

# 采后苹果果实 Ca, Mg, K 元素的再分配\*

关军锋

马智宏

(河北省农林科学院农业物理生理生化研究所, 石家庄 050051)(河北省农业技术师范学院果树生理研究室, 昌黎 066600)

**摘 要** 以金冠、新红星、富士、碣石红四个苹果品种为试材, 分析结果表明, 果皮的 Ca, Mg 含量较高, 近果心果肉次之, 近果皮果肉最低; 近果心果肉中 K 含量最高, 果皮最低。在室温贮藏过程中, 金冠和新红星苹果果肉硬度下降快, 果皮和果肉中 Ca 含量、果皮中 Mg 含量有明显的增加现象, K 含量的变化相对较小, 而富士和碣石红苹果果肉硬度下降较慢, 没有明显的 Ca, Mg, K 元素再分配现象。

**关键词** 苹果 钙 镁 钾 元素再分配

**中图分类号** S661.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7091(1999)增刊-0079-04

离体植物器官存在着物质再分配现象<sup>[1]</sup>, 在苹果果实冷藏过程中, 果心部分 Ca 含量减少, 而近果皮果肉中 Ca 含量增加, 苦痘病的发生与这种变化有关<sup>[2~6]</sup>, 但关于在常温下果实自然衰老过程中, 不同品种果皮、果肉中 Ca, Mg, K 含量变化的研究尚未见报道。本研究以金冠、新红星、富士和碣石红四个苹果品种为试材, 分析了果皮、近果皮果肉和近果心果肉各部位 Ca, Mg, K 含量, 以期探讨这些元素在果实衰老时的作用。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

于成熟期自河北昌黎果树研究所采集金冠(9月23日)、新红星(9月29日)、富士(10月10日)和碣石红(10月10日)苹果, 采后立即置于室温  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  下贮藏。

### 1.2 方法

**硬度:** 用硬度计测定去皮果肉硬度。

**Ca, Mg, K 含量:** 沿纵切方向取果皮、近果皮果肉(厚 1 cm)、近果心果肉(厚 1 cm), 剪碎,  $105^\circ\text{C}$  杀酶 10 min,  $65^\circ\text{C}$  烘干至恒重, 粉碎后, 各组织干样用  $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$  (3:1) 消化, 原子吸收分光光度法测定 Ca, Mg 含量, 火焰光度法测定 K 含量<sup>[7]</sup>, 每组用果 8~10 个, 重复取样 3 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 硬度

1999-05-17 收稿。

\* 河北省教委博士基金资助课题。

作者简介: 关军锋, 男, 1966 年生, 副教授, 博士, 主要从事果树生理研究工作。

果肉硬度下降是果实衰老的重要表现,随采后时间延长,果肉硬度逐渐下降,金冠和新红星苹果果肉硬度下降快,而富士和碣石红苹果则下降缓慢(图1)说明富士和碣石红品种耐贮藏。

## 2.2 Ca 含量

苹果各部位 Ca 含量(以干重计)以果皮中最高,其次为近果皮果肉,最后是近果皮果肉。从不同时期变化规律上看,苹果果皮中 Ca 含量呈增加趋势,金冠、新红星苹果表现较为明显,富士、碣石红的果皮变化幅度较小,但四个品种果肉中 Ca 含量的变化有差别,金冠、新红星苹果的

近果皮果肉、金冠近果皮果肉有较明显高的 Ca 含量增加现象,相对来说,富士、碣石红苹果的变化很小(图2)。

## 2.3 Mg 含量

苹果各部位 Mg 含量的差异与 Ca 相似,但同一部位的 Mg 含量低于 Ca 含量。金冠、新红星的果皮中 Mg 含量增加较明显,果肉变化很小,富士和碣石红苹果果皮、果肉中 Mg 含量的

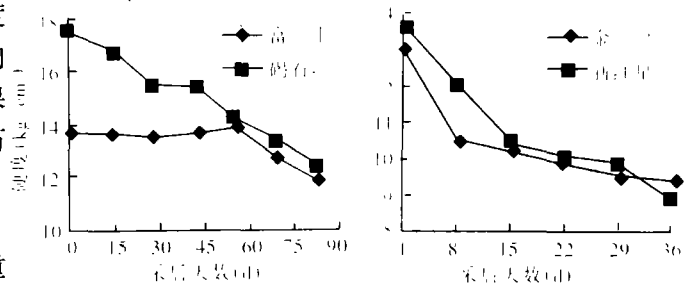


图1 苹果果实硬度的变化

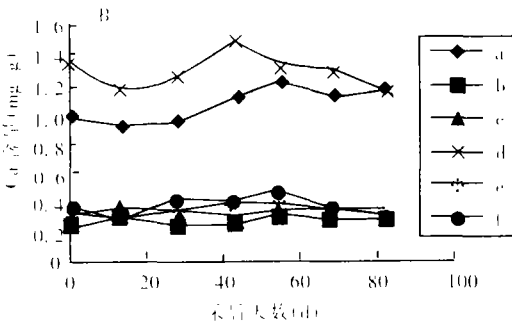
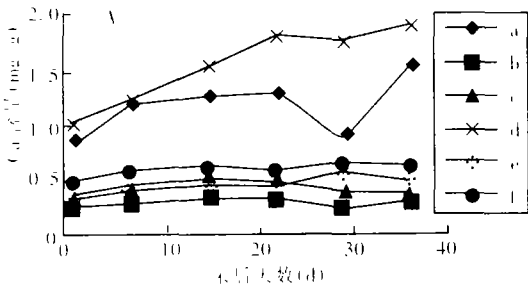


图2 苹果果实的 Ca 含量(以干重计)变化

a,d:果皮 b,e:近果皮果肉 c,f:近心果肉  
A(a,b,c):金冠 A(d,e,f):新红星  
B(a,b,c):富士 B(d,e,f):碣石红

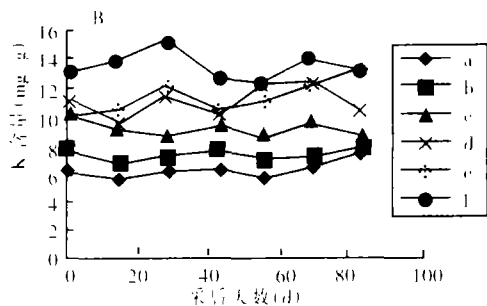
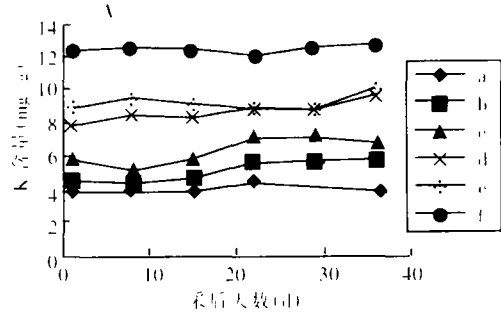


图3 苹果果实的 K 含量(以干重计)变化

a,c:果皮 b,e:近果皮果肉 c,f:近心果肉  
A(a,b,c):金冠 A(d,e,f):新红星  
B(a,b,c):富士 B(d,e,f):碣石红

变化很小(表 1,2)。

表 1 金冠、新红星苹果的果皮、果肉中 Mg 含量

mg/g

品 种	部 位	采 后 天 数 (d)					
		1	8	15	22	29	36
金 冠	果 皮	0.63	0.67	0.87	1.00	1.27	1.05
	近皮果肉	0.22	0.23	0.22	0.25	0.24	0.24
	近心果肉	0.25	0.26	0.29	0.32	0.29	0.28
新红星	果 皮	0.92	1.13	1.14	1.32	1.17	1.35
	近皮果肉	0.31	0.31	0.30	0.32	0.31	0.37
	近心果肉	0.45	0.41	0.38	0.39	0.36	0.39

表 2 富士、碣石红苹果的果皮、果肉中 Mg 含量

mg/g

品 种	部 位	采 后 天 数 (d)						
		0	14	28	43	55	69	83
富 士	果 皮	1.03	0.92	0.93	0.99	0.86	1.04	1.05
	近皮果肉	0.24	0.23	0.24	0.25	0.23	0.25	0.26
	近心果肉	0.29	0.25	0.26	0.27	0.27	0.28	0.27
碣石红	果 皮	0.94	0.98	0.99	0.91	0.92	0.98	0.93
	近皮果肉	0.24	0.25	0.26	0.24	0.29	0.27	0.24
	近心果肉	0.30	0.29	0.31	0.26	0.38	0.26	0.25

## 2.4 K 含量变化

苹果果实中近果心果肉 K 含量最高,其次是近果皮果肉,最后是果皮。不同时期 K 含量变化幅度很小,除金冠苹果果皮、近果心果肉和碣石红果皮、果肉 K 含量有暂时升高外,其余品种和部位无明显变化(图 3)。

## 3 讨论

本研究表明,苹果果实各部位 Ca, Mg, K 含量存在着明显梯度分布,果皮 Ca, Mg 最高,近心区果肉 Ca, Mg 次之, K 元素则以近心果肉中最高,与前人研究结果相一致<sup>[8,9]</sup>。

从苹果果实各部位 Ca, Mg, K 的变化来看,在贮藏后期,不同品种果皮均积累 Ca(图 2, 3),这与果实冷藏期间表现出相似的变化规律<sup>[3~6]</sup>,而不同品种的果肉 Ca 变化模式不同,不耐贮藏的品种有较明显的 Ca 积累现象,这说明在贮藏时苹果果实 Ca 发生了再分配,这种再分配的机制尚不清楚<sup>[3~6]</sup>。由于 Ca, Mg, K 元素移动性能不同; K 是容易移动的元素,并在贮藏中不表现出随果实衰老而骤然增、减的现象; Ca, Mg 是难移动元素,在易软化品种果肉上表现出较明显的积累现象。由于 Ca 的吸收分配需要能量<sup>[10]</sup>,因此这种元素再分配现象可能是能量代谢的结果。这种元素再分配不仅与物质交换,而且可能与信息传递有密切关系。Ca 在延缓果实衰老中起有重要作用<sup>[3,6]</sup>,果肉硬度下降和不同部位 Ca 含量再分配的关系,值得进一步研究。

## 参 考 文 献

- 1 蔡可. 衰老器官细胞内含物的转移及其激素调控. 见: 余叔文主编. 植物生理与分子生物学. 北京: 科学出版社. 1992, 333~339
- 2 Bramlage W J, Drake M, Baker J H. Changes in calcium level in apple cortex tissue shortly before harvest and during postharvest storage. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 1979, 10: 417~426
- 3 Ferguson I B, Watkins C B. Cation distribution and balance in apple fruit in relation to calcium treatments for bitter pit. *Sci Hort*, 1983, 19: 301~310
- 4 Perring M A. Incidence of bitter pit in relation to the calcium content of apples: problems and paradoxes, a review. *J Sci Food Agric*, 1986, 37: 591~606
- 5 Perring M A. Apple fruit quality in relation to fruit chemical composition. *Acta Hort*, 1989, 258: 365~372
- 6 Perring M A, Pears K. Incidence of bitter pit in relation to the calcium content of apples: calcium distribution in the fruit. *J Sci Food Agric*, 1986, 37: 709~718
- 7 全月澳, 周厚基. 果树营养诊断法. 北京: 农业出版社, 1982
- 8 Faust M, Shear C B, Smith C B. Investigations of corking disorders of apple. I Mineral element gradients in 'York Imperial' apples. *Proc Amer Soc Hortic Sci*, 1967, 91: 69~72
- 9 Lewis T L. The rate of uptake and longitudinal distribution of potassium, calcium and magnesium in the flesh of developing apple fruits of nine cultivars. *J Hort Sci*, 1980, 55(1): 57~63
- 10 Clarkson D T. Calcium transport between tissues and its distribution in the plant. *Plant Cell Environment*, 1984, 7: 449~456

## Redistribution of Ca, Mg, K in Postharvest Apple Fruits

Guan Junfeng

(Institute of Agro-physics, Plant Physiology and Biochemistry,  
Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051)

Ma Zhihong

(Laboratory of Pomology Physiology, Hebei Agrotechnical Teachers College, Changli 066600)

**Abstract** The Golden Delicious, Starkrimson, Fuji, Jie Shihong apple fruit was used in the experiment. The results showed that the content of Ca, Mg was the highest in peel, subsequent to in flesh adjacent to core, and lowest in flesh adjacent to peel. However, the content of K was the highest in flesh adjacent to core, and the lowest in peel. The flesh firmness decreased rapidly, the content of Ca in peel and flesh, and the content of Mg in peel showed the marked increase, but the content of K had less changes in 'Golden Delicious' and 'Starkrimson' apple fruit stored at room temperature. The flesh firmness decreased slowly, and had not significant changes on content of Ca, Mg, K in 'Fuji' and 'Jie Shihong' apples.

**Key words:** Apple; Ca; Mg; K; Redistribution of element