

研究报告 Original Papers

硬肉桃果实成熟前后几种矿质元素的含量变化及其与果实硬度的关系

唐冰心, 段艳欣, 董晓颖, 李志军, 李培环*

青岛农业大学园林园艺学院, 山东青岛266109

摘要: 比较桃品种‘川中岛白桃’和‘双久红’成熟前后20 d内果肉硬度与几种矿质元素之间关系的结果表明: 两品种桃在成熟前后20 d内, P、Mg、Zn、Cu的含量均持续下降, N、Fe、Mn的含量则均呈上升趋势。相关分析表明, 果实硬度与P、Mg、Zn、Cu的含量呈极显著正相关, 与N和Fe含量呈极显著负相关; 而Mn含量与‘川中岛白桃’果实硬度呈极显著负相关, 与‘双久红’果实硬度呈显著负相关。

关键词: 硬肉桃; 果实硬度; 矿质元素含量

Changes of Several Mineral Element Contents and Their Relation to Firmness in Crisp Peach (*Prunus persica* L.) Fruits before and after Ripening

TANG Bing-Xin, DUAN Yan-Xin, DONG Xiao-Ying, LI Zhi-Jun, LI Pei-Huan*

College of Landscape and Horticulture, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109, China

Abstract: Fruits of crisp peach (*Prunus persica*) ‘Kawanakajima Hakuto’ and ‘Shuangjiuhong’ were used to investigate the changes in fruit firmness and several mineral element contents during 20 d before and after ripening. The results showed that P, Mg, Zn and Cu contents continuously decreased while N, Fe and Mn contents increased. Correlation analysis showed that there was markedly positive correlation among the fruit firmness, P, Mg, Zn and Cu contents, and markedly negative correlation among the fruit firmness, N and Fe contents. The content of Mn had significantly negative correlation with fruit firmness of peach ‘Kawanakajima Hakuto’ at level of 0.01, while it had significantly negative correlation with fruit firmness of peach ‘Shuangjiuhong’ at level of 0.05.

Key words: crisp peach; fruit firmness; mineral element contents

我国生产中栽培的桃品种大多数存在成熟后果实变软快、货架期短、贮运性差、效益不高等问题, 严重影响了桃果实的市场供应期和桃树栽培的总体效益。因此, 选育成熟后硬肉、变软慢、耐贮运、优质的桃新品种是桃树育种的重要目标。前人的研究表明, 乙烯是一种重要的成熟软化激素, 在桃果实的成熟软化过程中起作用。而一些元素如硫是乙烯合成前体内的组成成分; 一些元素如铁、钴等作为乙烯合成途径中酶的辅基或抑制剂影响酶的活性从而调节乙烯合成; 而另一些元素如铜、锌等则是通过脂质氧化形成乙烯的途径影响乙烯的生成(张静和马国瑞 1996)。但这些研究多是在果实采后贮藏期间进行的, 而对硬肉桃果实成熟前后在常温条件下矿质元素的变化及其与果实

硬度关系的研究甚少。‘双久红’是一个综合性状优良的硬肉桃新品种, 具有成熟后长期(30 d)挂树、果实硬度大、变软慢和耐贮运的特点(董晓颖等 2006)。本文以其果实为试材, 以常规品种‘川中岛白桃’为对照, 分别对两品种果实成熟前后20 d内的果肉硬度、N、P、Mg、Fe、Zn、Cu等几种矿质元素的含量变化进行了测定, 比较两品种桃果实成熟前后几种矿质元素的含量变化与果实的关系, 旨在探讨硬肉桃新品种‘双久红’果实成熟后矿质元素的变化规律, 为硬肉桃新品种的选育提供

收稿 2009-11-23 修定 2010-02-02

资助 国家青年科学基金项目(30900976)。

* 通讯作者(E-mail: dxylph@163.com; Tel: 0532-86080193)。

参考。

材料与方法

试验于2008年7月~2009年10在本校园林园艺学院进行。两品种桃(*Prunus persica* L.)果实均采自山东省临朐县龙岗镇双埠村桃试验园。随机区组设计,每一品种桃选10株生长势基本一致的树进行取样。从成熟(成熟期以两品种各自果实的发育天数计算:‘川中岛白桃’120 d,‘双久红’130 d)前20 d开始,每隔5 d取样一次,直到成熟后20 d结束。每次随机取结果部位相同、成熟期一致的果实,洗净,去除果皮和果核后将果肉切片,放入烘箱中,先用105 °C处理30 min,再改用80 °C处理24 h至恒重,然后放入干燥器中待用。

测定果实硬度时,每次每品种现场选取果实5个,削去果实胴部的皮,用HHP-2001型果实硬度计测定,重复3次,果实硬度为15个硬度值的平均值。测定N和P含量时,准确称取过0.149 mm孔径筛的果实干样 0.5×10^{-3} kg置于50 mL消煮管中,以少量水润湿后,加混酸(浓 $H_2SO_4:HClO_4=10:1$) 15 mL,在管口放上弯颈小漏斗,在远红外消煮炉中加热,加热至冒白烟,液体变为无色透明为止,然后转到100 mL容量瓶中定容。N的测定采用靛酚蓝比色法;P的测定采用钼锑抗比色法。测定Mg、Fe、Zn、Cu、Mn等矿质元素时,参照庄伊美(1994)的方法,称取烘干的果实干样 1.0×10^{-3} kg左右,放入马福炉,在550 °C下灰化4 h,待冷却后加入1 mL酸液($HNO_3:HClO_4=5:1$)硝化,再用去离子水定容至25 mL,用原子吸收法测定。

实验结果

1 果实成熟前后果肉硬度的变化

由图1可见,‘双久红’和‘川中岛白桃’果实成熟前的硬度均快速下降,分别从成熟前20 d的15.63800和14.91259 $kg \cdot cm^{-2}$ 降至成熟时的8.814286和7.929388 $kg \cdot cm^{-2}$,此期间二者的硬度变化差异不显著($P>0.05$)。从成熟至成熟后20 d,‘双久红’果实的硬度下降较慢,一直保持较高的水平,而‘川中岛白桃’果实的硬度迅速下降,至成熟20 d时降为1.05 $kg \cdot cm^{-2}$,此期间‘双久红’果实的

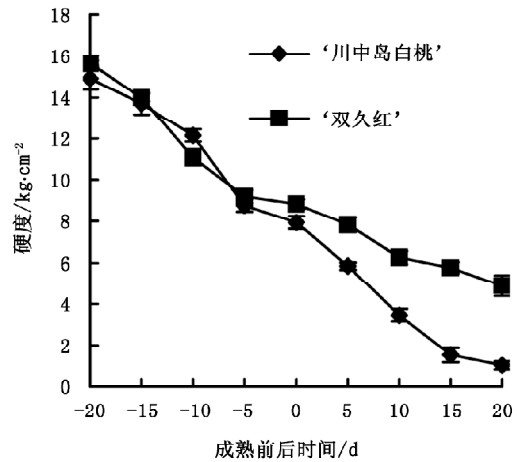


图1 两品种桃果实的硬度变化

Fig.1 Changes of fruit firmness in two peach cultivars

横坐标的负数表示果实成熟前,正数表示果实成熟后。图2~4 同此。

硬度始终高于‘川中岛白桃’果实的硬度,两者硬度差异极显著($P<0.01$)。

2 两品种桃果实成熟前后N和P含量的变化及其与果实硬度的关系

图2表明:(1)两品种桃果实的N含量随成熟均呈现持续上升的趋势。成熟前,两品种桃果实的N含量上升幅度较为平缓,两者差异不显著($P>0.05$);成熟后,‘川中岛白桃’果实的N含量上升幅度较大,而‘双久红’变化仍然平缓,两者差异显著($P<0.05$)。(2)两品种桃果实成熟前后的P的含量均呈下降趋势,而且‘双久红’果实中P的含量始终高于‘川中岛白桃’的。‘川中岛白桃’果实中P的含量下降平缓,而‘双久红’果实中P的含量成熟后迅速下降,下降幅度是‘川中岛白桃’的1.4倍。相关性分析得知,‘川中岛白桃’的果肉硬度与N的含量呈极显著负相关($r=-0.97$),与P的含量呈极显著相关($r=0.96$)。‘双久红’的果肉硬度与N的含量呈极显著负相关,与P含量呈极显著相关(r 分别为-0.96和0.94)。

3 两品种桃果实成熟前后Fe和Mn含量的变化及其与果实硬度的关系

由图3可以看出:(1)两品种桃果实成熟前后Fe的含量均呈上升趋势,成熟前,两品种桃果实的Fe含量差异不显著($P>0.05$),成熟后5 d,‘川中岛白

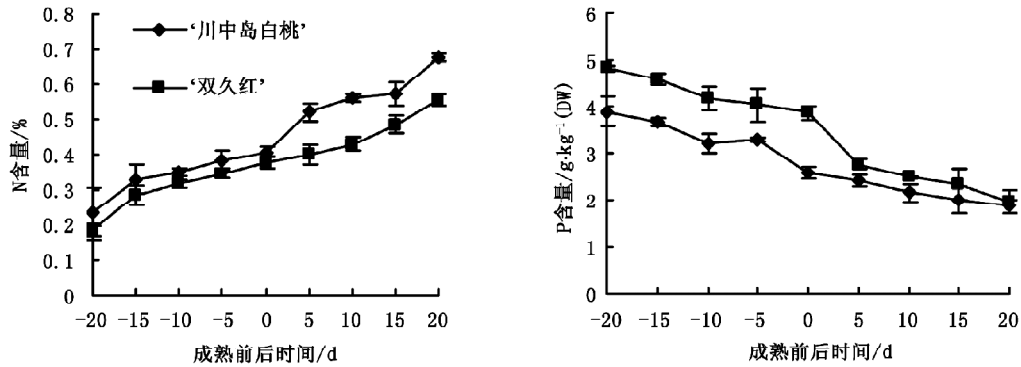


图2 两品种桃果实 N 和 P 含量的变化

Fig.2 Changes of N and P contents in two peach cultivars

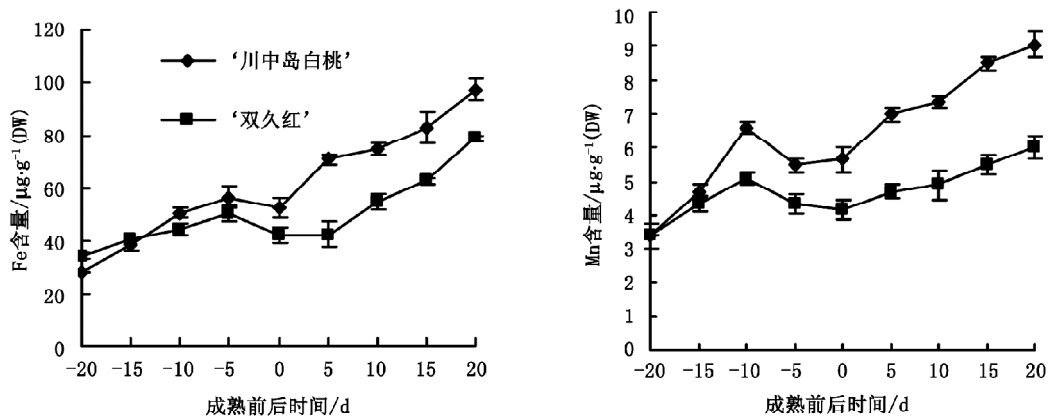


图3 两品种桃果实 Fe 和 Mn 含量的变化

Fig.3 Changes of Fe and Mn contents in two peach cultivars

桃’果实中 Fe 的含量突然大幅度升高, 此后其果实中 Fe 的含量都显著($P < 0.05$)高于‘双久红’的, ‘双久红’在成熟前后的上升幅度仅为‘川中岛白桃’果实的 0.65。(2)两品种桃果实成熟前后 Mn 含量的变化均呈上升的趋势, 但‘川中岛白桃’果实中的 Mn 含量始终高于‘双久红’的。‘川中岛白桃’果实中的 Mn 含量由成熟前 20 d 的 $3.3910 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (DW) 上升到成熟后 20 d 的 $9.0426 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (DW), 而‘双久红’果实中的 Mn 含量仅由成熟前 20 d 的 $3.3910 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (DW) 上升到成熟后 20 d 的 $6.0284 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (DW)。(3)‘川中岛白桃’果实中的 Mn 含量升幅是‘双久红’的 2.14 倍。‘川中岛白桃’的果肉硬度与 Fe ($r = -0.97$) 和 Mn ($r = -0.91$) 的含量均呈极显著负相关, ‘双久红’的果肉硬度与 Fe 的含量呈极显著负相关($r = -0.81$), 与 Mn 含量呈显著负相关($r = -0.79$)。

4 两品种桃果实成熟前后 Mg、Zn、Cu 含量的变化及其与果实硬度的关系

图 4 表明: 两品种桃果实成熟前后的 Mg、Zn、Cu 的含量均呈现下降的趋势, 这与果实的硬度变化趋势是一致的。‘双久红’果实中的 Mg、Zn、Cu 的含量均下降较平缓, ‘川中岛白桃’的下降幅度则较大, 其中 Mg 含量的下降幅度是‘双久红’的 1.2 倍, Cu 和 Zn 含量的下降幅度是均为‘双久红’的 1.3 倍。成熟前‘川中岛白桃’果实中的 Zn 含量显著($P < 0.05$)高于‘双久红’的; 而在成熟后, 两品种桃果实中 Zn 的含量差别不大, 且两者差异不显著($P > 0.05$)。这与‘双久红’果实成熟后变软慢而‘川中岛白桃’变软快的结果相吻合。相关分析表明, 两品种桃的果实硬度与 Mg、Zn、Cu 的含量均为极显著相关。‘川中岛白桃’的果肉硬度与 Mg、Zn、

Cu 的含量相关系数分别为 $r=0.95$ 、 $r=0.92$ 和 $r=0.87$; 而‘双久红’的果肉硬度与 Mg、Zn、Cu 的含量相关系数分别为 $r=0.94$ 、 $r=0.89$ 和 $r=0.87$ 。

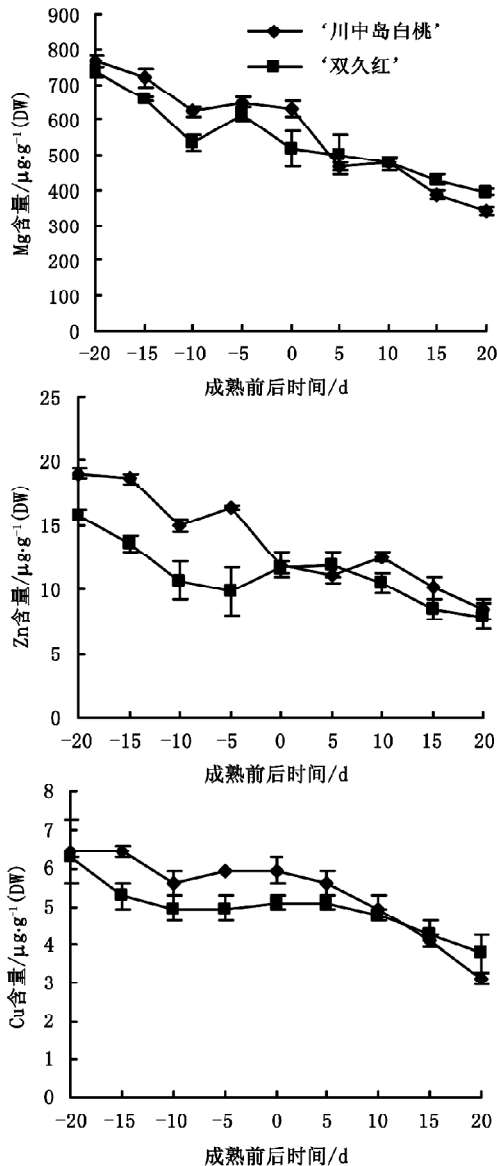


图4 两品种桃果实 Mg、Zn 和 Cu 含量的变化
Fig.4 Changes of Mg, Zn and Cu contents
in two peach cultivars

讨 论

桃为典型的呼吸跃变型果实。果实硬度是反映果实软化的重要外在指标,呼吸跃变型果实成熟期间最显著的变化特征就是果实硬度的变化(刘炳

辉等 2008)。成熟前两品种桃果实硬度差异不显著 ($P>0.05$), 成熟后‘双久红’硬度下降幅度明显低于‘川中岛白桃’的, 两者硬度差异极显著 ($P<0.01$)。

N、P 和植株体内乙烯的形成有密切关系。Drew 等(1989)报道, N 和 P 缺乏会明显降低植物体内乙烯、ACC 的含量和 ACC 合成酶与乙烯合成酶 (EFE) 的活性, 致使乙烯的合成速率明显减缓。本结果表明, 两品种桃 N 的含量与果实硬度呈极显著负相关, P 的含量则与果实硬度呈极显著相关。成熟后, 随着‘川中岛白桃’果实中 N 含量的大幅升高, 果实硬度快速下降, 致使果实快速软化; 而‘双久红’的 P 含量一直显著高于‘川中岛白桃’的, 且下降幅度较大, 可能致使‘双久红’的 P 含量缺乏, 降低了乙烯等的含量, 致使果实硬度下降缓慢。

Bouzayen 等(1991)报道, 在 ACC 向乙烯的转化过程中, Fe^{2+} 明显促进乙烯合成酶的活性。随着研究的深入, 现已证实乙烯合成酶的活性是依赖于 Fe^{2+} 、抗坏血酸和 CO_2 。 Fe^{2+} 作为酶的辅基而存在, 因而铁可以促进乙烯的合成。 Mn^{2+} 可能有利于脂氧合酶等结合在膜上, 致使 O_2^- 生成量增加。Mn 可能使植物体内过氧化物酶 (POD) 体系氧化, POD 活性的增加还可以导致生长素的氧化分解, 形成 ACC 和乙烯(张静和马国瑞 1996)。本实验中, 两品种桃果实成熟前后的 Fe、Mn 的含量均呈上升趋势, 随着 Fe、Mn 含量的增长, 乙烯合成酶和 POD 的活性可能增加, 促使果实硬度下降从而加速果实软化。在整个成熟过程中, ‘双久红’果实中的 Fe、Mn 含量均低于‘川中岛白桃’的, 所以果实成熟后一直保持较高的硬度。

有研究表明, 缺 Mg 也可能引起逆境乙烯的产生(张福锁 1993)。Cu 是通过影响细胞膜的完整性, 诱导生物自由基的产生而促使细胞膜过氧化并促进 ACC 转化为乙烯的(Sandmann 和 Boger 1980; Pennazio 和 Roggero 1991)。Cakmak 和 Marschner (1988) 的研究表明, Zn 能够稳定膜蛋白的结构和功能, 降低 NADPH 氧化酶和 POD 的活性而提高超氧化物歧化酶的活性, 最终减少 O_2^- 的数量, 从而间接地影响乙烯的含量。本文结果表明, 随着果实的成熟, 两品种桃果实中 Mg、Zn、Cu 的含量均呈

下降趋势。Mg、Zn、Cu含量的下降可能促使细胞膜过氧化,促进细胞膜透性的增加,并可能引起自由基(特别是 O_2^- 和 H_2O_2)的大量产生和累积,引发乙烯的产生。而‘川中岛白桃’果实中的Mg、Zn、Cu的含量下降幅度都大于‘双久红’的,因此‘川中岛白桃’细胞膜透性和乙烯的含量将高于‘双久红’的,从而致使‘川中岛白桃’果实成熟后软化快,硬度快速下降,而‘双久红’的硬度下降慢。

参考文献

- 陈新之(1993). 土壤分析实验指导. 沈阳: 沈阳农业大学出版社, 24~28
- 董晓颖, 李培环, 刘成连, 王永章, 原永兵, 王兆成(2006). 桃长采收期新品种双久红的选育. 中国果树, (2): 3~5
- 刘炳辉, 董晓颖, 李志军, 李培环, 王永章(2008). 硬肉桃果实成熟前后几种与果实软化相关的生理指标的变化. 植物生理学通讯, 44 (5): 887~890
- 张福锁主编(1993). 环境胁迫与植物育种. 北京: 农业出版社, 71~100
- 张静, 马国瑞(1996). 矿质元素和植物体内乙烯形成的关系. 植物营养与肥料学报, (2): 97~102
- 庄伊美(1994). 柑橘营养与施肥. 北京: 农业出版社
- Bouzayen M, Felix G, Latche A, Ped JC, Boller T (1991). Iron: an essential cofactor for the conversion of l-aminocyclopropane-l-carboxylic acid to ethylene. *Planta*, 184: 244~247
- Cakmak I, Marschner H (1988). Enhanced superoxide radical production in roots of zinc-deficient plants. *J Exp Bot*, 39: 1446~1460
- Drew MC, He C, Morgan PW (1989). Decreased ethylene biosynthesis, and induction of aerenchyma, by nitrogen- or phosphate-starvation in adventitious roots of *Zen mays* L. *Plant Physiol*, 91: 266~271
- Pennazio S, Roggero P (1991). Rapid ethylene production in soybean in response to cupric ion. *Ann Bot*, 67 (3): 247~249
- Sandmann G, Boger P (1980). Copper-mediated lipid peroxidation processes in photosynthetic membranes. *Plant Physiol*, 66: 797~800