

芒果果实钙吸收动态和果实发育的关系^{*}

张承林¹ 黄辉白²

(1 华南农业大学资源环境学院, 广州 510642; 2 华南农业大学园艺系)

摘要 研究了芒果果实钙吸收的变化动态。结果表明果实钙素积累呈单 S 型。最大吸收期出现在果实快速生长期(座果后约 35~50 d), 此吸收量约占果实总钙的 90%。钙吸收速率与果实鲜重增长速率呈正相关, 表明果实生长本身才是钙进入果实的首要调控因子。果皮钙含量高出果肉与种子一倍以上, 成熟前, 果皮钙浓度下降约 20%~25%, 而果肉与种子钙浓度下降约 60%。

关键词 芒果; 果实; 钙吸收

中图分类号 S 667.7

钙对果实品质起重要作用。组织中钙含量较高有利于保持果实硬度, 可以降低呼吸速率, 抑制乙烯产生, 促进蛋白质合成, 提高果实冷藏中抗冷害能力, 从而延长果实贮藏与货架寿命, 提高果实商品价值(Shear, 1975)。Bramlage(1979)认为钙对苹果品质的影响远比氮、磷、钾、镁重要。许多果实的生理失调多与缺钙有密切关系(龚云池, 1986; Cocucci et al, 1983)。芒果是著名的热带水果, 已有报导采后浸钙、渗钙可提高果实钙含量, 延长贮藏寿命(Mootoo, 1991; Singh et al, 1993)。了解芒果果实钙素吸收的动态变化, 有助于阐明生理病害的成因和进一步研制防止缺钙或补钙的技术措施。

1 材料与方法

1994 年在华南农业大学园艺系实验果园(以下简称华农)及广州市农工商总公司新塘公司果园(以下简称新塘)以 6 年生正常结果树进行试验。土壤为砖红壤, 质地偏粘, 华农果园土壤 pH 值为 5.3, 新塘果园 pH 值为 5.1, 土壤交换性钙分别为 220 和 255 mg·kg⁻¹。品种为紫花芒 3 号(*Mangifera indica* L. cv. Zihua No. 3), 砧木为土芒。选用生长势均匀一致的 10 棵树, 采取树冠外围及内膛的果实, 每株随机取 1~15 个果。果实黄豆大时(座果后约 12 d)开始取样。生长前期果实小, 取样量大, 随果实生长, 取样量逐渐减少, 至采前每株取 1 个果。样品为 10 棵树的混合样。采后称鲜重。硬核(内果皮木质化)前, 果肉与种子不可分离, 此时用整个果实制样; 果肉与种子可分开后, 分皮、肉(去除内果皮)、种子制样。果实用自来水清洗后用去离子水冲洗, 晾干, 将果皮、果肉、种子切成小块, 烘干粉碎, 用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP)测定全钙。

1996-10-07 收稿, 1997-03-23 收修改稿 张承林, 男, 31 岁, 讲师, 硕士

^{*} 广东省自然科学基金资助项目

2 结果与分析

2.1 果实生长发育过程中钙的吸收与积累

由果实各部分干重及钙含量计算出平均单果吸收钙的总量并作出钙吸收曲线, 以单果鲜重作出果实生长曲线(图 1)。从图 1 可见, 钙的吸收趋势大体与鲜重变化一致, 呈单 S 型。华农果园果实比同期的新塘果实小, 可能是土壤肥力差异所引起。对鲜重及钙的吸收曲线用 Logistic 方程进行模拟(表 1), 拟合系数极高, 回归分析表明, 回归系数达极显著水平。本试验结果表明芒果果实生长型近似为单 S 型, 前人的研究结果有些为单 S 型(Cocucci et al, 1983; Saini, 1971), 有些为双 S 型(陈厚彬等, 1995)。

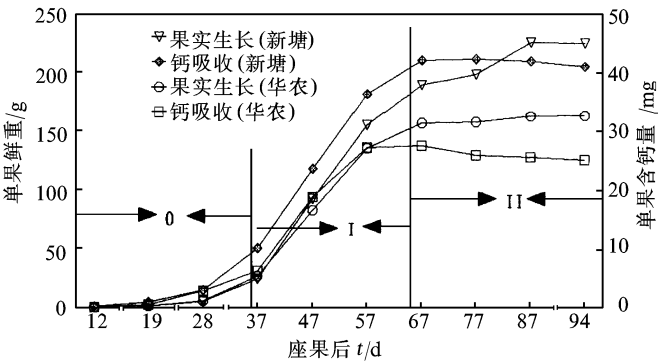


图 1 果实生长与钙吸收曲线
0: 缓慢生长阶段; I : 指数生长阶段; II : 缓慢生长阶段

表 1 紫花芒 3 号果实鲜重与钙吸收的 Logistic 方程

果实生长或钙吸收	Logistic 拟合方程 ¹⁾	拟合系数
生长曲线	$f(t)=226.90/[1+\text{EXP}(6.04-0.14t)]$	0.988 7 (新塘)
	$f(t)=163.82/[1+\text{EXP}(5.77-0.15t)]$	0.989 8 (华农)
钙吸收曲线	$f(t)=42.50/[1+\text{EXP}(4.99-0.15t)]$	0.973 4 (新塘)
	$f(t)=27.80/[1+\text{EXP}(5.09-0.15t)]$	0.941 9 (华农)

1) t 为座果后果实生长的天数

根据图 1 的生长曲线, 拟将紫花芒果实的整个生长发育期分为 3 个阶段, 即 0 期(座果后约 35 d 内, 此期间生长缓慢); I 期(座果后 35 ~ 65 d, 快速指数生长期); II 期(座果后约 65 d 至采收, 此期间生长缓慢)。在 I 期中, 果实鲜重的增长量约占最终鲜重的 95%。对果实鲜重增长的 Logistic 方

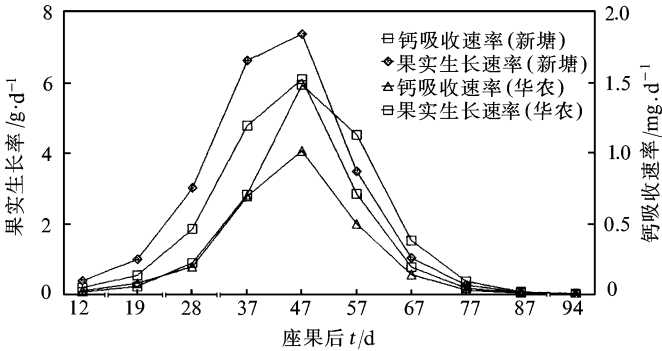


图 2 紫花芒果果实生长速率与钙吸收速率曲线

程求一阶导数, 得到果实生长对时间的变化率(图 2), 其最快增长率出现在座果后约 47 d 前后。对钙吸收的 Logistic 方程求一阶导数, 得到果实钙的含量对时间的变化率(即果实钙的吸收速率, 图 2)。图 2 表明钙的最高吸收速率也出现在座果后约 47 d 前后, 与果实生长速率曲线相吻合。在座果后 35~65 d 期间, 钙的吸收量约占总吸收量的 90%。两个果园的结

果都同时证实果实生长与钙吸收的规律是相似的。

Wilkinson(1968)观察到橘苹苹果(Cox's Orange Pippin)果实对钙的吸收(以单果含钙量计)主要是在英国当地 7 月底以前,之后吸收速率变缓,有些年份停止吸收,有些年份甚至还减少。普遍认为,钙主要是通过木质部运输,很难通过韧皮部运输。Wiersum(1983)提出果实对钙素的吸收可分为两个阶段:在第一阶段中,即座果后的头几个星期果实是通过木质部输入水分,钙随水分进入果实;在第二阶段中果实通过韧皮部输入水分与溶质,所以进入果实的钙素减少。此外,他还提到钙主要是果实生长前期细胞分裂之所需。龚云池等(1987)观察到鸭梨在果实发育的整个时期内钙素都能进入果实,与前人报道的苹果果实主要是在 7 月之前吸收钙素有所不同,但文章中缺少详细的描述。李建国与黄辉白(1994)观察到荔枝果皮全期都在吸收钙素,与果实的 S 型生长基本符合。Tromp(1979)指出,橘苹果实在 7 月中之后吸收钙的曲线并不一定变缓,若变缓,主要取决于钙往果外倒流的量,倘若胁迫轻微则不发生倒流。另外只在根际温度低(6℃)的情况下钙的吸收与进入果实的量才会减少。作者没有证据可以说明 Wiersum(1983)的钙素吸收的两个阶段存在于芒果果实。图 1 资料表明在第 II 期中果实含钙量有轻微减少的趋势。在人工土壤水分胁迫的情况下,⁴⁵Ca 试验证明芒果有钙倒流现象(未发表)。不过,相信在果实发育期间,本地区不会有足以减弱根系吸收钙素的土壤低温与干旱。作者在对芒果的观察中清楚地看到了果实钙吸收与生长的高度同步性,即钙素进入果实的速率与果实鲜重增长率的正相关关系。在这一点上,作者很同意 Tromp(1979)的观点,即果实生长才是调控钙素进入的首要因子。

芒果果实各部分组织的钙浓度列于表 2(种子与果肉不可分离之前)和图 3(两者可分离之后)。表 2 表明 幼果期(0 期)果实的钙浓度没有明显的变化,此期间钙吸收量仅占总吸收量的极小部分。图 3 表明果皮含钙量高出果肉与种子一倍以上,且随果实增大,果皮的钙浓度仅下降约 20%(新塘果园)和 25%(华农果园),而果肉与种子下降约 60%。图 4 表明,随果实增大,果皮与果肉的相对含水量(RWC)变化不大,而种子的 RWC 在 II 期中则明显下降。由此可推断,随着果实发育,钙进入芒果果实的趋势虽与果实增大相似,但前者稍慢于后者,从而导致果皮与果肉钙浓度的下降,所以这里并非由于水分进入果实所导致的纯粹的稀释作用。对种子而言,钙浓度下降发生于 RWC 大幅度下降的背景之下,故应当归因于钙不再或很少进入内果皮与种子。Rogers 等(1954)和龚云池等(1987)分别观察到苹果和鸭梨果实中钙浓度随果实发育呈下降趋势。遗憾的是他们都没有提供不同组织的含量资料,使作者难于比较。

表 2 0 期中紫花芒果果实的钙浓度

地 点	钙浓度/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$		
	12 d	19 d	28 d
新塘	3 212	3 066	3 459
华农	2 859	3 106	3 389

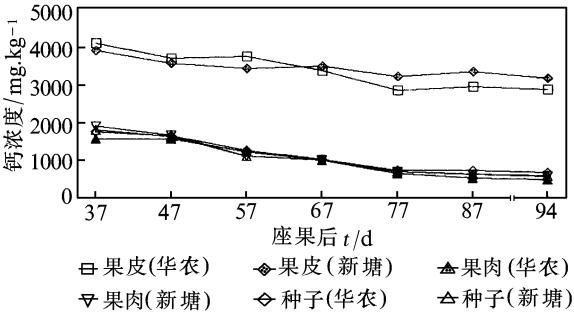


图 3 果皮、果肉、种子中的钙浓度变化动态

子而言,钙浓度下降发生于 RWC 大幅度下降的背景之下,故应当归因于钙不再或很少进入内果皮与种子。Rogers 等(1954)和龚云池等(1987)分别观察到苹果和鸭梨果实中钙浓度随果实发育呈下降趋势。遗憾的是他们都没有提供不同组织的含量资料,使作者难于比较。

顺便指出, 以收获时单果含钙量为基础, 可以算出每产 1 000 kg 鲜果要从土壤中带走钙 182 g (新塘果园)。

3 结论

果实钙素积累规律呈单 S 型。最大吸收期在 I 期 (快速指数生长期), 此期间吸收量约占果实总钙的 90%。II 期 (成熟前) 吸收量减少, 最后出现轻微负增长, 表明果实钙可能部分倒流回树体。基于钙素进入果实的速率与果实鲜重增长率成正相关, 表明果实生长本身才是调控钙进入的首要因子。

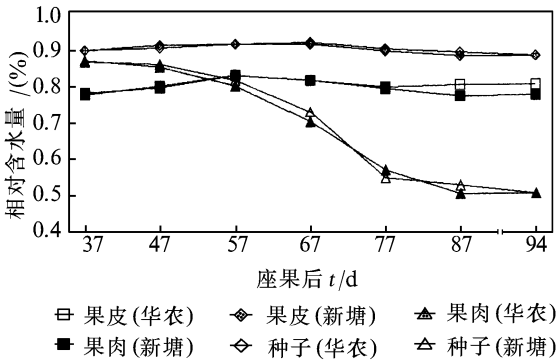


图 4 紫花芒果组织含水量动态变化

参 考 文 献

李建国, 黄辉白. 1994. 久旱骤雨诱发荔枝裂果原因探析. 见: 张上隆, 陈昆松主编. 园艺学进展. 北京: 中国农业出版社, 361~364

陈厚彬, 黄美燕. 1995. 紫花芒果的果实生长与脱落. 华南农业大学学报, 16(4): 73~77

龚云池. 1986. 鸭梨黑心病与钙素营养. 园艺学报, 13(3): 145~149

龚云池, 徐季娥, 张淑珍, 等. 1987. 鸭梨叶片与果实中钙素含量年周期变化的研究. 园艺学报, 14(1): 1~5

Bramlage W J. 1979. Changes in calcium level in apple cortex tissue shortly before harvest and during postharvest storage. Commun Soil Sci Plant Anal, 10: 417~426

Cocucci M, Mignani I M. 1983. A possible relationship between bitter pit and membrane transport in apples. Acta Horticulturae, 138: 43~50

Mootoo A. 1991. Effect of postharvest calcium chloride dips on ripening changes in "Julie" mangoes. Tropical Science, 31(3): 243~248

Rogers B L, Batjer L P. 1954. Seasonal trends of six nutrient elements in the flesh of Winesap and Delicious apple fruits. Proc Amer Soc Hort Sci, 63: 67~73

Saini S S. 1971. Growth and development of mango fruit. I: Morphology and cell division. Indian J Horticulture, 28(4): 247~256

Shear C B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. Hort Science, 10: 361~363

Singh B P, Tandon D K, Kalar S K. 1993. Changes in postharvest quality of mangoes affected by preharvest application of Ca salts. Scientia Horticulturae, 54(3): 211~219

Tromp J. 1979. The intake curve for calcium into apple fruits under various environmental conditions. Commun in Soil Science and Plant Analysis, 10(1 & 2): 325~335

Wiersum L X. 1966. Calcium content of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supply. Acta Bot Neerl, 15: 406~418

Wilkinson B G. 1968. Mineral composition of apples. IX: uptake of calcium by the fruit. J Sci Food Agr, 19: 646~647

SEASONAL CHANGES OF Ca UPTAKE BY MANGO FRUIT IN RELATION TO FRUIT DEVELOPMENT

Zhang Chenglin¹ Huang Huibai²

(1 College of Natural Resources & Environment, South China Agr. Univ., Guangzhou 510642;

2 Dept. of Horticulture, South China Agr. Univ.)

Abstract

The pattern of Ca^{2+} uptake and accumulation by Zhihua No.3 mango fruits was studied. Ca^{2+} accumulation in the fruit showed a single sigmoid pattern. The period of highest Ca^{2+} uptake, which accounts for about 90% of the total fruit Ca^{2+} , appeared in the rapid fruit growth stage (phase I). The fruit Ca^{2+} uptake rate was positively related to the fruit growth rate, indicating that fruit growth was the major factor that regulate Ca^{2+} uptake. The Ca^{2+} content in the peel was more than twice as much as that in the pulp and the seed. The Ca^{2+} concentration in the peel decreased approximately 20% ~ 25% with fruit growth, while it decreased about 60% in the pulp and the seed.

Key words mango; fruit; calcium uptake

(上接第66页)

PRELIMINARY STUDY ON EMISSION OF CH_4 AND N_2O OF LATE RICE PADDY FIELDS IN GUANGZHOU AREA

Yang Jun¹ He Liping¹ Yang Chong¹ Chen Yufen¹ Lu Xuejuan¹ Wu Shizhao²

(1 Centre of Instrumental Analysis South China Agr. Univ., Guangzhou 510642;

2 Dept. of Agronomy, South China Agr. Univ.)

Abstract

The emission patterns and quantities of CH_4 and N_2O of late rice paddy fields were conducted in Guangzhou area. The paddy fields selected were fertilized by using chemical fertilizers (I) or chemical fertilizers plus manure (II), and periodically flood irrigated, as typically practised in the area. The results showed that emission quantities were influenced mainly by types of fertilizers, irrigation management and soil temperature. Irrigation flooding was beneficial to emission of CH_4 but detrimental to N_2O , however this trend reversed under moist soil conditions. High temperatures promoted emission of CH_4 , whereas low temperatures did that of N_2O . The emission rates for CH_4 and N_2O in rice paddy fields area measured were $7.8 \text{ mg/m}^2 \text{ h}$ and $226 \mu\text{g/m}^2 \text{ h}$ respectively.

Key words CH_4 ; N_2O ; emission flux; fertilizer application; rice paddy fields