根域限制对‘巨玫瑰’葡萄果实可溶性糖含量及相关代谢酶活性的影响

卢彩玉[1]，郑小艳[1]，贾惠娟[1]，卢如国[2]，滕元文[1,*]

（[1]浙江大学园艺系，农业部园艺植物生长发育与品质调控重点开放实验室，杭州 310029；[2]浙江省设施葡萄研究所，浙江德清 313216）

摘 要：以‘巨玫瑰’葡萄（*Vitis vinifera* L. × *V. labrusca* L.）为试材，从始熟期开始研究了根域限制栽培对果实可溶性糖积累及相关代谢酶活性的影响。结果表明：‘巨玫瑰’葡萄果实中主要以葡萄糖和果糖积累为主。从始熟期开始果实中的葡萄糖和果糖含量持续增加，与此同时，酸性转化酶（AI）的活性也随果实发育进程而逐步增强。AI 活性与果实中含量最多的葡萄糖和果糖含量显著相关。中性转化酶（NI）和蔗糖合成酶（SS）的分解方向的活性只是在始熟期 3 周后开始增加，且活性低于 AI。蔗糖合成酶（SS）的合成方向和蔗糖磷酸合成酶（SPS）的活性在始熟期开始后稍有增加，此后保持平稳，且活性远远低于蔗糖分解相关酶 AI、NI 和 SS 的分解方向活性。根域限制栽培可以显著提高‘巨玫瑰’果实中可溶性糖的含量、糖积累期间的 AI 活性和成熟时的 NI 活性，但对其他酶活性影响不显著。由此推断 AI 是葡萄果实糖积累的最重要的调节因子，也是根域限制提高果实糖含量的关键代谢酶。

关键词：葡萄；根域限制；可溶性糖；酸性转化酶

中图分类号：S 663.1 **文献标识码**：A **文章编号**：0513-353X（2011）05-0825-08

Effects of Root Restriction on Soluble Sugar Contents and Related Enzyme Activities in‘Jumeigui’Grape Berries

LU Cai-yu[1]，ZHENG Xiao-yan[1]，JIA Hui-juan[1]，LU Ru-guo[2]，and TENG Yuan-wen[1,*]

（[1]*Department of Horticulture*，*The Ministry of Agriculture's Key Laboratory of Horticultural Plant Growth*，*Development & Quality Improvement*，*Zhejiang University*，*Hangzhou* 310029，*China*；[2] *The Institute of Zhejiang Provincial Protected Viticulture*，*Deqing*，*Zhejiang* 313216，*China*）

Abstract：‘Jumeigui’grape（*Vitis vinifera* L. × *V. labrusca* L.）was subjected to root restriction to study the metabolic mechanism of soluble sugar accumulation in grape berries during the berry development from veraison to maturation. The results showed that the main sugars accumulated in ‘Jumeigui’grape were glucose and fructose. From the beginning of veraison，contents of glucose and fructose in berries increased continuously，and meanwhile acid invertase（AI）activity increased gradually with berry development. What' more，AI activity was significantly correlated with the contents of glucose and fructose which are the most important soluble sugars in the grape berry. The activity of neutral invertase（NI）and sucrose synthase（SS）activity in the sucrose cleavage direction increased 3 weeks after

收稿日期：2010 – 09 – 28；**修回日期**：2011 – 04 – 26

基金项目：国家科技支撑计划子课题（2006BAD07B06-08）；浙江省科技厅重大项目（2008C12071）

* 通信作者 Author for correspondence（E-mail：ywteng@zju.edu.cn）

veraison and lower than that of AI. The activity of enzymes for sucrose synthesis including sucrose synthase（SS）in the sucrose synthetic direction and sucrose phosphate synthase（SPS）increased slightly just at the early veraison and then kept constant，and was lower than that of SS in the sucrose cleavage direction，AI and NI related to sucrose cleavage. The root restriction could increase the content of soluble sugars in grape berries and enhance AI activity during the period of sugar accumulation and NI activity at harvest. Therefore，we speculate that AI is the most important regulator for sugar accumulation and also the key enzyme accounting for increased sugar content by root restriction cultivation.

Key words：grape；root restriction；soluble sugar；acid invertase

果实中的糖含量是葡萄品质的重要组成因素，葡萄果实的软化过程中伴随着大量可溶性糖的积累，储存在果实果肉（中果皮）细胞的液泡中（Agasse et al.，2009）。葡萄叶片光合作用合成的碳水化合物以蔗糖的形式经过韧皮部运输到浆果内，从始熟期开始蔗糖被转化为比例相当的葡萄糖和果糖得到积累，而蔗糖本身的积累量很少（Coombe，1989；Liu et al.，2006）。葡萄果实糖分积累主要受糖代谢相关酶的调控，其中最主要是与蔗糖合成和分解相关的蔗糖合成酶（SS）、蔗糖磷酸合成酶（SPS）、转化酶等（Coombe，1989；Pan et al.，2009）。根据其反应要求的最适 pH 不同，转化酶又可分为酸性转化酶（AI）和中性转化酶（NI）（Avigad，1982）。转化酶和蔗糖磷酸合成酶在葡萄浆果中分别起分解和合成蔗糖的作用；而蔗糖合成酶既可以合成蔗糖也可以分解蔗糖。

根域限制（Root restriction）栽培是通过控制根系的生长来调节地上部生长发育的一种新的栽培技术（王世平 等，2002）。到目前为止，已经在多种果树，特别是在葡萄上做了大量的研究（Ismail & Davies，1998；Wang et al.，2001；Zhu et al.，2006；Yang et al.，2007；卢彩玉 等，2009），基本肯定了根域限制抑制营养生长，改善果实品质的作用。作者前期研究表明，根域限制可以有效增加‘巨玫瑰’葡萄果肉中的葡萄糖、果糖和蔗糖 3 种可溶性糖的含量，从而提高果实的内在品质（卢彩玉 等，2009）。但是有关根域限制对于与葡萄果实糖积累密切相关的代谢酶活性变化的研究却并不多见。

本试验中以‘巨玫瑰’葡萄为材料，研究根域限制对果实中糖积累及其相关代谢酶活性的影响，探究根域限制对葡萄果实糖代谢影响的机理，为解决在南方雨水偏多，光照相对不足的避雨设施内果实品质下降等问题提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

试验于 2009 年在浙江省设施葡萄研究所的避雨栽培葡萄园进行，果园管理水平较好，园地排水良好。所用品种为 4 年生‘巨玫瑰’，株行距为 5 m × 3 m。

共设 3 个处理。①根域限制处理：在建园时设立坑式根域限制，即在长 1.8 m、宽 1 m 和深 0.4 m 的定植坑内用厚塑料膜围成容积为 0.72 m^3 的根域（卢彩玉 等，2009）。②对照Ⅰ：普通栽培方式为对照。③对照Ⅱ：同根域限制处理，只是在 2009 年春天用直径 3 cm 左右的铁棒在根域范围内每隔 30 cm 左右从地表往下打一个洞穿破用来限根的地膜，使地下水和根系连通，作为对照Ⅱ。

每个处理选定 9 株树势基本一致的植株，采用统一的管理措施。每 3 株树为 1 个重复，共 3 次重复。开花初期，为使每个处理每平米叶面积的负载量相同而修剪多余花穗，并将试验树的每个果穗的长度调整至 12 ~ 13 cm，坐果后每穗果保留约 45 个果粒。

用张力计（TEN-50，杭州托普仪器有限公司）监测整个试验期间每种栽培方式 15 cm 深处的土壤湿度，温湿度记录仪记录试验树周围空气温湿度。整个试验期间根域限制的平均土壤湿度低于对照，对照Ⅱ的土壤湿度最大（根域限制平均土壤湿度是对照的 83.4%，打洞处理的 74.7%）。大气平均温湿度基本相同，对照的平均温度为 24.74 ℃，平均湿度为 70.92%，根域限制和打洞处理的平均温度为 24.76 ℃，平均湿度为 70.39%。

1.2 取样方法

从果实始熟期（6 月 30 日）开始，参照张大鹏等（1997）的标准确定始熟期，每隔 7 d 采样 1 次，至果实成熟（8 月 4 日），共采样 6 次。

以浆果内种子变成棕色且浆果的质量不再增加作为成熟期标准（Liu et al.，2006）。

每次每株选择有代表性的果穗 5 穗，每穗上中下部均匀采样 3 粒果，每次每个处理共计采果 135 粒左右，放进冰盒，立即带回实验室，用刀片分离收集果肉，迅速投入液氮中，分装成袋，于 – 70 ℃保存待用，用于测定每个处理的可溶性糖含量及其代谢相关酶的活性。

1.3 可溶性糖含量和糖代谢酶活性的测定

可溶性糖的提取参照 Ding 等（2002）的方法并加以改进。取果肉加液氮研磨后称取 3 g，加入 6 mL 80%的乙醇，35 ℃下提取 20 min，6 500 $r \cdot min^{-1}$ 下离心 15 min，取上清液。重复提取 3 次，合并上清液，定容至 20.0 mL。取 3.0 mL 于旋转蒸发仪（德国 Heidolp）蒸干（35 ℃）后，用 1.0 mL 重蒸水定容，6 500 $r \cdot min^{-1}$ 下离心 10 min，收集上清液，用于高效液相色谱（HPLC，Beckman，USA）测定可溶性糖的含量。重复 3 次。色谱条件为：流动相（乙腈/重蒸水 = 75/25，体积比），流速 1.0 $mL \cdot min^{-1}$，Intertsil 氨基柱（4.6 mm × 250 mm），156 示差检测器（Jasco，日本）。

酶液制备参照 Keller 和 Ludlow（1993）的方法，略有改动。取 1.0 g 果肉于冰浴的研钵中，分 3 次共加 5 mL 提取液将样品研磨成匀浆。提取液成分：50 $mmol \cdot L^{-1}$ HEPES-NaOH（pH 7.5），10 $mmol \cdot L^{-1}$ $MgCl_2$，1.0 $mmol \cdot L^{-1}$ EDTA，2.5 $mmol \cdot L^{-1}$ DTT，0.05%（体积比）TritonX-100 和 0.1%（质量体积比）BSA，0.1% β – 巯基乙醇，2% PVP。匀浆后用低温高速离心机于 2 ℃条件下 13 000 $r \cdot min^{-1}$ 离心 15 min。取上清液在 2 ℃条件（将透析物及磁力搅拌器置于冰箱中进行）下用稀释 10 倍的提取缓冲液（去除 TritonX-100）透析 20 h，中间换透析液 1 次。透析后的酶液即可用于糖代谢酶活性的测定。

1.4 糖代谢酶活性的测定

因为酶易变性失活，所以整个提取过程在 0 ~ 4 ℃完成。酸性转化酶（AI）、中性转化酶（NI）、蔗糖合成酶（SS）的分解方向活性的测定参照赵智中等（2001）的方法，调整转化酶的总反应体系为 1 mL，蔗糖合成酶（SS）的合成方向活性与蔗糖磷酸酶（SPS）活性的测定参照宋瑾（2006）的方法，3 次重复，单位为 $\mu mol \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ FW。

试验为完全随机区组设计，试验数据用 SPSS16.0 软件分析，采用 Excel 绘图。

2 结果与分析

2.1 根域限制对果实可溶性糖含量的影响

葡萄糖、果糖和蔗糖是葡萄果实中含量最多的 3 种可溶性糖，其中葡萄糖和果糖在‘巨玫瑰’葡萄中所占比例相当，蔗糖含量相对较少（图 1）。随着果实的发育，‘巨玫瑰’葡萄果实中可溶性

糖从始熟期后持续增加。不同处理中 3 种糖的增长趋势相似，均是前期增长快，后期增长慢，尤其是始熟期开始到始熟后一周的时间内葡萄糖和果糖的含量增加了 3 ～ 4 倍，到接近成熟时增长势趋于平缓。在始熟期开始时没有检测到蔗糖，之后持续增加，但到成熟时含量仍不及葡萄糖或果糖含量的 1/10（图 1）。

由图 1 可以看出，除始熟开始的一周外，以根域限制栽培果实的 3 种可溶性糖含量最高，对照Ⅱ的最低。果实成熟时，3 种处理果实中的可溶性糖含量均达到峰值。根域限制栽培果实中总糖含量达到 147.33 mg · g^{-1}FW，分别比对照Ⅰ和对照Ⅱ提高了 11.1%和 13.1%，差异显著。可以明显看出根域限制提高了葡萄果实中 3 种可溶性糖的含量（图 1）。

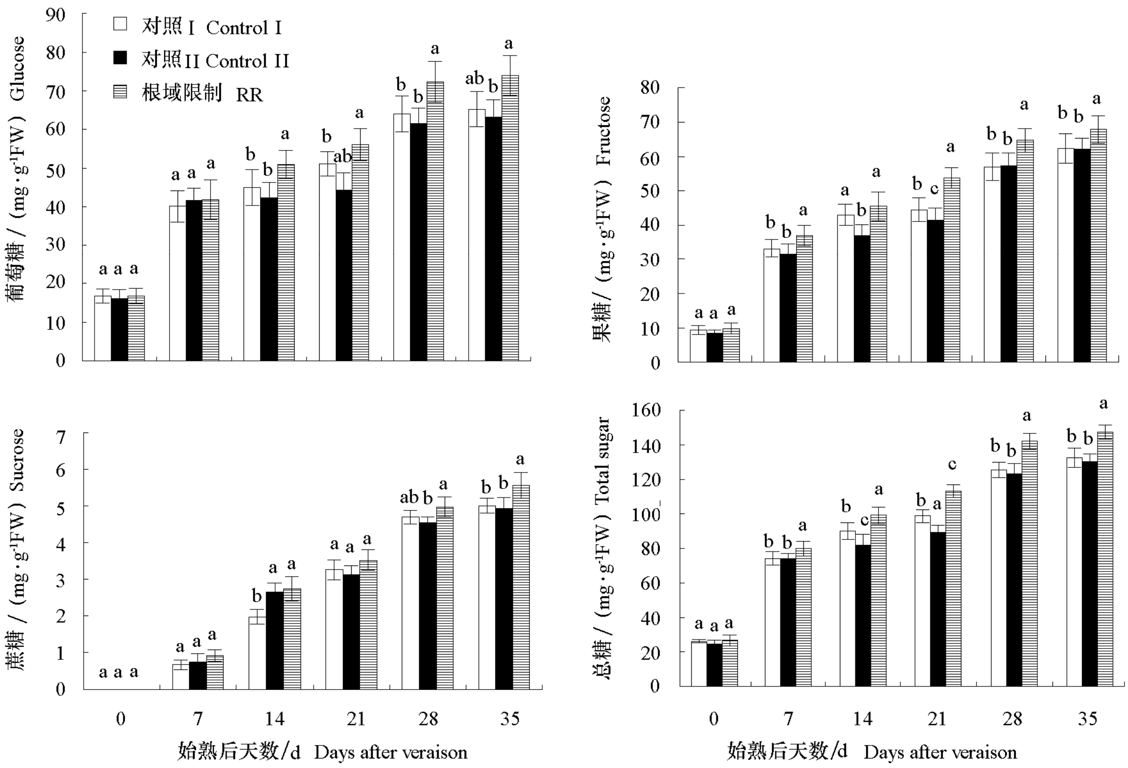

图 1 根域限制对‘巨玫瑰’果肉中葡萄糖、果糖、蔗糖和总糖含量的影响

Fig. 1 Effects of root restriction on contents of glucose，fructose，sucrose and total sugars in the flesh of‘Jumeigui’berries

$P < 0.05$.

2.2 根域限制对果实蔗糖代谢相关酶活性的影响

果实从始熟开始到成熟，AI、NI、SS（分解方向）3 种蔗糖分解酶类活性存在差异：AI 酶活性最高，是 SSC 与 NI 活性的 2～4 倍，SS（分解方向）活性比 NI 稍高。

AI 活性在始熟后 28 d 达到峰值，除始熟后 21 d 外根域限制栽培的 AI 活性均高于对照Ⅰ与对照Ⅱ，而对照Ⅱ从始熟后 7 d 开始 AI 活性均为最低（图 2，A）。

3 个处理的 NI 活性在成熟前差异不大，成熟后根域限制果实的 NI 活性要高于两个对照，对照Ⅱ的最低（图 2，B）。

3 个处理的 SS（分解方向）活性总体呈上升趋势，对照Ⅱ在始熟开始及始熟后 7 d 和 28 d SS（分解方向）活性低于根域限制与对照Ⅰ，而根域限制栽培果实的 SSC 活性与对照Ⅰ无显著差异（图 2，C）。

与蔗糖分解酶类活性相比，蔗糖合成酶类从始熟开始到成熟期间的活性均很低，为 AI 活性的 1/10 ~ 1/20。SS（合成方向）与 SPS 活性的变化趋势均为先升高，后有所降低，SS（合成方向）变化平缓（图 2，D），而 SPS 在始熟后 14 d 活性达到峰值后下降趋势较明显（图 2，E）。3 种处理间的这两种蔗糖合成酶活性无显著差异。

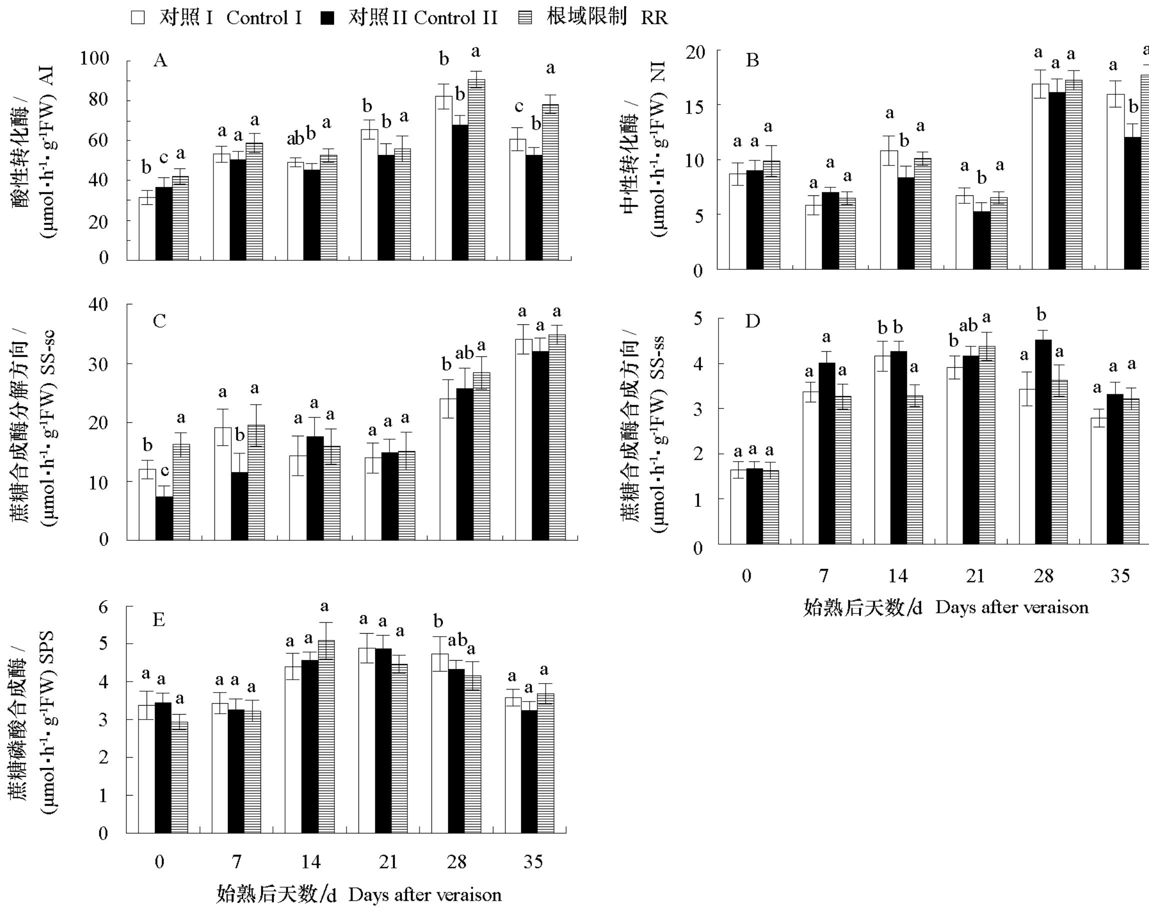

图 2　根域限制对‘巨玫瑰’果实中糖代谢相关酶活性的影响

Fig.2　Effects of root restriction on activities of sugar metabolism enzymes［AI，NI，sucrose synthase in the sucrose cleavage（SS-sc）］sucrose synthase in the sucrose synthetic direction（SS-ss and SPS）of grape berries during berry maturation

$P < 0.05$.

将各处理糖代谢相关酶与可溶性糖进行相关性分析，发现在 3 种处理中 AI 活性与葡萄糖含量呈显著正相关，r 值分别为 0.882^{*}（对照Ⅰ）、0.842^{*}（对照Ⅱ）和 0.871^{*}（根域限制），而且对照Ⅰ与根域限制果实中 AI 活性与果糖含量也呈显著相关性（根域限制中 $r = 0.834^{*}$，对照Ⅰ中 $r = 0.827^{*}$）。对照Ⅱ中（$r = 0.811$）AI 活性与果糖含量相关性值也很高，但没有达到统计学上的显著性水平，而果实中 SS 分解方向活性与葡萄糖和果糖含量呈显著相关（表 1）。

从上述分析可以看出 AI 是糖分积累的关键限制酶，根域限制下 AI 活性增加是果实中糖分增加的一个重要原因。3 种处理中 SS 合成方向与 SPS 活性与果实中糖含量不相关，说明这两种酶不是葡萄果实中糖分积累的关键限制酶。

表 1 各处理葡萄果实中蔗糖代谢相关酶活性与糖含量组分相关性分析

Table 1 Correlation analysis between soluble sugars and related metabolism enzymes of grape berries in response to different treatments

关系 Relationship	对照Ⅰ ControlⅠ	对照Ⅱ Control Ⅱ	根域限制 RR
酸性转化酶－葡萄糖 AI-glucose	0.882*	0.842*	0.871*
中性转化酶－葡萄糖 NI-glucose	0.665	0.557	0.642
蔗糖合成酶（分解方向）－葡萄糖 SS (cleavage direction) - glucose	0.751	0.912*	0.719
蔗糖合成酶（合成方向）－葡萄糖 SS (synthetic direction)- glucose	0.534	0.693	0.716
蔗糖磷酸合成酶－葡萄糖 SPS- glucose	0.493	0.124	0.496
酸性转化酶－果糖 AI-fructose	0.827*	0.811	0.834*
中性转化酶－果糖 NI-fructose	0.674	0.548	0.580
蔗糖合成酶（分解方向）－果糖 SS (cleavage direction)- fructose	0.754	0.938**	0.674
蔗糖合成酶（合成方向）－果糖 SS (synthetic direction)- fructose	0.552	0.647	0.766
蔗糖磷酸合成酶－果糖 SPS- fructose	0.469	0.169	0.523

注：表中数据为相关系数，*和**分别表示在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 显著水平下的相关。

Note：Date were correlation coefficient and * and ** indicate significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$，respectively.

3 讨论

葡萄叶片制造的光合产物主要以蔗糖的形式通过韧皮部运入果实，但葡萄果实中积累最多的是葡萄糖和果糖（图 1）。因此，葡萄果实中糖代谢对于果实的生长和发育特别是糖分积累至关重要。本试验表明与蔗糖分解相关的中性转化酶（NI）、蔗糖合成酶（分解方向）、特别是酸性转化酶（AI）的活性随果实发育进程而增强，且远大于与蔗糖合成相关的蔗糖合成酶（合成方向）和蔗糖磷酸合成酶（SPS）的活性。相关性分析表明不管哪种处理，AI 均与葡萄果实中含量最多的葡萄糖和果糖呈显著正相关，而且 AI 在整个果实发育过程中的活性均显著高于其它代谢酶（表 1）。Pan 等（2009）的研究也发现 AI 活性大小是不同葡萄种果实中糖含量差异的主要原因。本研究中根域限制显著提高了酸性转化酶（AI）活性（图 2），是根域限制处理果实中总糖、葡萄糖和果糖含量提高（图 1）的主要原因。这与 Xie 等（2009）在根域限制栽培的‘巨峰’葡萄上所得结果相似。

本研究中的对照Ⅰ是和根域限制处理在定植时一起设立的，经过 4 年的生长，两种处理的植株在根域大小和树势上表现出了一定的差异，是根域限制处理的必然结果。因此，为了消除这种差异，阐明根域限制提高果实糖含量的原因，本研究特意在根域限制处理区打破限制根域的塑料膜使葡萄根域与地下水接通作为对照Ⅱ。对照Ⅱ与根域限制在树势、根域大小基本一致，差异仅在于前者的土壤湿度高于后者。对照Ⅰ的葡萄果实中不管是可溶性糖的含量还是 AI 活性均比根域限制的要低，而与对照Ⅱ差异不明显。这一结果说明根域限制提高果实糖含量从而提高果实品质的一个可能的原因是降低的土壤湿度所致。然而，对照Ⅱ和对照Ⅰ对果实糖代谢的影响也有明显区别。对照Ⅱ中蔗糖合成酶分解方向对葡萄糖和果糖的积累也起关键作用，而对照Ⅰ中似乎作用不大。这究竟是由于土壤水分增加所致还是误差的原因还有待进一步研究。Wang 等（2001）的研究表明根域限制可以造成葡萄一定程度的水分胁迫状态。对于大多数农作物来说，水分胁迫对其经济产量和品质都有不利的影响，但在葡萄上的研究表明调节水分亏缺灌溉（Regulated deficit irrigation，RDI）和部分根域干燥（Partial root-zone drying PRD）（根域限制的一种形式）造成的适度的水分胁迫反而有利于提高葡萄及葡萄酒的品质（Grimplet et al.，2007；Du et al.，2008）。然而 Wang 等（2003）用浆果杯（berry-cup）试验得到相反的结果，他们认为水分胁迫使糖的韧皮部卸载量减少导致糖含量降低。但 Dai 等（2009）试验证明水分胁迫下糖的卸载量减少并不一定导致糖含量降低。还有研究表明根域限制使葡萄树体的新叶、褐根和果实中全 N 含量及 NO_3^-与 NH_4^+含量降低（Zhu et al.，2006；Yang et al.，2007），而树体中的矿质元素 N 减少可以增加光合产物分配到果实中的量，这也可能是根域

限制增加可溶性糖含量的原因之一。

综上所述，根域限制促进葡萄果实中糖分积累，因而改善了果实的内在品质。而果实中可溶性糖含量的增加主要是通过糖代谢酶活性的变化，特别是 AI 活性的增加来实现的。由于根域限制处理降低了根系附近的土壤湿度，推测在一定程度上与水分胁迫有类似的作用效果。根域限制对糖代谢的影响是否与其造成葡萄根系的形态结构变化有关等问题仍需设计严格的试验进行研究。

References

Agasse A，Vignault C，Kappel C，Conde C，Gerós H，Delrot S. 2009. Sugar transport and sugar sensing in grape// Roubelakis-Angelakis K A. Grapevine molecular physiology and biotechnology，2nd. Dordrecht，the Netherlands：Springer Science+Business Media：105 – 139.

Avigad G. 1982. Sucrose and other disaccharides//Loewus F A，Tanner W. Encyclopedia of plant physiology. New Series. New York：Springer-Verlag：216 – 347.

Coombe B G. 1989. The grape berry as a sink. Acta Horticulturae，29：149 – 158.

Dai Z W，Vivin P，Robert T，Milin S，Li S，Genard M. 2009. Model-based analysis of sugar accumulation in response to source-sink ratio and water supply in grape（*Vitis vinifera*）berries. Function Plant Biology，36：527 – 540.

Ding C K，Chachin K，Ueda Y，Imahori Y，Wang C Y. 2002. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology，24：341 – 348.

Du T，Kang S，Zhang J，Li F，Yan B. 2008. Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial root-zone drip irrigation. Agricultural Water Management，95：659 – 668.

Grimplet J，Deluc L G，Cramer G R，Cushman J C. 2007. Integrating functional genomics with salinity and water deficit stress responses in wine grape-*Vitis vinifera* // Jenks M A，Hasegawa P M，Jain S M. Advances in molecular breeding drought and salt tolerant crops. New York：Springer：643 – 668.

Ismail M R，Davies W J. 1998. Root restriction affects leaf growth and stomatal response：The role of sap ABA. Sci Hort，74 (4)：257 – 268.

Keller F，Ludlow M M. 1993. Carbohydrate metabolism in drought-stressed leaves of pigeonpea（*Cajanus cajan*）. Journal of Experimental Botany，44：1351 – 1359.

Liu H F，Wu B H，Fan P G，Li S H，Li L S. 2006. Sugar and acid concentrations in 98 grape cultivars analyzed by principal component analysis. Journal of the Science of Food and Agriculture，86：1526 – 1536.

Lu Cai-yu，Huang Chun-hui，Zheng Xiao-yan，Jia Hui-juan，Lu Ru-guo，Teng Yuan-wen. 2009. Effects of root restriction on visual quality，pigments and inner quality of Jumeigui grape berries. Journal of Fruit Science，26：719 – 724. (in Chinese)

卢彩玉，黄春辉，郑小艳，贾惠娟，卢如国，滕元文. 2009. 根域限制对巨玫瑰葡萄果实外观、色素及内在品质的影响. 果树学报，26：719 – 724.

Pan Q H，Cao P，Duan C Q. 2009. Comparison of enzymes involved in sugar metabolism from Shang-24（*Vinifera quinguangularis*）and Cabernet Sauvignon（*Vinifera vinifera*）at veraison. Australian Journal of Grape and Wine Research，15：9 – 17.

Song Jin. 2006. Changes in soluble sugar and organic acid of grape berries during fruit ripening and delayed harvest[M. D. Dissertation]. Beijing：Chinese Academy of Sciences. (in Chinese)

宋 谨. 2006. 葡萄浆果成熟与延迟采收期间糖酸变化特点的研究[硕士论文]. 北京：中国科学院.

Wang S，Okampto G，Ken H，Lu J，Zhang C. 2001. Effect of restricted rooting volume on vine growth and berry development of Kyoho grapevines. American Journal of Enology and Viticulture，52：248 – 253.

Wang Shi-ping，Zhang Cai-xi，Luo Ju-hua，Shao Hao，Guo Qing-hai，Zhu Li-na. 2002. Advances in research of rooting-zone restricted fruit growing. Journal of Fruit Science，19：298 – 301. (in Chinese)

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，19：298 – 301.

Wang Z，Deloire A，Carbonneau A，Federshiel B，Lopez F. 2003. An *in vivo* experimental system to study sugar phloem unloading in ripening grape berries during water deciency stress. Annals of Botany，92：523 – 528.

Xie Z，Li B，Forney C F，Xu W，Wang S. 2009. Changes in sugar content and relative enzyme activity in grape berry in response to root restriction. Scientia Horticulturae，123：39 – 45.

Yang T Y，Zhu L N，Wang S P，Gu W J，Huang D F，Xu W P，Jiang A L，Li S C. 2007. Nitrate uptake kinetics of grapevine under root restriction. Scientia Horticulturae，111：358 – 364.

Zhang Da-peng，Xu Xue-feng，Zhang Zi-lian，Jia Wen-suo. 1997. Studies on the veraison mechanism：Physiological and biochemical responses of grape berries to exogenous hormone treatment and girdling during the lag phase of berry growth. Acta Horticulturae Sinica，24 (1)：1 – 7. (in Chinese)

张大鹏，许雪峰，张子连，贾文锁. 1997. 葡萄果实始熟机理的研究——缓慢生长期外施激素和环剥的效应. 园艺学报，24 (1) ：1 – 7.

Zhao Zhi-zhong，Zhang Shang-long，Xu Chang-jie，Chen Kun-song，Liu Shuan-tao. 2001. Roles of sucrose -metabolizing enzymes in accumulation of sugars in Satsuma Mandarin fruit. Acta Horticulturae Sinica，28：112 – 118. (in Chinese)

赵智中，张上隆，许昌杰，陈昆松，刘拴桃. 2001. 蔗糖代谢相关酶在温州蜜柑果实中糖积累中的作用. 园艺学报，28：112 – 118.

Zhu L，Wang S，Yang T，Zhang C，Xu W. 2006. Vine growth and nitrogen metabolism of ‘Fujiminori’ grapevines in response to root restriction. Scientia Horticulturae，107：143 – 149.

“中国园艺学会 2011 年学术年会”征文通知

中国园艺学会 2011 年学术年会论文摘要集（《园艺学报》2011 年增刊）即日起征文，具体事项通知如下。

栽培技术与生理、采后技术与生理等方面未曾发表过的研究论文摘要（不影响相关论文今后在《园艺学报》全文发表，恕不接收综述摘要和品种介绍文章）。

投稿要求：请于 2011 年 7 月 31 日前将摘要一式三份寄送到：北京中关村南大街 12 号中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部（邮编 100081），并发送电子文件至：ivfyyxb@mail.caas.net.cn，同时请交纳发表费 300 元（汇款地址：北京中关村南大街 12 号中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部，邮编 100081）。对于经过同行专家审稿决定录用的稿件，会前将通知作者参会，并赠阅本期增刊，对于不符合要求未录用的稿件恕不退稿。联系电话：010-62192388。

写作要求：每篇摘要限 A4 纸一页（42 行/页，42 字/行），结构层次请参见如下写作范例，使用法定计量单位，植物拉丁文学名和基因符号用斜体，不写英文和参考文献，不用图表。

写作范例：

论文题目（黑体，2 号字）□□□□□□□

作者姓名（仿宋，4 号字）□□□，□□□，□□□，□□□

(作者单位，城市名 邮编) （宋体，小 5 号字）(□□□□□□□□□□□)

目的与意义（宋体，5 号字）□□□

材料与方法（宋体，5 号字）□□□

结果与分析（宋体，5 号字）□□□

关键词：

中图分类号：（由编辑部填写） **文献标识码：**A **文章编号：**0513-353X

基金项目：

E-mail: Tel:

中国园艺学会 2011 年 1 月 10 日