

外源脱落酸对欧李果实活性物质及抗氧化能力的影响

穆霄鹏, 付鸿博, 郭晋鸣, 张建成, 张 帅, 杜俊杰, 王鹏飞*
(山西农业大学园艺学院, 山西 太谷 030801)

摘要:为探究喷施脱落酸对欧李果实活性物质及抗氧化能力的影响,本研究对农大6号和农大7号欧李果实分别喷施浓度为25、50、100 mg/L的脱落酸后,测定了类黄酮和总酚含量以及抗氧化指标。结果表明:农大6号欧李果实3个浓度的脱落酸处理下类黄酮、总酚含量及抗氧化能力降低且低于对照,其中50 mg/L处理后下降幅度最大,对农大6号欧李果实类黄酮和酚类物质合成的抑制效果最明显。25、100 mg/L的脱落酸处理下,农大7号欧李果实的类黄酮、总酚含量和抗氧化能力均高于对照,这两个浓度脱落酸可以促进农大7号欧李果实类黄酮和酚类物质的合成,且100 mg/L促进效果更明显。综上,脱落酸对农大6号欧李果实类黄酮和总酚的抑制作用大于农大7号欧李。

关键词:欧李;脱落酸;类黄酮;总酚;抗氧化能力

中图分类号:S662.5

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2023)04-0082-04

Effects of Exogenous ABA on Active Substances and Antioxidant Ability of Chinese Dwarf Cherry (*Cerasus humilis*)

MU Xiaopeng, FU Hongbo, GUO Jinming, ZHANG Jiancheng, ZHANG Shuai, DU Junjie, WANG Pengfei*
(College of Horticulture, Shanxi Agriculture University, Taigu 030801, China)

Abstract: To investigate the effects of exogenous ABA on fruit quality of Chinese Dwarf Cherry (*Cerasus humilis*), two cultivars (Nongda 6 and Nongda 7) were used as experimental materials. Different concentrations (25, 50, 100 mg/L) of ABA were sprayed to the ripening fruits and the total flavonoid content (TFC), total phenol content (TPC) and antioxidant capacity of treated fruits were determined. The results showed that under the three ABA treatments, the TFC, TPC and antioxidant capacity of Nongda 6 were all decreased, with the greatest decrease observed at 50 mg/L. The inhibitory effect of ABA on the synthesis of fruit flavonoids and phenols was the most significant. The TFC, TPC and antioxidant capacity of Nongda 7 treated with 25 and 100 mg/L ABA were higher than those of the control, indicating that ABA at these two concentrations can promote the synthesis of flavonoid and phenol in Nongda 7 fruits, and the promoting effect was more obvious at 100 mg/L. In conclusion, the inhibitory effect of ABA on total phenols and flavonoids in Nongda 6 fruit was greater than that of Nongda 7 fruit.

Key words: Chinese Dwarf Cherry; ABA; flavonoid; Total phenol; Antioxidant capacity

黄酮类化合物是广泛存在于植物中重要的生物活性物质,是一类具有天然抗氧化功能的次生代谢产物^[1-2]。类黄酮可以清除人体自由基,在癌症^[3-5]、心血管疾病^[6-8]和糖尿病并发症中都具有重要的作用。欧李(*Cerasus humilis*)是我国特有的灌

木果树,果实中类黄酮含量较高,是生产天然抗氧化产品重要的植物材料。目前在果树生产中,植物生长调节剂等药剂是调控果实品质非常重要的手段,但由于树种和品种间的差异,具体使用的药剂和浓度都会存在一定差别^[9-10]。通过调控措施提高欧李果实类黄酮和总酚含量及抗氧化能力具有非常重要的意义。本研究通过对盛果期欧李植株喷施不同浓度的脱落酸,探究脱落酸对欧李果实类黄酮、总酚含量变化的影响规律,为研究脱落酸调控果实品质的机理奠定基础,并为生产实践中提高欧李果实活性物质含量和抗氧化能力提供技术依据。

收稿日期:2022-08-17

基金项目:山西农业大学生物育种工程项目(YZGC108);科技部
高端外国专家引进计划项目(G2022004008L)

作者简介:穆霄鹏(1986-),男,博士,副教授,主要从事果树种质
资源创新与利用研究。

通讯作者:王鹏飞,男,博士,教授,E-mail: pengfei.wang2004@163.
com

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选择山西农业大学巨鑫试验基地定植的欧李品种农大6号和农大7号为试验材料,定植株行距为0.6 m×0.4 m,田间管理措施一致。农大6号果实扁圆形,果皮颜色为红色,黄色果肉,平均单果重13.03 g,为加工兼鲜食品种^[11]。农大7号是由山西农业大学从欧李自然杂交实生后代选育,果实为扁圆形,果皮颜色为黄底红晕,果肉淡黄色,平均单果重14.3 g,可食率94.4%,香味浓郁,酸甜适口,为鲜食品种^[12]。

1.2 试验设计

对欧李植株进行采前喷施脱落酸处理,脱落酸设置3个浓度梯度,分别为25、50、100 mg/L,根据2个品种的成熟期确定第1次喷药时间,后每间隔7天喷施1次,共喷施3次,每个处理选择长势均匀一致的植株3株,重复3次,以喷施清水作为对照,于果实成熟期采样,在每株树每个结果枝的上、中、下部位摘取成熟期一致、无病虫害的成熟果实10个。

1.3 试验方法

1.3.1 类黄酮及总酚含量的测定

提取液的制备:利用超声辅助提取法^[13],超声条件为40℃,30 min,以40%的酸化甲醇作提取液,料液比1:10(g:mL),共提取3次。

类黄酮含量的测定:采用NaNO₂-Al(NO₃)₃-NaOH比色法测定^[13]。

总酚含量的测定:采用福林酚比色法测定^[11]。

1.3.2 抗氧化能力的测定

测定欧李果实清除DPPH自由基能力,亚铁还原能力和清除ABTS自由基能力3个抗氧化指标^[13]。

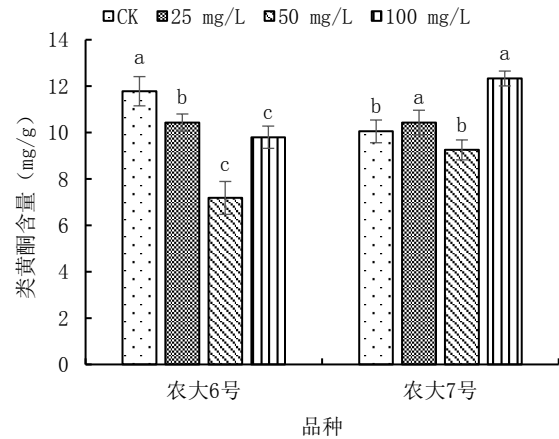
1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2007、SAS 9.2、OriginPro 9.0软件进行数据分析。

2 结果与分 析

2.1 外源脱落酸对欧李果实类黄酮含量的影响

由图1可以看出,不同浓度的脱落酸处理均使农大6号欧李果实类黄酮含量降低,且均与对照呈显著性差异($P<0.05$),浓度为50 mg/L时下降幅度最大。不同浓度的脱落酸处理对农大7号的影响与农大6号有所不同,浓度在25、100 mg/L时类黄酮含量升高,均与对照呈显著性差异($P<0.05$),100 mg/L时类黄酮含量升高的效果最明显,浓度为50 mg/L时类黄酮含量降低。



注:小写字母不同表示同一品种在不同处理下差异显著($P<0.05$),下同

图1 脱落酸处理对欧李果实类黄酮含量的影响

2.2 外源脱落酸对欧李果实总酚含量的影响

由图2可以看出,不同浓度脱落酸处理均使农大6号欧李果实总酚含量降低,且均与对照呈显著性差异($P<0.05$),浓度为50 mg/L时下降幅度最大。不同浓度脱落酸处理对农大7号的影响与农大6号有所不同,浓度在25、100 mg/L时总酚含量升高,浓度为50 mg/L时总酚含量降低,均与对照呈显著性差异($P<0.05$),100 mg/L时总酚含量升高的效果最明显。

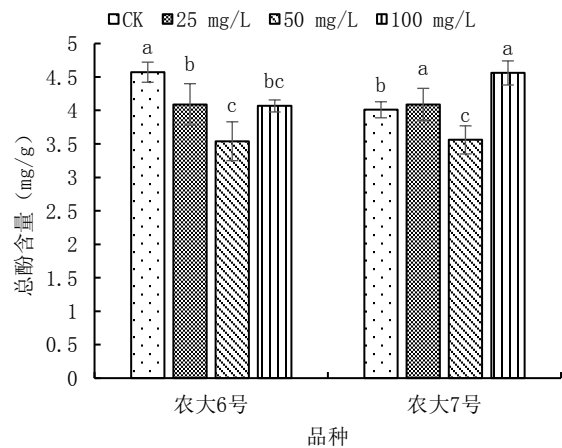


图2 脱落酸处理对欧李果实总酚含量的影响

2.3 外源脱落酸对欧李果实清除DPPH自由基能力的影响

由图3可以看出,不同浓度脱落酸处理均使农大6号欧李果实清除DPPH自由基能力降低,且均与对照呈显著性差异($P<0.05$),浓度为50 mg/L时下降的幅度最大。不同浓度脱落酸处理对农大7号的影响与农大6号有所不同,浓度在25、100 mg/L时清除DPPH自由基能力升高,浓度为50 mg/L时清除DPPH自由基能力下降,均与对照无

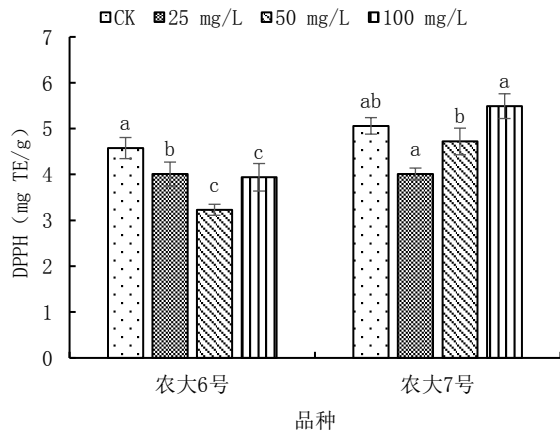


图3 脱落酸处理对欧李果实清除DPPH自由基能力的影响

显著性差异。

2.4 外源脱落酸对欧李果实亚铁还原能力的影响

由图4可以看出,不同浓度脱落酸处理均使农大6号欧李果实亚铁还原能力降低,浓度为50 mg/L时下降的幅度最大,且浓度为50、100 mg/L时与对照呈显著性差异($P<0.05$)。不同浓度脱落酸处理对农大7号的影响与农大6号有所不同,浓度在25、100 mg/L时亚铁还原能力升高,与对照呈显著性差异($P<0.05$),浓度为50 mg/L时亚铁还原能力下降。

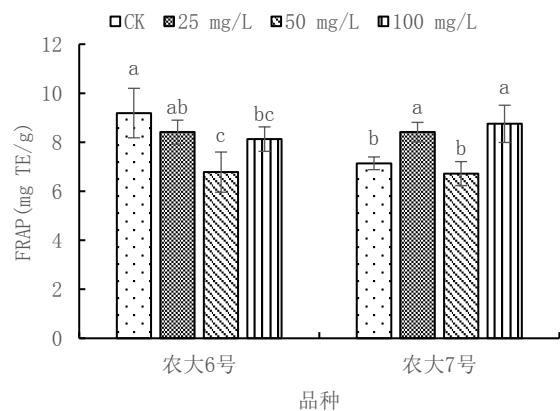


图4 脱落酸处理对欧李果实亚铁还原能力的影响

2.5 外源脱落酸对欧李果实清除ABTS自由基能力的影响

由图5可以看出,不同浓度脱落酸处理均使农大6号欧李果实清除ABTS自由基能力降低,浓度为50 mg/L时下降的幅度最大,与对照呈显著性差异($P<0.05$),不同浓度的脱落酸处理对农大7号的影响与农大6号有所不同,浓度在25、100 mg/L时清除ABTS自由基能力升高,浓度在100 mg/L时升高的最明显,与对照呈显著性差异($P<0.05$),浓度为50 mg/L时清除ABTS自由基能力下降。

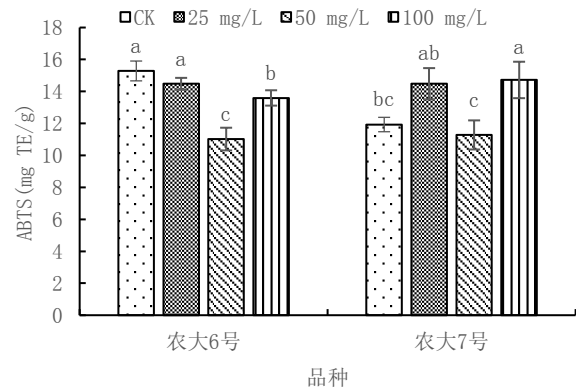


图5 脱落酸处理对欧李果实清除ABTS自由基能力的影响

3 讨论与结论

脱落酸(ABA)是植物生长发育不可缺少的生长调节物质。它参与了众多的生理过程并且诱导了许多生理反应,一般认为其与抑制生长、萌发和促进休眠、衰老等过程有关^[14-15]。ABA作为重要的植物生长调节物质^[16]在调控果实品质方面具有重要作用,在葡萄^[17-18]、桃^[19]、蓝莓^[20]、杏^[21]和梨^[22]的研究中发现:ABA在调控果实的糖酸方面具有重要作用,从提高可溶性固形物含量,提高总可溶性糖,降低可滴定酸、总酸含量来提高果实品质。关于喷施ABA对果实活性物质和抗氧化能力影响的研究目前相对较少,主要集中在对花青素的影响研究,外源ABA可提高葡萄花青素的含量^[23],有利于果皮花青素的积累^[24]。外源ABA还可显著提高草莓^[25]、甜樱桃^[26]和蓝莓^[27]花青素的含量。本研究对农大6号和农大7号欧李果实喷施不同浓度的脱落酸后发现,3个浓度的脱落酸处理均使农大6号欧李果实的类黄酮、总酚含量和抗氧化能力降低,说明3个浓度的脱落酸处理均抑制了农大6号欧李果实类黄酮和酚类物质的合成,且随外源脱落酸浓度的升高果实类黄酮和酚类呈现先下降后小幅上升的趋势,脱落酸浓度在50 mg/L时下降最明显,抑制效果最强。农大7号与农大6号的结果略有不同,当脱落酸浓度在25、100 mg/L,农大7号欧李果实类黄酮、总酚含量和抗氧化能力升高,说明这2个浓度脱落酸促进农大7号欧李果实类黄酮和酚类物质的合成,且100 mg/L促进效果明显,与农大6号相同的是同样在50 mg/L时出现抑制合成的情况。关于ABA对生物活性物质的调控机制也有相关研究,由于ABA使*CHS*和*DFR*表达量升高,从而促进了桃类黄酮含量的提高^[19];在葡萄中外源ABA也参与了

酚类物质合成相关基因的表达调控,进而影响了酚类物质的合成^[28];ABA同样与MYB转录因子共同作用调控草莓和甜樱桃花青素的合成^[25-26]。在欧李中,ABA具体通过调控代谢途径中的哪些基因或转录因子来影响类黄酮或总酚含量还有待进一步研究。农大7号与农大6号欧李果实在表型上存在较大差异,农大6号果实为红皮黄色型,其花色苷含量为0.112 mg/g^[29],农大7号果实为黄底红晕,两个品种的总酚、类黄酮和花色苷含量均具有一定的差异,同时在类黄酮的组分中表儿茶素、根皮素和槲皮素等物质差别较大,其中表儿茶素二者相差10倍有余^[30],2个品种在活性物质种类和含量上的差异可能是由具体合成途径的差别所致,而ABA在合成途径中只与某个或某几个相关的结构基因和转录因子相互作用,作用后对其下游物质影响较大,从而影响具体的物质含量并对总量变化起到作用,因此在农大6号和农大7号两个不同欧李品种中所体现的具体作用有所不同。综上,要结合具体的品种来选择适宜的脱落酸浓度来改变其活性物质含量,并探究其与相关基因的相互作用。

参考文献:

- [1] 诸 姮,胡宏友,卢昌义,等.植物体内的黄酮类化合物代谢及其调控研究进展[J].厦门大学学报(自然科学版),2007,46(S1):136-143.
- [2] Tripoli E, Guardia M L, Giammanco S, et al. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review[J]. Food Chemistry, 2007, 104(2): 466-479.
- [3] 张延坤,马 燕.大豆异黄酮的特性及其特殊生理功能[J].解放军预防医学杂志,2003,21(4):307-310.
- [4] Lopez-Lazaro M. Flavonoids as anticancer agents: Structure activity relationship study[J]. Current Medicinal Chemistry Anti Cancer Agents, 2002, 2(6): 691-714.
- [5] 张 余,阙建全,陈宗道.生物类黄酮抗癌作用研究进展[J].中国食品添加剂,2003(3):17-20.
- [6] Mozaffarian D, Wu J H Y. Flavonoids, dairy foods, and cardiovascular and metabolic health[J]. Circulation Research, 2018, 122(2): 369-384.
- [7] Micha, Renata, Jose L, et al. Association between dietary factors and mortality from heart disease, stroke, and type 2 diabetes in the United States[J]. Jama, 2017, 317: 912-924.
- [8] Cassidy A, Minihane A M. The role of metabolism (and the microbiome) in defining the clinical efficacy of dietary flavonoids [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2017, 105: 10-22.
- [9] 尹松松,赵婷婷,李景富,等.外源ABA对番茄幼苗抗冷性差异的研究[J].东北农业科学,2016,41(4):94-99.
- [10] 王玉霞,李芳东,李延菊,等.三种叶面肥对晚熟油桃‘福秀’果实品质的影响[J].东北农业科学,2018,43(4):41-43.
- [11] 张 瑜.欧李种质酸含量变化与调控及遗传倾向的研究[D].晋中:山西农业大学,2019.
- [12] 王鹏飞,曹 琴,杜俊杰,等.鲜食欧李新品种‘农大7号’[J].园艺学报,2013,40(1):181-182.
- [13] 郭晋鸣,付鸿博,张 瑜,等.喷施赤霉素对欧李果实抗氧化能力的影响[J].经济林研究,2019,37(2):198-203.
- [14] 韦荣昌,唐美琼,覃 芳,等.3种植物生长调节剂对罗汉果苷和罗汉果醇积累的影响[J].中国南方果树,2019,48(4):53-56.
- [15] 向 旭.脱落酸生理作用的分子机理研究进展[J].中山大学研究生学刊(自然科学版),1996(3):46-54.
- [16] 郝格格,孙忠富,张录强,等.脱落酸在植物逆境胁迫中的研究进展[J].中国农学通报,2009,25(18):212-215.
- [17] 曹慕明,白先进,李杨瑞,等.脱落酸对巨峰葡萄着色和果实品质的影响[J].广东农业科学,2010,37(2):111-113.
- [18] 何 昊.脱落酸对葡萄抗逆性和果实品质的影响研究[D].雅安:四川农业大学,2013.
- [19] 郭 磊,蔡志翔,张斌斌,等.外源脱落酸对桃果实着色及相关基因表达的影响[J].西北植物学报,2013,33(9):1750-1755.
- [20] 曲文颖,刘真真,谢琳森,等.外源脱落酸和乙烯利对蓝莓重要品质的调控[J].江苏农业科学,2017,45(17):126-129.
- [21] 杨文莉,周伟权,曼苏尔·那斯尔,等.PP333与外源ABA对轮台白杏新梢生长及果实品质的影响[J].经济林研究,2018,36(2):73-79.
- [22] 周伟权,程 功,杨文莉,等.脱落酸处理对库尔勒香梨新梢生长及果实品质的影响[J].经济林研究,2017,35(4):112-117.
- [23] Omran Y A M M. Enhanced yield and fruit quality of redglobe grapevines by abscisic acid (ABA) and ethanol applications[J]. Journal International Des Sciences De La Vigne Et Du Vin, 2011, 45(1): 13-18.
- [24] 于 森,杨成君,王 军. ABA和乙烯利处理对京优葡萄果皮花色苷和果实品质的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2012(2):6-11.
- [25] 卢文静.脱落酸和生长素调控香蕉及草莓果实成熟的作用机理[D].杭州:浙江大学,2018.
- [26] Shen X, Zhao K, Liu L, et al. A Role for PacMYBA in ABA-Regulated Anthocyanin Biosynthesis in Red-Colored Sweet Cherry cv. Hong Deng(*Prunus avium* L.) [J]. Plant and Cell Physiology, 2014, 55(5): 862-880.
- [27] 孙 莹,侯智霞,苏淑钗,等. ABA、GA₃和NAA对蓝莓生长发育和花青苷积累的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(1):6-11.
- [28] Nicolas P, Lecourieux D, Kappel C, et al. The basic leucine zipper transcription factor ABSCISIC ACID RESPONSE ELEMENT-BINDING FACTOR2 is an important transcriptional regulator of abscisic acid-dependent grape berry ripening processes[J]. Plant Physiology, 2014, 164(1): 365.
- [29] 杜灵敏,付鸿博,杜俊杰,等.‘农大6号’欧李果实花色苷提取工艺优化及生物活性研究[J].山东农业科学,2020,52(2):125-130.
- [30] Wang P F, Mu X P, Du J J, et al. Flavonoid content and radical scavenging activity in fruits of Chinese dwarf cherry (*Cerasus humilis*) genotypes[J]. Journal of Forestry Research, 2018, 29(1): 1-9.

(责任编辑:王 昱)