

马燕萍,赖逸云,应泉盛,等. 不同砧木嫁接对西瓜果实营养品质及瓜氨酸代谢的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):151-154.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.028

# 不同砧木嫁接对西瓜果实营养品质及瓜氨酸代谢的影响

马燕萍<sup>1</sup>, 赖逸云<sup>1</sup>, 应泉盛<sup>2</sup>, 方春英<sup>1</sup>, 郑佳雯<sup>1</sup>, 朱祝军<sup>1</sup>, 何勇<sup>1</sup>

(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院, 浙江杭州 311300; 2. 宁波市农业科学研究院, 浙江宁波 315040)

**摘要:**以西瓜品种早佳 8424 为接穗,采用南瓜类砧木 YZ7、YZ10 和葫芦类砧木 P26、P10 进行嫁接,以早佳 8424 自根苗为对照,研究不同砧木嫁接对西瓜产量、果实营养品质及瓜氨酸代谢的影响。结果表明,与对照相比,4 种砧木嫁接西瓜的单果质量和产量均显著提高了,其中 P10 砧木嫁接后单果质量提高了 46.0%,增产 63.21%;P10 和 YZ10 砧木嫁接后西瓜果实中的可溶性蛋白质含量显著下降,YZ10、P10 砧木嫁接后西瓜果实中的维生素 C 含量显著提高,4 种砧木嫁接后西瓜果实的番茄红素含量均显著下降;南瓜类砧木 YZ7、YZ10 嫁接后西瓜果实中的瓜氨酸和鸟氨酸氨基甲酰转移酶(OCT)活性均显著提高,进一步分析发现,瓜氨酸含量和 OCT 活性显著呈( $r=0.935$ )正相关。说明不同砧木嫁接对西瓜果实营养品质的影响不同,供试的南瓜类砧木嫁接可提高 OCT 活性,进而提高瓜氨酸含量。

**关键词:**西瓜;砧木;嫁接;果实营养品质;瓜氨酸;鸟氨酸氨基甲酰转移酶

**中图分类号:**S651.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)01-0151-04

我国西瓜产业发展迅速,在农业产业结构调整与农民收入提高中占重要地位<sup>[1]</sup>。根据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)统计,2016 年全国西瓜播种面积为 189.08 万  $\text{hm}^2$ ,总产量为 7 940 万  $\text{t}$ <sup>[2]</sup>。连作障碍是影响设施西瓜可持续生产的重要限制性因子<sup>[3]</sup>,而嫁接是缓解西瓜连作障碍的有效方法之一。近年来,有研究认为嫁接会影响西瓜果实营养品质。刘润秋等发现,黑籽南瓜、N-型西瓜砧、将军、超丰  $F_1$  等砧木嫁接后西瓜果实中可溶性蛋白质含量显著降低<sup>[4]</sup>。陈晖等研究表明,南瓜类砧木黑籽南瓜、南砧一号、新土佐嫁接后西瓜果实中维生素 C 含量显著低于自根苗,葫芦类砧木京欣砧一号、航兴砧一号、好伙伴  $F_1$  嫁接后西瓜果实中维生素 C 含量显著高于自根苗<sup>[5]</sup>。关立颖利用南瓜、葫芦、瓠子和野生西瓜进行嫁接,4 种砧木嫁接后西瓜果实中番茄红素含量无显著差异<sup>[6]</sup>。这些研究多侧重于外观与口感以及可溶性蛋白质、维生素 C、番

茄红素含量等方面,对瓜氨酸含量影响的研究较少<sup>[7]</sup>。本试验研究了南瓜、葫芦 2 种主要类型的砧木嫁接对西瓜果实重要营养品质及瓜氨酸代谢的影响,以期为优质西瓜生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

西瓜接穗品种为早佳 8424,砧木品种共 4 个,分别是 2 个南瓜类砧木 YZ7 和 YZ10、葫芦类砧木 P26 和 P10,均由宁波市农业科学研究院提供;以早佳 8424 自根苗为对照。试验于 2018 年在宁波市农业科学研究院塑料大棚内进行,于西瓜开花后 30 d 采摘西瓜果实,每处理 3 次重复。

### 1.2 试验方法

果实成熟后按小区采摘,每处理 3 次重复,每重复标记 10 株,依次称质量,计算产量。

**1.2.1 果实营养成分含量的测定** 维生素 C 含量采用 2,6-二氯靛酚钠盐滴定法<sup>[8]</sup>测定;番茄红素含量采用分光光度法<sup>[9]</sup>测量;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法<sup>[10]</sup>测定。

**1.2.2 瓜氨酸含量的测定** 参照程志强等的方法<sup>[11]</sup>测定。称取 10 g 西瓜瓤鲜样进行研磨,加入 15 mL 甲醇-6 mol/L HCl(体积比 9:1),在 55 °C 下水浴 20 min,用活性炭脱色并过滤,每 1 mL 滤液

收稿日期:2018-11-07

基金项目:浙江省自然科学基金(编号:LY15C150005)。

作者简介:马燕萍(1993—),女,浙江东阳人,硕士研究生,主要从事园艺植物生理生化研究。E-mail:948916247@qq.com。

通信作者:何勇,博士,副教授,主要从事设施园艺研究。E-mail:heyong@zafu.edu.cn。

中添加 7 mL 的蒸馏水进行稀释,混匀。取 1 mL 稀释液加入 4 mL 蒸馏水、2 mL 硫酸-磷酸(体积比 1:3)混合液和 0.25 mL 30 g/L 二乙酰一肟,充分摇匀,避光煮沸 30 min。冷却到室温后,在波长 490 nm 下测定吸光度。

### 1.2.3 鸟氨酸氨基甲酰转移酶(OCT)活性的测定

参照张一兵等的方法<sup>[12]</sup>测定。称取西瓜瓤鲜样 2 g 放入研钵中,加入 10 mL 的 Tris-HCl 缓冲液,冰浴研磨成匀浆。4 °C 条件下静置 4 h,10 000 r/min,离心 20 min。取 0.15 mL 的酶粗提液,1.5 mL 的 R1 溶液,0.35 mL 的 R2 溶液,测  $D_{340\text{ nm}}$  变化率,根据消光系数 [6.22 L/(mmol·cm)] 计算活性,每单位活性(U)是指在 25 °C 下 1 min 内使 1  $\mu\text{mol}$  NADH 转化为  $\text{NAD}^+$  所需要 OCT 的微摩尔数。其中 R1 溶液为 0.1 mol/L 磷酸盐缓冲液(pH 值 = 7.2)、12 mol/L  $\alpha$ -酮戊二酸、0.7 kU/L 谷氨酸脱氢酶、0.4 mol/L NADH 和 4 mol/L ADP;R2 溶液为 0.1 mol/L 磷酸盐缓冲液(pH 值 = 7.2)和 2 mol/L 瓜氨酸。

### 1.3 数据分析

用 SPSS 软件进行数据统计分析,采用 LSD 法(least significant difference)进行显著性分析,使用 Excel 软件进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同砧木嫁接对西瓜单果质量和产量的影响

由表 1 可知,4 种砧木嫁接后西瓜单果质量均显著提高( $P < 0.05$ ),P10 嫁接西瓜的单果质量最大,达 7.20 kg,较对照提高了 46.0%;4 种砧木嫁接西瓜产量均显著高于对照( $P < 0.05$ ),P10 嫁接后西瓜产量最高,达到 38 925 kg/hm<sup>2</sup>,与对照相比增产 63.21%。

表 1 不同砧木嫁接对西瓜单果质量、产量的影响

嫁接砧木	单果质量(kg)	产量(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率(%)
早佳 8424(CK)	4.93 ± 0.52e	23 850 ± 1 395e	—
YZ7	5.45 ± 0.42d	29 715 ± 1 275d	24.59
YZ10	5.64 ± 0.31c	25 575 ± 1 140c	7.23
P26	6.28 ± 0.26b	31 965 ± 1 800b	34.03
P10	7.20 ± 0.45a	38 925 ± 1 575a	63.21

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2 不同砧木嫁接对西瓜果实可溶性蛋白质含量的影响

砧木嫁接对西瓜果实可溶性蛋白质含量影响

因砧木类型而异(图 1),与对照相比,P10、YZ10 嫁接果实可溶性蛋白质含量显著( $P < 0.05$ )下降,其值为 55.63、44.39 mg/100 g FW,分别降低了 12.7%、30.3%,YZ7 和 P26 嫁接对可溶性蛋白质含量无显著影响。

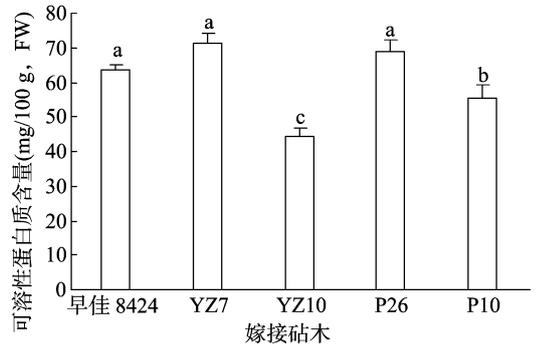


图 1 不同砧木嫁接对西瓜果实可溶性蛋白质的影响

### 2.3 不同砧木嫁接对西瓜果实维生素 C 含量的影响

由图 2 可以看出,砧木嫁接对西瓜果实中维生素 C 含量影响存在品种依赖性,YZ10、P10 嫁接后西瓜果实维生素 C 含量显著提高( $P < 0.05$ ),达到 18.7、16.83 mg/100 g·FW,分别提高了 130.9%、107.8%。YZ7 和 P26 嫁接后西瓜果实中的维生素 C 含量显著( $P < 0.05$ )降低,为 4.74、1.78 mg/100 g·FW,分别降低了 41.5%、78.0%。

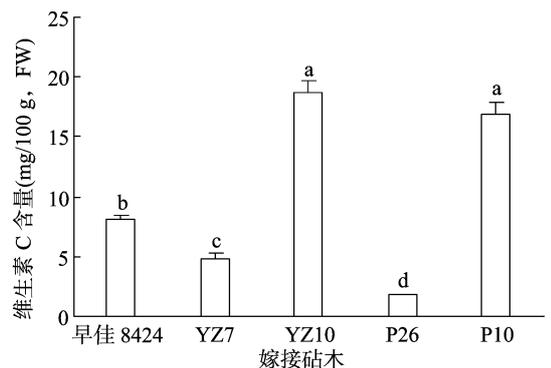


图 2 不同砧木嫁接对西瓜果实维生素 C 含量的影响

### 2.4 不同砧木嫁接对西瓜果实番茄红素含量的影响

与对照相比,4 种砧木嫁接均显著,降低了西瓜果实番茄红素含量( $P < 0.05$ )。YZ7、P26 砧木嫁接后西瓜果实中番茄红素含量显著低于其他砧木嫁接( $P < 0.05$ ),其值为 0.52、0.64 mg/100 g FW,分别比对照降低了 70.2%、63.2%(图 3)。

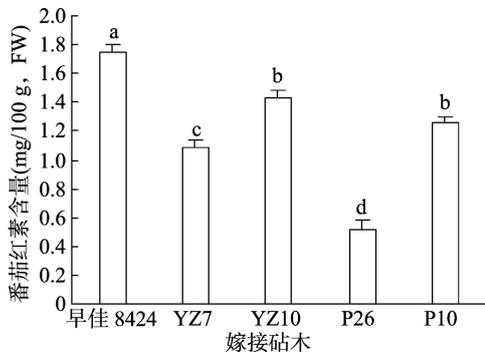


图3 不同砧木嫁接对西瓜果实番茄红素含量的影响

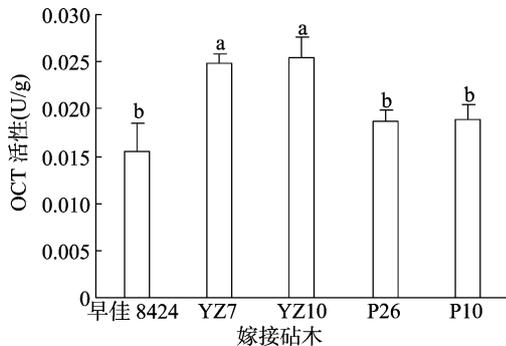


图5 不同砧木嫁接对西瓜果实 OCT 活性的影响

## 2.5 不同砧木嫁接对西瓜果实瓜氨酸含量的影响

由图4可知,不同砧木嫁接对果实中瓜氨酸含量影响不同。南瓜类砧木 YZ10、YZ7 嫁接后西瓜果实中的瓜氨酸含量显著高于其他砧木 ( $P < 0.05$ ), 达到 1.33、1.06 g/kg FW, 分别比对照提高了 111.1%、68.3%, 葫芦类砧木 P26 和 P10 嫁接后无显著影响。

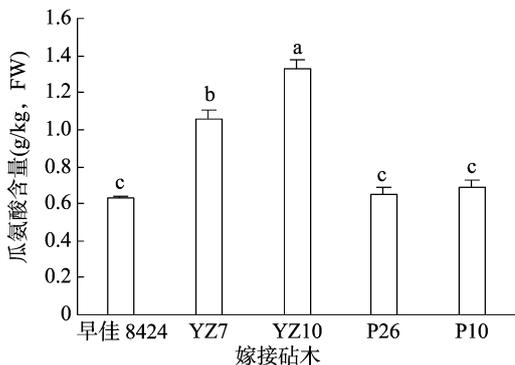


图4 不同砧木嫁接对西瓜果实瓜氨酸含量的影响

## 2.6 不同砧木嫁接对西瓜果实 OCT 活性的影响

南瓜类砧木 YZ10、YZ7 的 OCT 活性显著高于未嫁接和葫芦砧木嫁接西瓜 ( $P < 0.05$ ), 达到 0.025 4、0.024 8 U/g FW, 分别比对照增加 63.9%、59.7%, 葫芦类砧木 P26 和 P10 与对照没有显著差异(图5)。

## 2.7 西瓜果实中瓜氨酸含量与 OCT 活性的相关性分析

经  $F$  检验,  $P < 0.05$ , 表明西瓜果实中瓜氨酸含量与 OCT 活性间相关系数  $r$  达到显著水平, 相关系数  $r = 0.935$  (表2)。

## 3 讨论

单果质量是西瓜产量构成的重要因素。张兆辉等发现, 不同砧木嫁接西瓜平均单瓜质量增加 0.45 kg 以上; 嫁接西瓜的产量均达到 47 000.0 kg/hm<sup>2</sup>, 增

表2 瓜氨酸含量与 OCT 活性相关性

指标	项目	OCT 活性	瓜氨酸含量
OCT 活性	Pearson 相关系数	1.000	0.935 *
	$P$ 值(双侧)		0.020
	$n$	5	5

注: \* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

产 10% 以上<sup>[13]</sup>。刘国栋等研究表明, 与自根苗相比, 超丰 F<sub>1</sub>、散葫芦砧木嫁接后产量分别降低了 5% 和 3%, 京欣砧 1 号砧木嫁接后产量提高了 8%<sup>[14]</sup>。本试验表明, 4 种不同砧木嫁接西瓜的单果质量和产量均显著高于对照, 与张兆辉等的研究结果<sup>[13]</sup>一致, 这说明选用适当的砧木嫁接可以提高西瓜单果质量和产量。

可溶性蛋白质是西瓜中重要的营养物质。林叶等以京欣砧 3 号等 12 个南瓜类砧木嫁接西瓜早佳 8424, 发现南瓜类砧木嫁接均显著增加了西瓜果实中可溶性蛋白质含量<sup>[15]</sup>。施先锋等研究表明, H22 砧木嫁接后果实中可溶性蛋白质含量显著低于自根苗, XTZ 和 H08-6 砧木嫁接对可溶性蛋白质含量无显著影响<sup>[16]</sup>。本研究发现, YZ10 和 P10 砧木嫁接后西瓜果肉的可溶性蛋白质含量显著低于对照, YZ7 和 P26 砧木嫁接西瓜中的可溶性蛋白质含量与对照相比无显著性差异, 这说明砧木品种是影响嫁接后西瓜果实可溶性蛋白质含量的重要因素。

番茄红素是一种天然色素, 有抗癌、抗氧化、预防心血管疾病等生理功能<sup>[17-18]</sup>。Proietti 等发现, 南瓜杂交种 PS1313 作为砧木嫁接后西瓜果实中番茄红素含量增加 40.5%<sup>[19]</sup>。关立颖利用南瓜、葫芦、瓠子和野生西瓜进行嫁接, 发现 4 种砧木嫁接后均未引起番茄红素含量的显著变化<sup>[6]</sup>。施先锋等研究表明, 以优秀砧 1 号嫁接小型果西瓜万福来、极品春玉王, 与自根苗相比, 嫁接组合植株果实中的番茄红素含量大幅度降低<sup>[20]</sup>。本试验发现嫁接西瓜果实中的番茄红素含量显著降低, 与施先锋等的

研究结果<sup>[20]</sup>相一致。这说明砧木嫁接对西瓜果实中番茄红素含量的影响存在砧木品种依赖性。

维生素 C 是西瓜果实中的重要营养物质之一, 是人体中的高效抗氧化剂<sup>[21]</sup>。刘润秋等发现, 以南瓜、葫芦、西瓜本砧为砧木嫁接早佳西瓜后, 各嫁接组合植株果实的维生素 C 含量与自根苗无显著差异<sup>[4]</sup>。Proietti 等研究发现, 将南瓜杂交种 PS1313 作为砧木进行嫁接, 嫁接植株果实中的总维生素 C 含量比自根苗西瓜提高了 7%<sup>[19]</sup>。本研究发现, YZ10 与 P10 砧木嫁接西瓜可显著提高果肉中的维生素 C 含量, 这与 Proietti 等的研究结果<sup>[19]</sup>一致, 但 P26 与 YZ7 砧木嫁接西瓜中维生素 C 含量显著低于对照, 这可能是由砧木品种差异造成的。

瓜氨酸是西瓜果实中重要的次生代谢物质。李蒙蒙研究表明, 南瓜类砧木 9904 和 SBD 黑嫁接后西瓜果实瓜氨酸含量分别提高了 14.0% 和 63.0%<sup>[22]</sup>。Kyriacou 等研究也表明, 和自根苗相比, 南瓜杂交种 TZ148 砧木嫁接后西瓜果实中瓜氨酸含量增加 12.5%<sup>[7]</sup>。本试验表明, 南瓜类砧木 YZ7、YZ10 嫁接后西瓜果实中瓜氨酸含量显著高于对照, 葫芦类砧木 P26、P10 与对照相比无显著性差异。这说明部分南瓜类砧木嫁接后可以提高西瓜果实中瓜氨酸的含量。

OCT 是瓜氨酸合成代谢的关键酶, 催化鸟氨酸和氨基甲酰磷酸合成瓜氨酸<sup>[23]</sup>。本研究发现, 南瓜类砧木 YZ10、YZ7 嫁接后显著提高了西瓜果肉中的 OCT 活性。4 种不同砧木嫁接西瓜中 OCT 活性与瓜氨酸含量显著正相关 ( $r = 0.935$ ), 这说明南瓜类砧木嫁接可能通过提高 OCT 活性促进西瓜果实中瓜氨酸的积累。

## 4 结论

砧木嫁接能显著提高西瓜果实的产量, 对西瓜营养品质的影响因砧木品种不同而异。砧木 P10 和 YZ10 嫁接降低了西瓜果实可溶性蛋白质含量, 提高了西瓜果实维生素 C 含量。南瓜类砧木 YZ7 和 YZ10 嫁接提高了西瓜果实中瓜氨酸代谢关键酶鸟氨酸氨基甲酰转移酶活性, 促进了功能成分瓜氨酸的积累。

### 参考文献:

[1] 郑群, 宋维慧. 国内外蔬菜嫁接技术研究进展(上)[J]. 长江蔬菜, 2000(8): 1-4, 0.  
[2] 中国农业统计资料(2016)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.

[3] 魏晓明, 赵银平, 杨瑞平. 设施西瓜连作障碍及防治措施研究进展[J]. 中国瓜菜, 2016, 29(9): 1-5.  
[4] 刘润秋, 张红梅, 徐敬华, 等. 砧木对嫁接西瓜生长及品质的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2003, 21(4): 289-294.  
[5] 陈晖, 周梅英, 高秋美, 等. 不同砧木嫁接对西瓜果实品质的影响[J]. 农业科技通讯, 2015(7): 117-118, 128.  
[6] 关立颖. 嫁接对西瓜营养成分的影响及番茄红素测定方法初探[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2011.  
[7] Kyriacou M C, Soteriou G A, Roupheal Y A, et al. Configuration of watermelon fruit quality in response to rootstock-mediated harvest maturity and postharvest storage[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2016, 96(7): 2400-2409.  
[8] 谭延华. 紫外分光光度法测定还原型维生素 C[J]. 药物分析, 1992, 11(1): 28.  
[9] 何春玖. 番茄中番茄红素提取工艺的优化[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(15): 3642-3646.  
[10] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 38-39.  
[11] 程志强, 刘文革, 邓云, 等. 西瓜果实中 L-瓜氨酸的提取与测定[J]. 果树学报, 2010(4): 650-654.  
[12] 张一兵, 王霞, 张淑琴, 等. 鸟氨酸氨基甲酰转移酶速率法测定及其在肝病中的诊断意义[J]. 临床肝胆病杂志, 2010, 26(1): 60-62.  
[13] 张兆辉, 牛青, 杨晓峰, 等. 不同砧木嫁接对西瓜生长、果实品质及丰产性的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(7): 72-75.  
[14] 刘国栋, 路志学, 芦金生, 等. 提高嫁接西瓜产量和品质的研究[J]. 中国西瓜甜瓜, 2004(3): 1-3.  
[15] 林叶, 段青青, 邵晶毅, 等. 不同南瓜砧木对嫁接西瓜生长、产量及品质的影响[J]. 北方园艺, 2015(5): 12-16.  
[16] 施先锋, 程维舜, 张娜, 等. 不同砧木品种对嫁接西瓜生长、品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2015(3): 27-30.  
[17] Edwards A J, Vinyard B T, Wiley E R, et al. Consumption of watermelon juice increases plasma concentrations of lycopene and  $\beta$ -carotene in humans[J]. The Journal of Nutrition, 2003, 133(4): 1043-1050.  
[18] Agarwal S, Rao A V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases[J]. Canadian Medical Association Journal, 2000, 163(6): 739-744.  
[19] Proietti S, Roupheal Y, Colla G A, et al. Fruit quality of mini-watermelon as affected by grafting and irrigation regimes[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(6): 1107-1114.  
[20] 施先锋, 曾红霞, 李煜华, 等. 嫁接对西瓜果实发育过程中番茄红素积累的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(4): 169-171.  
[21] 张俊杰, 程志强. 西瓜的营养成分及保健功能[J]. 南方园艺, 2013, 24(2): 49-50.  
[22] 李蒙蒙. 西瓜种质资源瓜氨酸含量分析评价与合成途径关键酶基因的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.  
[23] 贺滢, 苏珊珊, 詹园凤, 等. 植物鸟氨酸氨基甲酰转移酶研究进展[J]. 北方园艺, 2014(20): 193-197.