行研究。结果表明,在果实成熟过程中,果实中的可溶性固形物、总糖、硼含量有逐渐增加的趋势,可滴定酸、氮含量有逐渐减少的趋势,磷、钙、镁含量整体也有降低的趋势;富士、福岛短枝富士可溶性固形物、总糖、可滴定酸及主要营养成分含量的变化较为一致;在各个测定时期,福岛短枝富士的氮、硼含量都高于富士,钾含量低于富士;经通径分析,果实固形物含量受磷、硼含量的影响较大,总糖、可滴定酸含量受硼含量的影响较大,品种间也存在差异。

关键词:苹果;可溶性固形物;总糖;可滴定酸;营养成分;富士;福岛短枝富士

中图分类号: S661.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)06-0167-03

矿质营养是苹果(*Malus domestica* Borkh.)生长发育、产量和品质形成的物质基础,各种矿质营养的绝对含量及其之间的相互作用影响果实品质^[1]。现在人们越来越关注果实品质,而目前矿质元素对苹果品质影响的报道多采用施肥、采前喷洒或果实浸泡等方法研究其与果实品质、耐贮性的关系^[2-5]。富士作为我国目前主栽苹果品种,研究其主要营养成分的变化与果实品质的相关性显得日益重要。本试验以苹果品种富士(Fuji)、福岛短枝富士(Fukuhima Spur)为材料,研究果实成熟过程中可溶性固形物、总糖、可滴定酸、主要营养成分含量变化及其之间的关系,这对了解主要营养成分在果实品质形成中的作用、糖代谢及其调控具有重要的理论意义。

1 材料与方法

1.1 材料

10年生富士、福岛短枝富士苹果树,砧木均为山荆子[*Malus baccata* (L.) Borkh.],种植于辽宁省果树所试验园,其中福岛短枝富士苹果是富士苹果的短枝型芽变品种。辽宁省果树所试验园土壤为沙壤土,果园进行清耕管理,有机质含量为1.705%,氮含量为0.64%。

1.2 试验方法

每品种随机选择生长正常的树6株,每2株为1个重复,重复3次。从2004年8月9日开始至苹果成熟期,每隔10 d左右采1次果,每株在东、南、西、北外围各采1个果,每个重复的果实混合取样,测定果实中可溶性固形物、总糖、可滴定酸、氮、磷、钾、钙、镁含量。可溶性固形物含量采用手持测糖

仪法测定;总糖、可滴定酸、氮、磷含量分别采用蒽酮比色法、碱滴定法、微量凯氏定氮法、钼钒黄比色法测定^[6-7];钾、钙、镁含量采用原子吸收分光光度法测定,硼含量采用甲亚胺-H酸法测定^[8]。

1.3 数据统计分析

采用Excel 2007 软件进行作图,采用DPS 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 苹果果实中内含物的变化

2.1.1 可溶性固形物含量 由图1可见,在果实成熟过程中,果实中的可溶性固形物含量呈逐渐增加趋势;在各个测定时期,富士、福岛短枝富士苹果的可溶性固形物含量没有明显差异。

2.1.2 总糖含量 由图2可见,在果实成熟过程中,果实中的总糖含量呈逐渐增加趋势;在各个测定时期,富士、福岛短枝富士苹果的总糖含量没有明显差异。

2.1.3 可滴定酸含量 由图3可见,在果实成熟过程中,富士和福岛短枝富士果实中的可滴定酸含量呈稳步下降趋势,这可以作为果实成熟的一个重要指标。

2.2 苹果果实中不同营养成分含量的变化

2.2.1 氮含量 由图4可见,在果实成熟过程中,果实中的氮含量整体呈下降趋势;在各个测定时期,福岛短枝富士的氮含量都高于富士,但整体看这2个苹果品种的氮含量变化不大。

2.2.2 磷含量 由图5可见,在果实成熟过程中,富士和福岛短枝富士果实中的磷含量变化较为一致,9月6日,果实中的磷含量出现最大值;后果实中磷含量呈逐渐下降趋势,9月27日出现最小值后,果实中的磷含量又有增加趋势。

2.2.3 钾含量 由图6可见,在整个果实成熟过程中,果实中的钾含量变化较为平稳,在各个测定时期,富士果实中的钾含量高于福岛短枝富士;在采收期,富士果实中的钾含量出现急剧下降现象。

收稿日期:2016-09-28

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-28);国家科技支撑计划(编号:2013BAD02B01-4);农业攻关及成果产业化项目(编号:2014201004)。

作者简介:闫忠业(1969—),男,山东蓬莱人,博士,研究员,从事苹果芽变鉴定及机理研究。E-mail: yanzhongye@163.com。

通信作者:刘 志,博士,研究员,从事苹果育种研究。Tel: (0417) 7033412; E-mail: lnliuzhi@163.com。

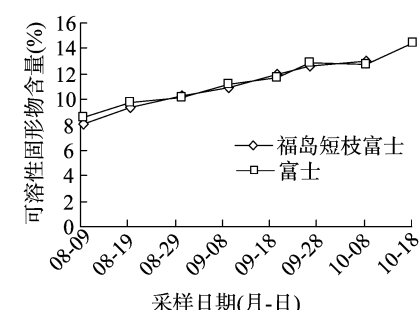


图1 富士系苹果果实中固形物含量的变化

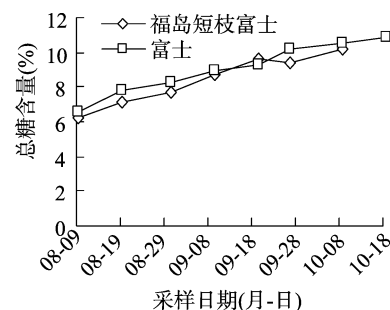


图2 富士系苹果果实中总糖含量的变化

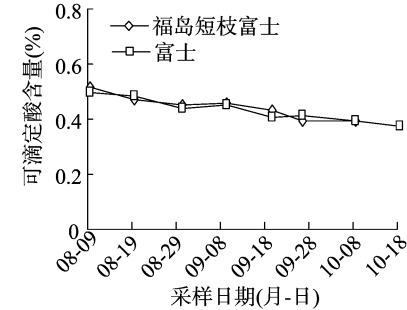


图3 富士系苹果果实中可滴定酸含量的变化

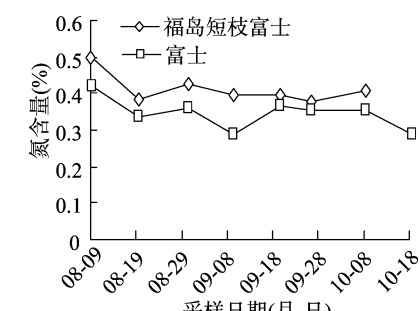


图4 富士系苹果果实中氮含量的变化

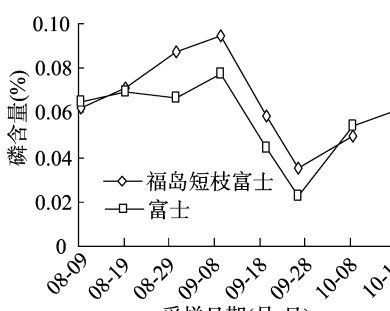


图5 富士系苹果果实中磷含量的变化

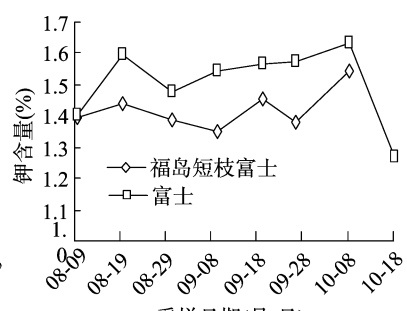


图6 富士系苹果果实中钾含量的变化

2.2.4 钙含量 由图 7 可见,8 月 9 日,福岛短枝富士的钙含量甚微;在整个果实成熟过程中,福岛短枝富士果实中的钙含量在 8 月 19 日达最大值后呈逐渐下降趋势,而富士果实中的钙含量在 8 月 9 日达最大值后整体呈逐渐下降趋势。

2.2.5 镁含量 由图 8 可见,2 个苹果品种果实中的镁含量变化趋势基本一致,8 月 19 日出现 1 个谷值;随后果实中的

镁含量逐渐上升,8 月 30 日达到最大值,后整体呈缓慢下降趋势。

2.2.6 硼含量 由图 9 可见,在果实成熟过程中,2 个苹果品种果实中的硼含量呈逐渐增加趋势;在各个测定时期,福岛短枝富士果实中的硼含量高于富士;富士果实中的硼含量在采收期增加较快。

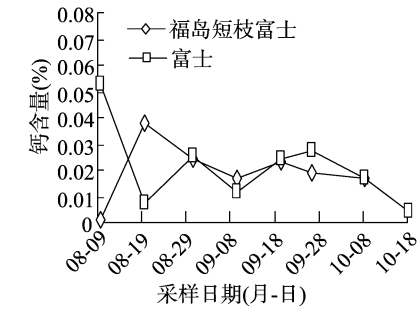


图7 富士系苹果果实中钙含量的变化

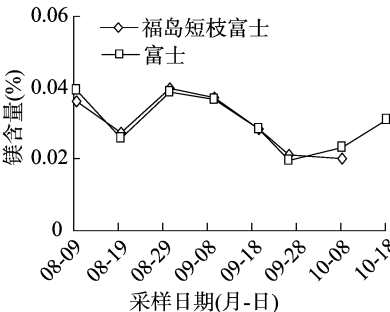


图8 富士系苹果果实中镁含量的变化

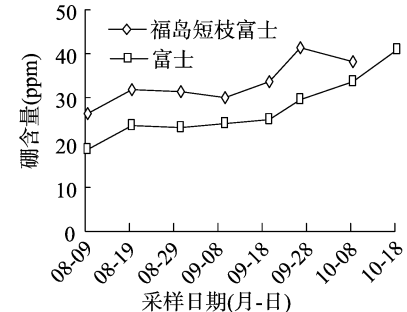


图9 富士系苹果果实中硼含量的变化

2.3 果实品质与矿质元素含量变化的关系

2.3.1 果实中可溶性固形物的含量与矿质元素含量的相关性 通过 DPS 逐步回归方法,对果实中的可溶性固形物含量与营养元素含量动态变化进行相关性分析。由表 1 可见,果

实中的可溶性固形物含量与氮、磷、镁含量呈显著负相关,与硼含量呈显著正相关($P<0.05$);由途径方程可知,果实固形物含量受磷、硼含量的影响相对较大,富士还受氮含量的影响。

表 1 苹果果实中可溶性固形物含量与矿质元素含量的相关性

| 品种 | N 含量 | P 含量 | K 含量 | Ca 含量 | Mg 含量 | B 含量 | 途径方程 | 决定系数 |
|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|-------------------------------------|------|
| 富士 | -0.63 * | -0.46 * | -0.17 | -0.56 * | -0.57 * | 1.03 * | $Y=13.06-13.05X_1-38.17X_2+0.19X_6$ | 0.97 |
| 福岛短枝富士 | -0.67 * | -0.47 * | 0.48 * | 0.188 | -0.70 * | 0.97 * | $Y=-3.78+25.12X_2+0.39X_6$ | 0.82 |

注:Y、X₁、X₂、X₃、X₄、X₅、X₆ 分别表示果实中的可溶性固形物、N、P、K、Ca、Mg、B 含量;“*”表示果实中可溶性固形物含量与矿质元素含量相关性显著($P<0.05$)。

2.3.2 富士系苹果糖含量与果实中矿质元素含量相关性 由表 2 可见,果实中的糖与氮、磷、镁含量呈显著负相关,与硼

含量呈显著正相关($P<0.05$);由途径方程可知,果实中的糖含量受硼含量的影响相对较大,富士苹果糖含量还受钾含量

表 2 苹果果实中糖含量与矿质元素含量的相关性

| 品种 | N 含量 | P 含量 | K 含量 | Ca 含量 | Mg 含量 | B 含量 | 通径方程 | 决定系数 |
|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|----------------------------------|------|
| 富士 | -0.63 * | -0.46 * | -0.01 | -0.60 * | -0.62 * | 1.00 * | $Y = -2.11 + 3.57X_3 + 0.21X_6$ | 0.91 |
| 福岛短枝富士 | -0.64 * | -0.39 * | 0.49 * | 0.15 | -0.65 * | 0.87 * | $Y = -2.55 + 21.12X_2 + 0.29X_6$ | 0.67 |

注:Y、X₁、X₂、X₃、X₄、X₅、X₆ 分别表示果实中的糖、N、P、K、Ca、Mg、B 含量;“*”表示果实中糖含量与矿质元素含量相关性显著($P < 0.05$)。

的影响,福岛短枝富士苹果糖含量则还受磷含量的影响。

2.3.3 富士系苹果可滴定酸含量与果实中矿质元素含量相关性 由表 3 可见,果实中的可滴定酸含量与氮、磷、镁含量

呈显著正相关,与硼含量呈显著负相关($P < 0.05$);由通径方程可知,果实中的可滴定酸含量受硼、磷含量的影响相对较大。

表 3 苹果果实中可滴定酸含量与矿质元素含量的相关性

| 品种 | N 含量 | P 含量 | K 含量 | Ca 含量 | Mg 含量 | B 含量 | 通径方程 | 决定系数 |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------------------------------|------|
| 富士 | 0.47 * | 0.45 * | 0.18 | 0.46 * | 0.44 * | -0.97 * | $Y = 0.54 + 0.55X_2 - 0.01X_6$ | 0.82 |
| 福岛短枝富士 | 0.69 * | 0.53 * | -0.49 * | -0.29 | 0.76 * | -1.05 * | $Y = 0.81 - 0.55X_2 - 0.01X_6$ | 0.94 |

注:Y、X₁、X₂、X₃、X₄、X₅、X₆ 分别表示果实中的可滴定酸、N、P、K、Ca、Mg、B 含量; * 表示果实中可滴定酸含量与矿质元素含量相关性显著($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

在苹果果实成熟阶段,富士和福岛短枝富士果实中的可溶性固形物、总糖、硼含量有逐渐增加的趋势,可滴定酸、氮、镁含量有逐渐减少的趋势,而磷、镁、钙含量在 2 个品种间的变化差异相对较大,但整体有下降趋势;果实中的可溶性固形物、糖含量与氮、磷、镁含量呈显著负相关($P < 0.05$),与硼含量呈显著正相关,果实中的可溶性固形物含量受磷、硼含量的影响相对较大、糖含量受硼含量的影响较大,富士苹果糖含量还受钾含量的影响,福岛短枝富士苹果则还受磷含量的影响;果实中的可滴定酸含量与氮、磷、镁含量呈显著正相关,与硼含量呈显著负相关($P < 0.05$),果实中可滴定酸含量受硼、磷含量的影响相对较大。矿质元素的这些变化规律在梨、山楂、李、葡萄上均有相关报道^[6-10],本试验结果与之基本一致。

王冬梅等研究发现,果实与叶片中的矿质元素变化有较为明显的差异^[11];韩秀梅等认为,红富士苹果 5 月份和 8 月份的叶片矿质元素含量与成熟果实矿质元素含量的相关性较高^[12];张小燕等发现,苹果的矿质元素、糖、酸含量随品种及栽培方式的不同,会表现出丰富的遗传多样性^[13]。徐慧等研究表明,磷对苹果果实单果质量、可溶性固形物含量和果肉硬度的正直接作用相对最大;镁对果实单果质量的负直接作用相对最大;氮对可溶性固形物含量、果肉硬度的负直接作用相对最大;锰对可滴定酸含量具有相对最大的负直接作用^[14]。因此,苹果果实的生长发育和品质形成受到各种矿质元素的协同调控。钙、钾含量高,苹果果实的肉质好、耐贮藏,具有良好的风味品质^[2]。本研究结果表明,富士果实中的钙、钾含量一直高于福岛短枝富士,这正可以解释富士口感为何要略优于其芽变品种福岛短枝富士。硼与核酸代谢、碳水化合物代谢、蛋白质代谢、吡唑乙酸代谢有关^[15-17],这些代谢影响果实中总糖、可滴定酸含量,因而果实中的硼含量与果实的风味品质有明显的相关性。

参考文献:

[1] 胡志群,李建光,王惠聪. 不同龙眼品种果实品质和糖酸组分分析[J]. 果树学报,2006,23(4):568-571.
[2] 李宝江,林桂荣,刘凤君. 矿质元素含量与苹果风味品质及耐贮

性的关系[J]. 果树科学,1995,12(3):141-145.
[3] Fallahi E, Fellman J K. Optimizing nitrogen for improving yield and fruit quality of ‘Redspur Delicious’ apple[J]. HortScience, 1996, 31(4):613.
[4] Terence L R, Warren S. Effect of source and timing of potassium fertilizer on ‘empire’ apple tree growth, yield, and fruit quality[J]. HortScience, 2000, 35(3):481.
[5] 顾曼如,束怀瑞,曲桂敏,等. 红星苹果果实的矿质元素含量与品质关系[J]. 园艺学报,1992,19(4):301-306.
[6] 陈艳秋,曲柏宏,牛广才,等. 苹果梨果实矿质元素含量季节变化规律[J]. 延边大学农学报,2000,6(2):109-111.
[7] 宁婉娟,吴国良. 梨树体内矿质元素分布变化规律[J]. 山西农业科学,2009,37(7):37-39.
[8] 齐秀娟,徐善坤,李作轩,等. 山楂果实发育期矿质元素和色素含量的动态变化及相关关系[J]. 果树学报,2006,23(2):214-217.
[9] 潘芝梅,徐金刚,卢刚,等. 李果实发育期矿质元素和果皮花青素含量的变化规律及相关性分析[J]. 浙江林业科技,2009,29(4):21-24.
[10] 韩建国,吴峰敏,董铁有. 葡萄叶和果实中矿质元素含量的测定[J]. 安徽农业科学,2009,37(20):9453-9454,9458.
[11] 王冬梅,刘志,王颖达,等. 3 个苹果品种叶片矿质营养变化及其相关性研究[J]. 中国农学通报,2015,31(4):113-118.
[12] 韩秀梅,向青云,吴亚维,等. 威宁红富士苹果主要矿质元素的含量[J]. 贵州农业科学,2011,39(11):194-196,201.
[13] 张小燕,陈学森,彭勇,等. 新疆野苹果矿质元素与糖酸组分的遗传多样性[J]. 园艺学报,2008,35(2):277-280.
[14] 徐慧,陈欣欣,王永章,等. 富士苹果果实矿质元素与品质指标的相关性与通径分析[J]. 中国农学通报,2014,30(25):116-121.
[15] Loomis W D, Durst R W. Chemistry and biology of boron[J]. BioFactors, 1992, 3(4):229-239.
[16] Goldbach H E. A critical review on current hypotheses concerning the role of Boron in higher plants; suggestions for further research and methodological requirements[J]. J Trace Micr Techn, 1997, 15(1):51-91.
[17] Goldbach H E, Yu Q, Wingender R, et al. Rapid response reactions of roots to boron deprivation[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2015, 164(2):173-181.