

根域限制对葡萄果实发育和主要营养物质含量的影响

谢兆森¹, 李勃^{1,2}, 许文平¹, 王世平^{1,*}

¹上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240; ²山东省果树研究所, 山东泰安 271000

摘要: 根域限制下葡萄果实在第二次快速生长期糖分积累显著提高, 有机酸含量下降更明显。随着果实pH值的升高, 果实发育的第二次快速生长期花青素含量迅速增加, 而且根域限制的高于未受根域限制的。在果实的第二次快速生长期葡萄果实中总蛋白和游离氨基酸含量迅速增加, 也是根域限制的高于未受根域限制的。开花后 30~40 d, 维生素C含量达到最大, 随后下降, 果实发育后期又升高, 而且根域限制的葡萄果实中的维生素C含量一直高于根域未受限制的。

关键词: 葡萄; 果实; 根域限制; 营养物质

Effects of Rooting-Zone Restriction on the Development and Main Nutrient Contents in Grape (*Vitis vinifera* L.) Berry

XIE Zhao-Sen¹, LI Bo^{1,2}, XU Wen-Ping¹, WANG Shi-Ping^{1,*}

¹School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; ²Shandong Institute of Pomology, Taian, Shandong 271000, China

Abstract: The changes in total sugar, organic acid, anthocyanin, pH, total proteins, and the contents of free amino acid and vitamin C in grape (*Vitis vinifera*) berry under rooting-zone restriction (RZR) were measured. The results indicated that accumulation of soluble sugar in grape berry increased, but organic acid content decreased during the second fast growth period. The anthocyanin content increased with raise of pH in berry, while the content under RZR was higher than that under non-rooting-zone restriction (NRZR). Vitamin C content reached to the highest point after anthesis, for 30–40 d, followed then drop to the lowest, then increased again in late development period. The vitamin C content of grape berry under RZR was higher than that under NRZR all the while.

Key words: grape; berry; rooting-zone restriction; nutrient component

果树根域限制栽培是利用物理或生态的手段将果树的根域封闭在一定的容积范围内, 限制其无序生长, 通过控制根系生长、营养吸收和代谢来调节地上部的营养生长和生殖生长(王世平等2002)。根域限制下植株根系生长密集, 增加了单位土壤体积内的根系吸收面积, 可以提高根系对水肥的利用效率。Wang等(2001)的研究表明, 根域限制栽培可有效地控制植株地上部营养生长, 促进花芽形成, 提高早期产量和果实品质。朱莉娜等(2004)也报道, 根域受限制的葡萄果实中苹果酸和酒石酸含量下降, 果皮中花青素含量和果实糖度提高。另外, 王世平等(1999)研究还发现根域限制可以改变光合产物的分配, 促进光合产物在果实内积累。这些研究都说明根域限制有助于提高果实品质。尽管这些研究认为根域限制栽培可提高果实品质, 但根域受限制的葡萄果实内主要营养物质含量变化还未见报道。研究根域限制下的葡萄果实内主要营养物

质的变化规律和揭示根域限制对葡萄果实生长发育的影响机理均是有意义的。为此, 本文对这一问题做了一些探讨。

材料与方法

试验于2007年1~8月在本校七宝农场避雨大棚内进行。葡萄(*Vitis vinifera* L.)品种为四年生‘峰后’葡萄, 试验分2组: 根域限制和对照。根域限制处理栽植于地面下四壁和底部铺垫微孔无纺布容积为60 L的坑内, 内填营养土、河沙、珍珠岩(1:1:1)作为栽培基质; 以植株种植于相同基质、相同容积、不铺无纺布的土坑内植株为对照。所有处理栽培植株的行距均为100 cm, 表面覆盖铝

收稿 2008-07-02 修定 2008-09-08

资助 国家自然科学基金(30571287)。

* 通讯作者(E-mail: fruit@sjtu.edu.cn; Tel: 021-34205956)。

箔反光膜, 以避免根域温度过高。单株留新梢2个, 呈60°斜角上牵引, 每新梢留果穗1个, 1个果穗留果40~50个。新梢、肥水管理参照王世平等(1999)文中的方法进行。

花后20 d第一次采样, 以后每隔10 d左右采样一次。每次采取发育正常的浆果30~50粒, 放入冰瓶中带回实验室立即称重计算单果重, 并用游标卡尺测量果实的纵径与横径, 样品称重后放入样品瓶中, 置于超低温冰箱中保存备用。

测定果径发育动态时, 选定根域限制和对照植株, 各处理3株, 于花后20 d左右每株各选取20粒大小均匀的果粒挂牌, 每隔3 d用游标卡尺测量果实横径。测定果实干物质积累时, 在花后20 d分别从根域限制和对照植株选取30粒果径均一的果粒, 洗净后放置烘箱内105℃烘干后称重, 计算单粒果实平均干物质积累量。果实中总糖用蒽酮法测定(王学奎2005); 有机酸用NaOH滴定法测定(以酒石酸计)(沙广利等1997); 游离氨基酸用茚三酮法测定(王学奎2005); 总蛋白用考马斯亮蓝G-250法测定(王学奎2005); 维生素C采用二氯酚靛酚滴定法测定(王学奎2005); 花青素用比色法测定(成钰厚等1999); 果汁pH值采用酸度计测定(成钰厚等1999)。

结果与讨论

1 葡萄果实的发育动态和干物质积累变化

图1显示葡萄果实横径生长呈典型的双S曲线, 即在果实发育过程中有两次快速生长期, 两次快速生长期之间还有一个生长滞后期。从两次快速生长期果实横径变化来看, 第一次快速生长期, 根域限制栽培果实的横径低于未受根域限制的果实横径, 而果实发育第二次快速生长期根域限制栽培的葡萄果实横径生长则超过了未受根域限制的。从果实发育的干物质积累变化来看, 根域限制下的葡萄果实干物质积累速率也是第二次快速生长期的超过未受根域限制的。这说明根域限制可提高葡萄果实第二次快速生长期间的横径生长和果实干物质积累量。

2 葡萄果实中糖和有机酸含量的变化

从图2可见: (1)葡萄果实的第一次快速生长期, 有机酸含量呈上升趋势, 达到果实发育期的最大值; 这一生长期间果实糖含量较低, 变化也稳定。

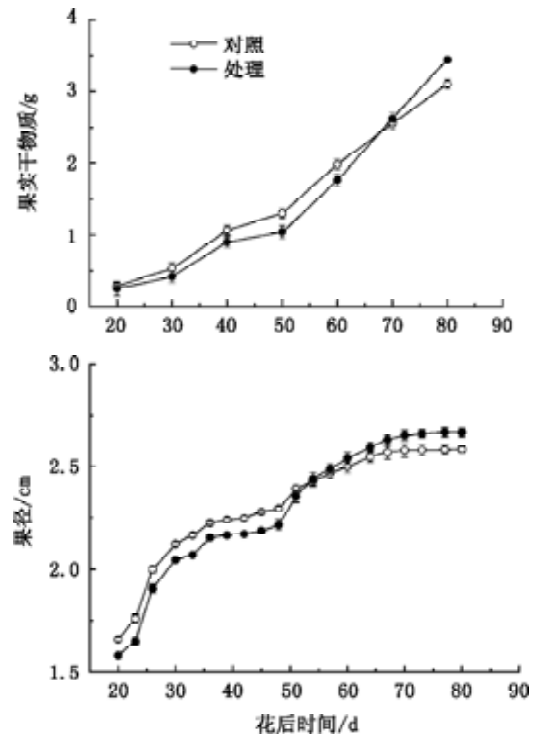


图1 葡萄开花后果实横径和干物质质量的变化

Fig.1 Changes in size and dry weight of grape berry after flowering

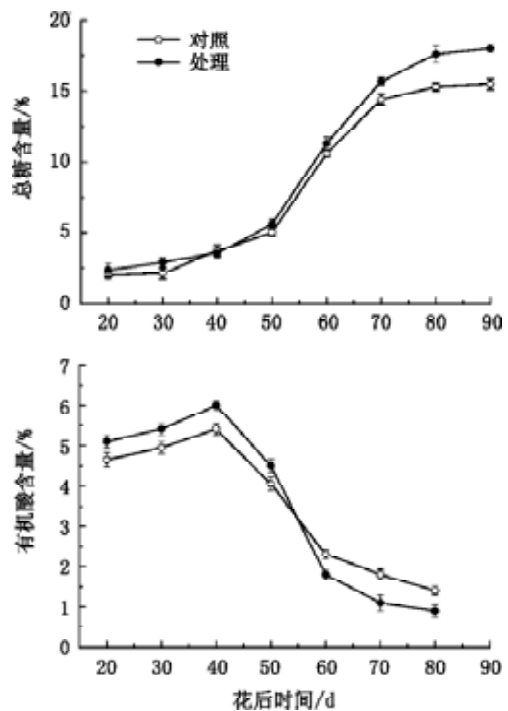


图2 葡萄开花后果实中总糖和有机酸的含量变化

Fig.2 Changes in total sugar and organic acid contents in grape berry after flowering

这说明葡萄果实在第一次快速生长期以积累有机酸为主, 糖分含量维持在较低水平。在果实发育的第二次快速生长期, 葡萄果实中有机酸含量急剧下降, 糖含量迅速增加, 说明在果实发育的第二次快速生长期, 葡萄果实以积累糖分为主, 有机酸被分解和利用, 因而果实甜度增加。这与前人在柑橘果实发育前期果肉中有机酸含量增长速度较快, 体积为成熟体积1/2时达到最大值, 以后逐渐下降(罗安才等2003); 以及果实发育后期, 有机酸可以作为底物或基质参与呼吸作用和糖异生作用, 其含量迅速下降(Sadka等2000)是一致的。(2)根域限制的葡萄果实中有机酸积累在第一次快速生长期高于根域未受限制的, 但在第二次快速生长期间的有机酸含量则低于根域未受限制的; 而在果实发育的第二次快速生长期, 根域限制的葡萄果实糖积累高于根域未受限制的。这说明根域限制的葡萄果实生理代谢活动旺盛, 库强增加, 促进光合产物在果实内积累。

3 葡萄果皮中花青素含量和果实中的pH变化

葡萄果皮花青素含量决定葡萄果实的着色度, 影响果实的外观品质(刘闯萍和王军2008)。从图3来看, 果实发育第一次快速生长期间的果皮花青

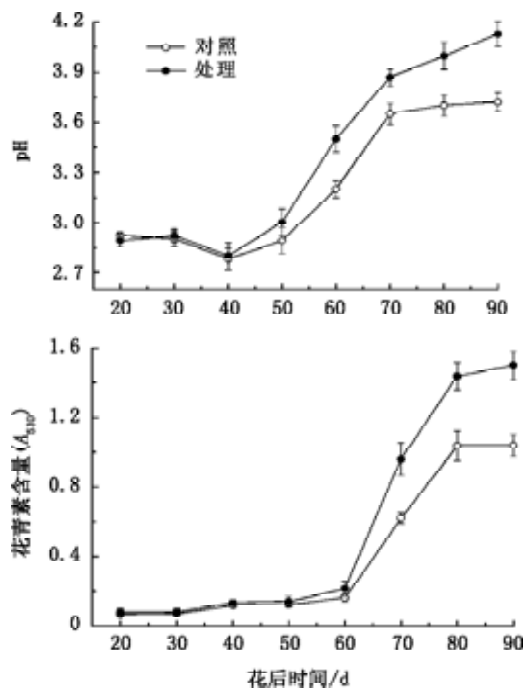


图3 葡萄开花后果实pH值和花青素含量变化
Fig.3 Changes in pH and anthocyanin content in grape berry after flowering

素含量低, 进入第二次快速生长期后则急剧增加, 其中根域限制的葡萄果皮的 A_{530} 值从0.27增加到1.5。果实pH值与花青素含量变化趋势相同, 果实发育前期较低, 进入第二次快速生长期后pH迅速升高。根域限制的花青素含量和pH值都高于根域未受限制的。这些与成钰厚等(1999)报道苹果花青素含量与果实pH值呈显著或极显著相关关系的结果基本上相符合。

4 葡萄果实中游离氨基酸、总蛋白和维生素C含量变化

从图4可见, 根域限制和未受根域限制的葡萄果实中的总蛋白含量和游离氨基酸含量的变化规律相同, 两者含量都在果实发育的第二次快速生长期显著增加。根域限制的葡萄果实中总蛋白和游离氨基酸含量在果实发育的第二次快速生长期都高于未受根域限制的, 其中根域限制的葡萄果实中游离氨基酸含量最大值为 $4.85 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 根域未受限制的葡萄果实中含量最大值只有 $3.54 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

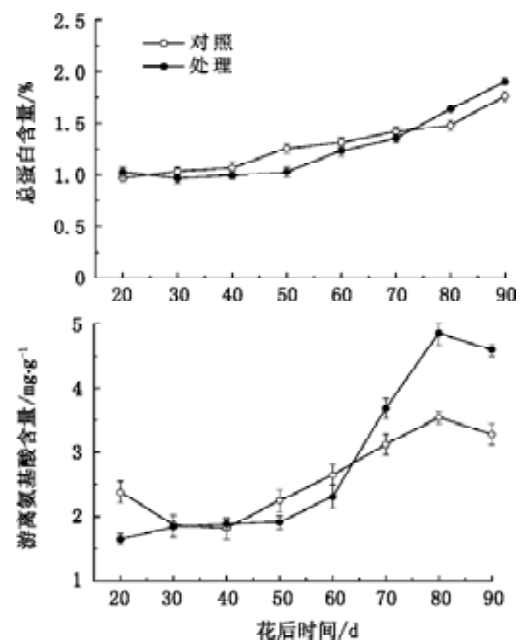


图4 葡萄开花后果实中总蛋白和游离氨基酸含量变化
Fig.4 Changes in total protein and free amino acid contents in grape berry after flowering

葡萄果实中维生素C含量在果实发育的第一次快速生长期显著增加, 根域限制和根域未受限制的分别在花后30与40d达到最大值, 随后下降, 果实发育的第二个快速生长期又出现一定的增长

(图5)。这与许晖等(1992)的甜樱桃果实中维生素C的含量在幼果期较高,以后随着果实的生长进程,维生素C含量迅速下降,从硬核期以后直至成熟期,又略有上升的结果是相似的。根域限制和根域未受限制的果实中维生素C含量变化趋势相同,但前者一直高于后者。

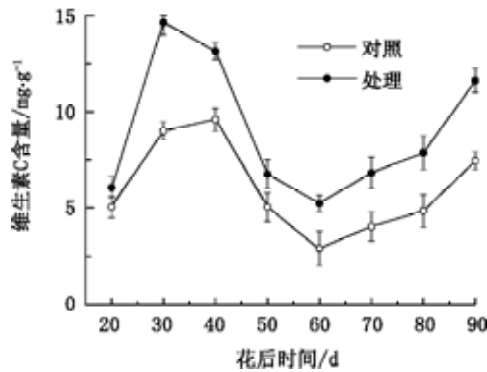


图5 葡萄开花后果实中维生素C含量变化
Fig.5 Changes in vitamin C content in grape berry after flowering

参考文献

成钰厚, 刘国杰, 孟昭清, 李绍华(1999). 苹果成熟期间果皮花青素含量与果实品质的关系. 果树科学, 16 (2): 98~103

- 刘闯萍, 王军(2008). 葡萄花色苷的生物合成. 植物生理学通讯, 44 (2): 363~377
- 罗安才, 杨晓红, 邓英毅, 李纯凡, 向可术, 李道高(2003). 柑橘果实发育过程中有机酸含量及相关代谢酶活性的变化. 中国农业科学, 36 (8): 941~944
- 沙广利, 郭长城, 李光玉(1997). 梨果实糖酸含量及比值对其综合品质的影响. 植物生理学通讯, 33 (4): 264~266
- 王世平, 岗本五朗, 平野健(1999). 根域限制栽培对‘巨峰’葡萄自根幼树的氮素吸收、同化和体内运转的影响. 中国园艺学会成立70周年纪念——优秀论文选编. 北京: 中国科学技术出版社, 143~149
- 王世平, 张才喜, 罗菊花, 邵浩, 郭庆海, 朱丽娜(2002). 果树根域限制栽培研究进展. 果树学报, 19 (5): 298~231
- 王学奎主编(2005). 植物生理生化实验原理和技术. 第2版. 北京: 高等教育出版社
- 许晖, 王飞, 郝文红(1992). 甜樱桃果实发育及其营养成分的变化. 果树科学, 9 (4): 228~230
- 朱丽娜, 鲁华东, 张才喜, 杨天仪, 王世平(2004). 根域容积对藤稔葡萄幼树生长及营养元素吸收的影响. 植物营养与肥料学报, 10 (6): 674~676
- Sadka A, Dahan E, Cohen L, Marsh KB (2000). Aconitase activity and expression during the development of lemon fruit. *Physiol Plant*, 108: 255~262
- Wang SP, Okamoto G, Hirano K, Lu J, Zhang CX (2001). Effects of restricted rooting volume on vine growth and berry development of Kyoho grapevines. *Am J Enol Vitic*, 52 (3): 248~253