

# 乙烯利和乙磷铝对酿酒葡萄果皮白藜芦醇含量的影响

代红军<sup>1</sup>, 范永<sup>2</sup>, 张燕<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 中粮长城葡萄酒宁夏有限公司, 宁夏 银川 750001)

**摘 要:**以酿酒葡萄“赤霞珠”(Cabernet-Sauvignon)为试材, 采用外源喷施法研究了乙烯利(CEPA)、乙磷铝(Fosetyl-aluminum)对葡萄果皮中白藜芦醇(Resveratrol, Res)的诱导作用。结果表明:CEPA 对 Res 诱导效果不明显, 虽然在幼果期诱导提高了葡萄果皮 Res 含量及苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性, 分析认为是 CEPA 提前了葡萄转色期所致; 30 mg/L 乙磷铝能显著提高成熟期葡萄果皮中 Res 含量, 作用时间较长, 并且在短时间内刺激了 PAL 活性的提高。

**关键词:**白藜芦醇; 乙烯利; 乙磷铝; 诱导; 苯丙氨酸解氨酶

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)03-0001-05

白藜芦醇(Resveratrol, Res)属多酚化合物<sup>[1]</sup>, 化学名为芪三酚(3,4',5-trihydroxystilbene), 是 1976 年作为葡萄属植物的抗逆物质-植物抗毒素(Phytoalexin)而被发现的, 它的产生与葡萄植株受真菌的侵染或非生物刺激(如紫外辐射、臭氧处理、植物生长调节剂、机械损伤等)有关。随着研究的深入, 发现白藜芦醇能够预防血栓形成、降低心血管疾病的发病率; 还具有预防和抑制癌症等多种药理作用, 被认为是抗肿瘤剂和治疗心血管疾病的有效成分, 因此被喻为继紫杉醇之后的又一新的绿色抗癌药物<sup>[2-5]</sup>。葡萄中 Res 具有含量高、种质资源丰富、提取的 Res 纯天然等特点, 符合人们保健要求, 因而已引起科学界和企业界的极大重视<sup>[6-7]</sup>。

葡萄属植物受到非生物刺激诱导时, Res 等次生代谢物会急剧增加<sup>[8]</sup>。乙烯利(CEPA)和乙磷铝(Fosetyl-aluminum)都是非生物诱导因子。CEPA 是一种植物生长延缓剂, 能抑制新梢生长, 减少因生长对光合产物的消耗, 从而积累能量, 提高抗逆性<sup>[9]</sup>。乙磷铝是一种内吸性杀菌剂, 自 20 世纪 70 年代以来广泛应用于防治植物卵菌纲引起的病害, 在葡萄生产中对霜霉病有很好的防治效果, 也有报道乙磷铝能显著提高活体葡萄中 Res 的含量<sup>[10]</sup>。

该试验以酿酒葡萄品种“赤霞珠”(Vitis vinifera L. Cabernet Sauvignon)为材料, 采用外源喷施法研究了 CEPA、乙磷铝对葡萄果皮中 Res 的诱导作用, 从而为增加酿酒原料中功能活性成分 Res 的含量提供理论依据。

**第一作者简介:**代红军(1967-), 女, 宁夏银川人, 博士, 教授, 现主要从事葡萄生理等研究工作。E-mail: dai\_hj@nxu.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31260456); 宁夏自治区自然科学基金资助项目(NZ1125)。

**收稿日期:**2013-10-22

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试葡萄品种为宁夏玉泉营农场葡萄基地的 6 a 生“赤霞珠”(Vitis vinifera L. Cabernet Sauvignon)。2002 年定植, 采用单臂篱架整形方式, 株距 0.5 m, 行距 2.5 m, 南北走向, 普通管理方式, 生长结果良好, 管理水平中。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 CEPA 诱导** 在葡萄幼果期(2009 年 7 月 13)和成熟期(2009 年 8 月 24), 选 18 株长势均匀、无病害的葡萄植株分别标记。设 CEPA 溶液浓度 200、400、600、800、1 000 mg/L 共 5 种处理, 均匀喷施葡萄叶面及果穗, 并以喷施重蒸馏水为对照, 3 次重复。每 2 周采样 1 次, 每株葡萄分上、中、下随机采取 10 粒果实, 分离果皮, 经液氮速冻后研磨, 放入-80℃低温冰箱保存待测。

**1.2.2 乙磷铝诱导** 在葡萄成熟期(2009 年 8 月 24), 另选 18 株长势均匀、无病害的葡萄植株标记, 分别设乙磷铝溶液浓度 10、20、30、40、50 mg/L 5 种处理, 均匀喷施葡萄叶面及果穗, 并以喷施重蒸馏水为对照, 3 次重复。每周采样 1 次, 采样方法同上, 分离果皮, 经液氮速冻后研磨, 放入-80℃低温冰箱保存待测。在 CEPA 和乙磷铝诱导葡萄 Res 合成过程中由于各诱导剂所需浓度范围不同, 将诱导剂作为一级试验因素, 浓度作为二级试验因素, 采用嵌套设计, 每处理重复 3 次。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 Res 的提取与测定**<sup>[11]</sup> 精确称取冻样 2 g 样品于研钵中, 加入甲醇(60%)8 mL 和少许石英砂研磨成匀浆; 振荡 10 min 后, 置于超声波清洗器中超声提取 10 min, 经 12 000 r/min 离心 15 min 取上清液。重复提取 2 次, 合并滤液。用 0.45 μm 有机相微孔滤膜过滤, 得供试品溶液, 置于-30℃冰箱中待测。为防止 Res

发生顺式体转化,提取过程须避光操作。采用日本岛津 SHIMADZU HPLC 系统,包括 LC-20AT 泵 A 和 LC-20ATP680 泵 B,CTO-10AS 柱温箱,SPD-M20A 检测器(日本岛津公司)。色谱柱:色谱柱 Supelcosil LC18 (250 mm×4.6 mm,5  $\mu$ m)(日本岛津),流动相为乙腈-水(40:60),流速 1 mL/min,柱温:25℃,检测波长 307 nm,进样量 20  $\mu$ L。

1.3.2 苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的测定 采用薛应龙<sup>[12]</sup>的方法称取 0.5 g 试验材料,加入 0.2 mol/L 硼酸缓冲液(pH 8.8,其中含有 2 mol/L 的疏基乙醇)8 mL 和少许 PVP 及石英砂,冰浴中研磨成匀浆,在 12 000 r/min 离心 10 min,得到的上清液即为 PAL 粗酶提取液,作为测定用。取 0.8 mL 酶液加 1 mL 0.02 mol/L 的 L-苯丙氨酸,2 mL 硼酸缓冲液,总体积为 3.8 mL,置恒温水浴 30℃中保温 30 min,对照组水浴后加酶液。用 0.2 mL 10%的盐酸终止反应,冷却后用紫外分光光度计在 290 nm 处测定吸光度。以 1 h 在 290 nm 处吸光度增加 0.01 所需酶量为 1 个酶活单位(U)。

## 2 结果与分析

### 2.1 CEPA 处理对葡萄果皮 Res 诱导和 PAL 活性的影响

由图 1 可知,在葡萄幼果期进行诱导,各浓度 CEPA 均能显著提高葡萄果皮中 Res 含量,但是 CEPA 喷施浓度不同诱导葡萄果皮 Res 合成能力存在差异,其中效果最显著的浓度为 800 mg/L,是对照的 9.23 倍,诱导率较对照提高了 823.08%;进入转色期(花后 61 d),葡萄果皮中 Res 含量迅速达到峰值,但诱导率却迅速下降,200 mg/L CEPA 的诱导率降为负值,为一 6.83%,且经 CEPA 处理的葡萄植株,转色较早;葡萄成熟期(花后 75 d 对葡萄进行诱导),葡萄果皮中 Res 含量有所提高,但效果不显著,仍以 800 mg/L CEPA 浓度的诱导效果较好,较对照提高了 8.71  $\mu$ g/g,诱导率提高了 20.71%,诱导作用较幼果期明显降低;进入葡萄采收期,果皮中 Res 含量均有所升高,但诱导率均较低,变化也较复杂,分析

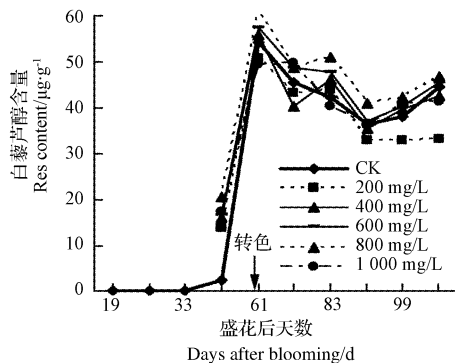


图 1 乙烯利处理对葡萄果皮白藜芦醇含量的影响

Fig. 1 Effect of ethephon treatment on Res contents in grape peel

原因可能是受到了雨水的胁迫造成。

由图 2 可知,葡萄幼果期喷 CEPA 诱导后,PAL 活性显著高于对照,以 800 mg/L 和 600 mg/L 的诱导效果最佳,分别比对照提高了 7.23 U/g FW 和 6.94 U/g FW;进入转色期,葡萄果皮 PAL 活性陡然升高;成熟期诱导后,PAL 活性较对照有所提高,其中诱导效果最佳的浓度仍为 800 mg/L CEPA,但效果不显著,只比对照提高 0.41 U/g FW。

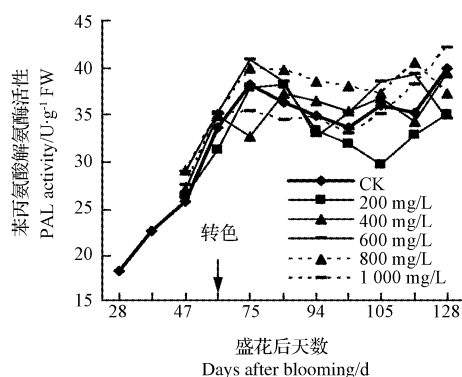


图 2 乙烯利处理对葡萄果皮苯丙氨酸解氨酶活性的影响

Fig. 2 Effect of ethephon on treatment of PAL activity in grape peel after

由图 3 可知,在葡萄幼果期经不同浓度 CEPA 诱导 2 周后,葡萄果皮中 Res 含量和 PAL 活性,诱导组与对照组无显著性差异;经相关分析得,相关系数  $R=0.79649$ ,  $P=0.0579>0.05$ ,说明葡萄果皮的 Res 含量和 PAL 活性没有相关性。

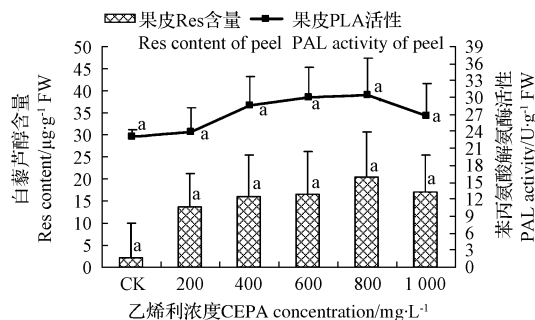


图 3 葡萄幼果期不同乙烯利浓度处理 2 周后葡萄果皮 Res 含量和 PAL 活性比较

Fig. 3 Comparison of Res content and PAL activity in grape peel two weeks after treatment by different concentrations of ethephon in Grape young fruit period

### 2.2 乙磷铝处理对葡萄果皮 Res 诱导和 PAL 活性的影响

由图 4 可知,各浓度乙磷铝对葡萄果皮中 Res 含量的影响差异较大,其中 10、20、30 mg/L 的乙磷铝均使葡萄果皮中 Res 含量有不同程度的提高,40、50 mg/L 的乙磷铝却降低了葡萄果皮中 Res 含量。20 mg/L 乙磷铝对果皮中 Res 的诱导率最高为 32.81%,50 mg/L 乙磷

铝对果皮中 Res 的诱导率最低为 -20.21%。随着葡萄的成熟,对照葡萄果皮中 Res 含量逐渐下降,10 mg/L 和 20 mg/L 乙磷铝的诱导组 Res 含量先升高后降低。到葡萄采收时,10 mg/L 乙磷铝对葡萄果皮中 Res 的诱导率仍为 22.45%,可见乙磷铝在葡萄果实中的作用时间要长于 CEPA。

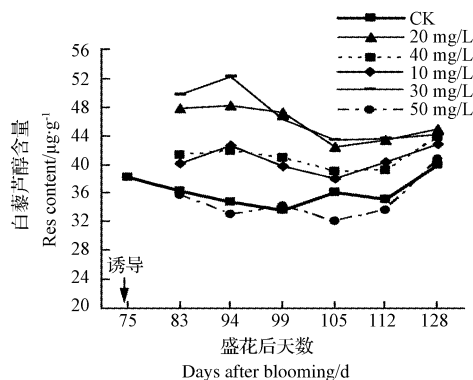


图 4 乙磷铝处理对葡萄果皮中 Res 含量的影响

Fig. 4 Effect of treatment by fosetyl-aluminium on Res contents in grape peel

由图 5 可以看出,葡萄 PAL 活性随乙磷铝浓度有的增加显著变化。诱导效果最佳为 20 mg/L 乙磷铝,较对照提高了 4.2 U/g FW,其次是 10 mg/L 乙磷铝,较对照提高了 2.05 U/g FW;30 mg/L 乙磷铝诱导率较低,40、50 mg/L FW 乙磷铝则使葡萄果皮 PAL 活性大幅下降,可能是由于较高的乙磷铝浓度使葡萄受到伤害所致;随着葡萄的成熟,诱导组 PAL 活性逐渐下降,诱导率随之降低,一直到葡萄采收(花后 105 d)PAL 活性较对照并无明显差异;而高浓度的乙磷铝使葡萄遭受伤害,诱导后 PAL 活性均低于对照。

由图 6 可知,在葡萄成熟期进行不同浓度乙磷铝诱导 1 周之后,葡萄果皮中 Res 含量和 PAL 活性诱导组与对照组无显著性差异;经相关分析可知,相关系数  $R=0.92141$ ,  $P=0.0090<0.05$ ,说明葡萄果皮的 Res 含量和 PAL 活性存在极显著正相关,随着 PAL 活性的增强,Res 含量增加。

表 1

成熟期诱导 1 周后嵌套试验分析

Table 1

Nested test analysis in maturation stage of a week after induction

诱导剂浓度 Induction concentration	乙烯利 Ethephon/mg · L <sup>-1</sup>						乙磷铝 Fosetyl-aluminium/mg · L <sup>-1</sup>					
	0(CK)	200	400	600	800	1 000	0(CK)	10	20	30	40	50
诱导率 Induction rate/%	0	6.2	8.4	14.5	21.0	-5	0	29.2	31.2	12.2	-10.2	-13.8
	0	3.7	9.1	9.6	12.3	0.5	0	19.4	37.4	22.1	-0.3	-27.5
	0	1.8	11.3	15.5	28.8	-8	0	23.1	29.8	19.7	-5.7	-19.3

由表 2 可知,不同诱导剂以及不同配比浓度比较,诱导率最高的是 20 mg/L 的乙磷铝,显著高于其它处理;其次是 10 mg/L 的乙磷铝,然后是 800 mg/L 的乙烯利。从诱导结果可以得出,低浓度的乙磷铝的诱导效果高于乙烯利。乙磷铝作为植物抗毒素诱导剂,在葡萄生

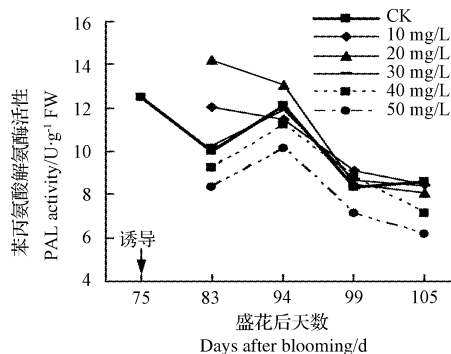


图 5 乙磷铝处理葡萄果皮 PAL 活性的影响

Fig. 5 Effect of treatment by fosetyl-aluminium on PAL activity in grape peel

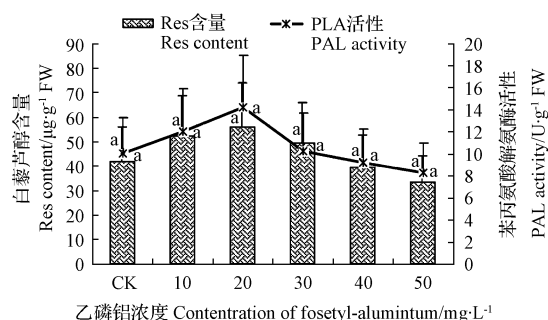


图 6 葡萄成熟期不同浓度乙磷铝处理 1 周后葡萄果皮 Res 含量和 PAL 活性比较

Fig. 6 Comparison of Res content and PAL activity in grape peel one week after treatment by different concentrations of fosetyl-aluminium in grape maturity

2.3 不同成熟期诱导处理对葡萄果皮 Res 诱导率的影响  
在葡萄成熟期诱导后,各处理间的诱导率见表 1。经方差分析得  $F=32.47$ ,  $P<0.0001$ ,说明模型有统计意义。主要因素(诱导剂种类)所对应的  $F=0.43$ ,  $P=0.5196>0.05$ ,说明不同诱导剂对葡萄果皮白藜芦醇的诱导率无影响,次要因素(诱导剂浓度)所对应的  $F=35.68$ ,  $P<0.0001$ ,说明对于同种诱导剂,不同浓度对诱导率有影响。

产上对霜霉病有很好的防治效果,该试验中使用低浓度的乙磷铝诱导葡萄,可以显著提高 Res 含量;乙烯利作为植物生长调节剂对葡萄及葡萄酒品质无影响,但是诱导 Res 合成效果不显著,所以乙磷铝更适合在生产上推广使用。



表 2

成熟期诱导 1 周后诱导率变化比较

Table 2

Compared the transform of inducement rate in maturation stage of a week after induction

诱导剂浓度		乙烯利 Ethephon/ mg · L <sup>-1</sup>					乙磷铝 Fosetyl-aluminium/ mg · L <sup>-1</sup>					
Induction concentration	0(CK)	200	400	600	800	1 000	0(CK)	10	20	30	40	50
诱导率 Induction rate/%	0.0fgEF	3.9efDEF	9.6deBCE	13.2cdBCD	20.7bcB	—3.2fgF	0.0fgEF	23.9bAB	32.8 aA	18.0bcBC	—5.4gF	—20.2hG

注:不同小写字母代表 0.05 水平下差异显著,不同大写字母代表 0.01 水平下差异显著。

Note: Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level, different capital letters mean significant difference at 0.01.

### 3 讨论与结论

利用植物生长调节剂 CEPA 既可以诱导反式 Res 的生物合成,又可以对植物产生某种有利效应。如提前成熟,乙烯利也能够提高植物中 STS 表达从而诱导白藜芦醇的合成,还可以有效提高葡萄的抗冻能力<sup>[13-16]</sup>。该研究表明,在葡萄幼果期喷施 CEPA,各浓度 CEPA 能显著提高葡萄果皮中 Res 含量,其中诱导效果最佳浓度为 800 mg/L;在葡萄成熟期喷施 CEPA,效果不显著,葡萄果皮中 Res 含量没有显著提高;随着葡萄采收期的到来,果皮中 Res 含量有所提高,但诱导率均较低,变化也较复杂,分析原因是受到了雨水的胁迫。CEPA 对葡萄果皮 PAL 活性的影响与 Res 含量变化有相同的趋势,幼果期的诱导效果较显著,成熟期不显著。经观察发现,受 CEPA 诱导的葡萄植株,葡萄转色期要比对照组提前到来。随着葡萄转色期的到来,Res 含量会陡然升高,究竟是因为 CEPA 诱导了葡萄 Res 的合成,还是 CEPA 使葡萄转色期提前到来所造成 Res 含量的升高,其机制还有待进行深入探究。

乙磷铝作为植物抗毒素诱导剂,能够影响植物体内诱导抗病性等多种生理过程。元桂梅等<sup>[17]</sup>进行了乙磷铝喷施葡萄叶片的研究,发现乙磷铝对葡萄离体叶片中 Res 的诱导效果不明显,但能显著提高活体葡萄中 Res 的含量,并且筛选出最佳的诱导浓度为 16 mg/L。该研究表明,适当浓度乙磷铝可以有效诱导葡萄果皮 Res 的合成,并且作用时间较长,效果最显著的是 20 mg/L;但高浓度的乙磷铝会对葡萄植株造成一定损伤,不仅葡萄 Res 含量会降低,还会造成葡萄树势减弱,葡萄品质下降等。低浓度的乙磷铝在短时间内提高了 PAL 活性,但随着葡萄的成熟,诱导效果迅速降低,而高浓度的乙磷铝对葡萄造成伤害,PAL 活性也降低。虽然,乙磷铝对 Res 确实具有诱导作用,并且在短时间内刺激了 PAL 活性的提高,但是也有可能是其它未知的化合物卷入而提高了对病害抵抗能力,这有待进一步证实。

该试验表明,外源施用 CEPA 提前了葡萄转色期;CEPA 明显提高了幼果期葡萄果皮中 Res 含量,最佳诱导浓度为 800 mg/L;成熟期诱导,葡萄果皮中 Res 含量并未提高。乙磷铝能够显著提高成熟期葡萄果皮中 Res 含量,并且作用时间较长,其最佳诱导浓度为 30 mg/L;且乙磷铝的诱导效果显著高于 CEPA,更适合在生产上推广使用。

相关分析表明,在葡萄幼果期经不同浓度 CEPA 诱导 2 周后,葡萄果皮中 Res 含量和 PAL 活性没有相关

性;在葡萄成熟期进行不同浓度乙磷铝诱导 1 周之后,葡萄果皮中的 Res 含量和 PAL 活性存在极显著正相关,随着 PAL 活性的增强,Res 含量增加。

该嵌套设计的方差分析表明,在葡萄成熟期喷施不同浓度的 CEPA 和乙磷铝后,分析得  $F=32.47$ ,  $P<0.0001$ ,说明模型具有统计学意义;主要因素(诱导剂种类)所对应的  $F=0.43$ ,  $P=0.5196>0.05$ ,说明不同诱导剂对葡萄果皮 Res 的诱导率无影响,次要因素(诱导剂浓度)所对应的  $F=35.68$ ,  $P<0.0001$ ,说明对于同一种诱导剂,不同浓度对 Res 的诱导率有影响。

### 参考文献

- [1] 李晓东,郑先波,闫树堂,等.水杨酸和紫外线对诱导采后葡萄果皮内白藜芦醇合成作用研究[J].果树学报,2007,24(1):30-33.
- [2] 胜利,安利峰,李覃.白藜芦醇抗肿瘤作用的研究进展[J].医学综述,2005,11(7):605-606.
- [3] 吕振岳,王庆华.白藜芦醇的研究进展[J].食品研究与开发,2003,24(1):25-26.
- [4] 陈雷,韩雅珊.葡萄不同品种和组织白藜芦醇含量的差异[J].园艺学报,1999,26(2):118-119.
- [5] 陈雷,于华忠,张敏.HPLC 法测定虎杖白藜芦醇的含量及其稳定性研究[J].林学与工业,2004,24(2):61-64.
- [6] 余兴.葡萄生育期及采后紫外处理白藜芦醇及其糖苷的变化研究[D].合肥:安徽农业大学,2005.
- [7] 周军,黄琼,李志光,等.虎杖中白藜芦醇的提取方法比较和优化研究[J].云南化工,2007,34(5):34-37.
- [8] 王文举,王振平,平吉成,等.乙烯利对赤霞珠葡萄几种抗寒性指标的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2005,46(4):13-14.
- [9] 闫静,王振月,刘丹宁.白藜芦醇及其苷的生物活性研究进展[J].中医药学报,2000,34(2):39-40.
- [10] 王恭堂,孙雪梅,张葆春.葡萄酒的酿造与欣赏[M].中国轻工业出版社,2000.
- [11] 师俊玲,刘延琳,任健.提高采后葡萄中白藜芦醇含量的方法简介[J].中外葡萄与葡萄酒,2011,17(1):66-69.
- [12] 薛应龙.苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的测定,植物生理学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社出版,1985:191-192.
- [13] Jang M S, Cai L N, Udeani G D. Cancer chemo preventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes [J]. Sci, 1997 (275): 218-220.
- [14] Langcake P, Pryce R J. The production of resveratrol by Vitis vinifera and other members of the Vitaceae as a response to infection or injury[J]. Physiological Plant Pathology, 1976, 25(9): 77-86.
- [15] Bufler G, Bangerth F. UV induced peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase activity and phaseollin accumulation in leaves of phasvolus vulgaris L. in relation to CEPAylene, PI[J]. Plant Science Letters, 1982, 25(2): 227-237.
- [16] Versari A, Parpinello G P, Tornielli G B, et al. Stilbene compounds and stilbene synthase expression during ripening wilting and UV treatment in grape corvine[J]. Journal Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(11): 5531-5536.
- [17] 元桂梅, Creasy G. 乙磷铝和紫外线照射对葡萄叶片中芪类化合物的诱导作用[J].中外葡萄与葡萄酒, 2005, 4(31): 12-16.

# 不同浓度 NaCl 胁迫下 $\gamma$ -氨基丁酸对黄瓜幼苗生长及矿质元素吸收的影响

王春燕, 郭玉佳, 张晓倩, 高洪波, 高雪梅, 郝玲玉

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

**摘 要:**以黄瓜品种“津春4号”幼苗为试材,采用营养液栽培法,研究了不同浓度盐(NaCl)胁迫下添加  $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)对黄瓜幼苗生长和矿质元素吸收、利用的影响。结果表明:与对照相比,NaCl 胁迫处理显著抑制了黄瓜幼苗的生长和  $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  的含量,而  $Cl^-$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Na^+$  的含量显著提高,其中 150 mmol/L NaCl 处理比 80 mmol/L NaCl 处理对黄瓜幼苗的伤害更严重;在 2 种不同浓度 NaCl 胁迫下,外源添加  $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)均有效缓解了 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗的抑制作用,其中植株地上部鲜重分别比 150 mmol/L NaCl 和 80 mmol/L NaCl 处理提高了 63.58% 和 117.21%;试验证明,NaCl 浓度越高对幼苗的伤害越重,外源  $\gamma$ -氨基丁酸通过影响植株对矿质营养的吸收可缓解 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗的伤害。

**关键词:**黄瓜;盐胁迫; $\gamma$ -氨基丁酸;生长;矿质元素

**中图分类号:**S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)03-0005-04

近年来,设施土壤次生盐渍化日益严重,已成为制约设施蔬菜生产的重要因素。黄瓜(*Cucumis sativus* L.)作为设施栽培的主要蔬菜作物,对盐胁迫抗性较弱,尤其是发芽期和幼苗期对盐胁迫更为敏感<sup>[1]</sup>,严重影响了

黄瓜的产量和品质的提高。

$\gamma$ -氨基丁酸(GABA)作为一种四碳非蛋白质氨基酸,在调节植物细胞对逆境胁迫的反应和增强植物对逆境的适应性过程中发挥着重要的作用。已有研究表明,盐胁迫下玉米体内 GABA 含量显著提高,可通过拮抗作用缓解  $Na^+$  对幼苗的伤害<sup>[2]</sup>;外源 GABA 可被植物根系吸收<sup>[3]</sup>,可通过对相关酶活性的调节影响氮素代谢,从而影响拟南芥<sup>[4]</sup>和生菜<sup>[5]</sup>幼苗对硝酸盐的吸收和利用,也可通过提高抗氧化酶活性和抗氧化剂含量,有效缓解盐胁迫对番茄<sup>[6]</sup>幼苗生长的抑制作用,但是逆境胁迫下外源 GABA 与植物体矿质营养吸收的研究目前报导较

**第一作者简介:**王春燕(1985-),女,河北省沧州市人,硕士研究生,研究方向为设施蔬菜逆境生理生态。E-mail: wangchunyan321@126.com.

**责任作者:**高洪波(1976-),女,河北省秦皇岛人,教授,现主要从事设施蔬菜和无土栽培等研究工作。E-mail: gaohb@hebau.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30900994)。

**收稿日期:**2013-10-30

## Effect of Ethephon and Fosetyl-aluminum on the Content of Resveratrol in the Wine Grape Peel

DAI Hong-jun<sup>1</sup>, FAN Yong<sup>2</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. COFCO Great Wall Red Wine Co. Ltd, Yinchuan, Ningxia 750001)

**Abstract:** Taking the fruits of Carbernet-Sauvignon grapes as experimental material, the effect of CEPA, fosetyl-aluminium spraying on the changes of resveratrol in grape peel were discovered. The results showed that the induced effects of ethephon in inducing resveratrol generate was not obvious, although in the young fruit the content of resveratrol and PAL activity had increased. However, at subsequent analysis, it due to ethephon earlier the period of grapes turn color. The 30 mg/L Frostyl-aluminum could significantly improve Res content in mature grape fruit and leaf, and a longer effect time, and stimulated PAL activity increased in a short time.

**Key words:** resveratrol; ethephon; fosetyl-aluminium; induce; phenylalanine ammonia-lyase