DOI:10.11937/bfyy.201606007

# 高温下光照变化对鸭梨果实抗氧化物质变化规律的影响

李英丽[1,2],李晓光[1,2],刘水林[1,2],张建光[1]

(1.河北农业大学 园艺学院,河北 保定 071001;2.河北省梨工程技术研究中心,河北 保定 071001)

**摘　要**:以鸭梨果实为试料,采用高温(45℃)下光照变化以及田间不同驯化处理等方法,研究了其对鸭梨果实活性氧、抗氧化酶活性和抗氧化物质含量变化的影响,明确了鸭梨果实对温度光照互作的响应。结果表明:高温(45℃)下增加光照显著提高了果实内 $H_2O_2$ 含量、DHA 含量、膜相对透性和 POD 活性,抑制了 SOD、APX、GR、MDAR 活性和 AsA 含量的增加;未经驯化(摘叶和转位)处理果实的 $H_2O_2$ 含量和膜相对透性显著高于树冠外围自然暴露果实,抗氧化酶活性无显著性变化。这表明高温下增加光照加重了对果实的伤害,经过驯化处理的果实的抗氧化性显著提高。

**关键词**:鸭梨;果实;温度;光照;抗氧化酶;温光互作;抗性

**中图分类号**:S 661.2　**文献标识码**:B　**文章编号**:1001－0009(2016)06－0028－04

温度和光照是影响果实生长发育的重要环境因子,果实发育过程中温度和光照的剧烈变化对果实造成伤害,甚至丧失商品价值,对生产造成一定的损失。果实在高温条件下,细胞内会产生过量的活性氧,从而引发膜脂过氧化作用,对膜系统造成伤害[1]。温光互作对植物生长发育影响作用更大,低温胁迫下光照强度的增加诱发了植物体内活性氧的大量积累,降低抗氧化物质水平[2]。超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和抗坏血酸-谷胱甘肽(AsA-GSH)循环是植物体内重要的抗氧化系统,植物体通过调节抗氧化系统适应环境的变化[3]。

目前关于外界环境变化对鸭梨果实抗氧化性主要集中在果实采后贮藏期间,而对生长季节果实抗氧化特性研究较少。该试验研究了高温下光照变化对鸭梨果实 SOD、POD、AsA-GSH 循环中关键物质(APX、GR、MDHAR、AsA)的变化规律影响,以期为探讨温光互作对鸭梨果实抗氧化机理提供一定的理论依据。

**第一作者简介**:李英丽(1977-),女,博士,副研究员,研究方向为果树栽培生理与生态。E-mail:yylyl@hebau.edu.cn.

**责任作者**:张建光(1957-),男,博士,教授,研究方向为果树栽培生理与生态。E-mail:yyzjg@hebau.edu.cn.

**基金项目**:河北省自然科学基金资助项目(C02021003)。

**收稿日期**:2015－12－14

## 1　材料与方法

### 1.1　试验材料

选择 10～12 年生鸭梨树,树势中庸、生长势一致,光照良好,挂果适量分布均匀。试验在河北省梨工程技术研究中心梨园和河北农业大学农业部园艺产品质量安全标准化技术重点开发实验室进行。

### 1.2　试验方法

1.2.1　高温下光照变化果实抗氧化性　8 月选取树冠外围生长发育一致、无病虫害的套袋果实,除袋后放入恒温培养箱中,设 2 个处理高温(45℃)和高温(45℃)＋光照(10 000 lx),当果实表面温度达到 45℃时开始记时,处理时间为 0、1、3、5 h。试验采用单株小区设计,3 次重复,每次重复 6 个果实。

1.2.2　不同驯化处理下果实抗氧化性　5 月初将树冠西南方向的果实定果,5 月下旬选择部分果实套双层纸袋,套袋前喷施杀菌剂,7 月底摘除果袋。8 月中旬选择晴天,8:00 设置 4 种不同驯化程度的处理:1)外围果(树冠外围自然暴露的果实);2)转果(将树冠外围自然暴露的果实阴面转向阳面);3)摘叶果(摘除树冠外围自然遮阴果实周围的叶片);4)内膛果(树冠内膛果实),14:00 取样带回实验室。削取照光面的果皮,研究不同驯化果实抗性的变化。试验采用单株小区设计,3 次重复,每次重复 6 个果实。

### 1.3　项目测定

生理生化指标:过氧化氢($H_2O_2$)含量、抗坏血酸



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

过氧化物酶(APX)、谷胱甘肽还原酶(GR)和单脱氢抗坏血酸还原酶(MDHAR)提取和活性测定参照宋松泉[4]方法;超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)提取和活性测定参照李合生[5]方法;还原型抗坏血酸(AsA)含量和氧化型抗坏血酸(DHA)含量测定参照李忠光等[6]方法;细胞膜相对透性测定参照张绍其等[7]方法。

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 软件处理试验数据,采用 SPSS 17.0 软件进行数据方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 高温下光照变化对鸭梨果实抗氧化性的影响

2.1.1 活性氧和细胞膜相对透性 从图 1 可以看出,高温下光照的变化影响果实中 $H_2O_2$ 含量和细胞膜相对透性。随着处理时间的延长,高温处理显著提高了果实内 $H_2O_2$ 水平,$H_2O_2$ 含量在处理 1、3、5 h 分别比处理前提高了 31.49%、61.62%和 80.15%。高温+光照处理果实中 $H_2O_2$ 含量急剧增加,处理 1 h 其含量达到最高值(10.53 μmol/g),增幅 65.82%,而高温处理 1 h $H_2O_2$ 含量仅为 8.53 μmol/g,显著低于同期的高温+光照处理。但随处理时间的延长,高温+光照处理的 $H_2O_2$ 含量下降,并显著低于同时期的高温处理。处理时间内,高温+光照处理显著提高了果实的细胞膜相对透性。处理 1 h 内,高温和高温+光照处理的果实相对细胞膜透性无显著性差异。随后高温+光照处理的果实细胞膜相对透性迅速增加,处理 3 h 和 5 h 细胞膜相对透性显著高于高温处理,分别增加了 24.21%和 11.50%。

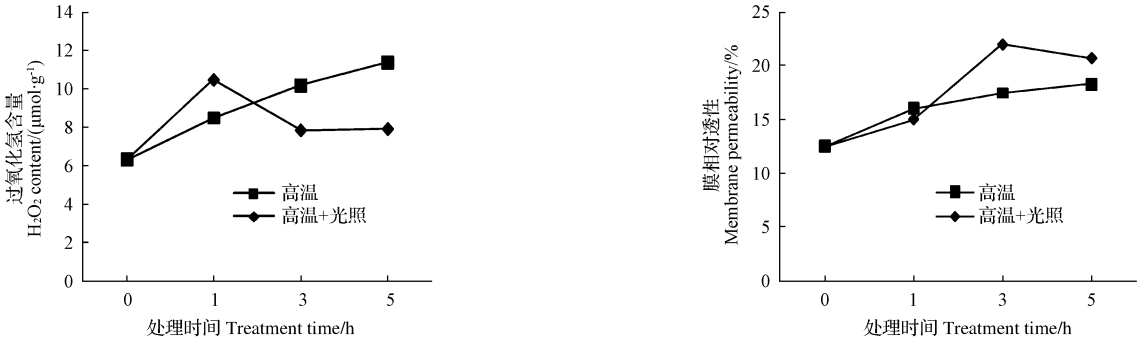



**图 1 高温下光照对果实 $H_2O_2$ 含量和细胞膜相对透性的影响**

Fig. 1 Effect of light intensity on $H_2O_2$ content and membrane permeability of fruit tissues under high temperature

2.1.2 抗氧化酶活性 抗氧化酶(SOD、POD、APX、GR、MDHAR)是生物体内清除活性氧的重要成分,其活性受外界环境的影响。从图 2 可以看出,在一定的时间内,2 个处理果实的 SOD、POD、APX、MDHAR 和 GR

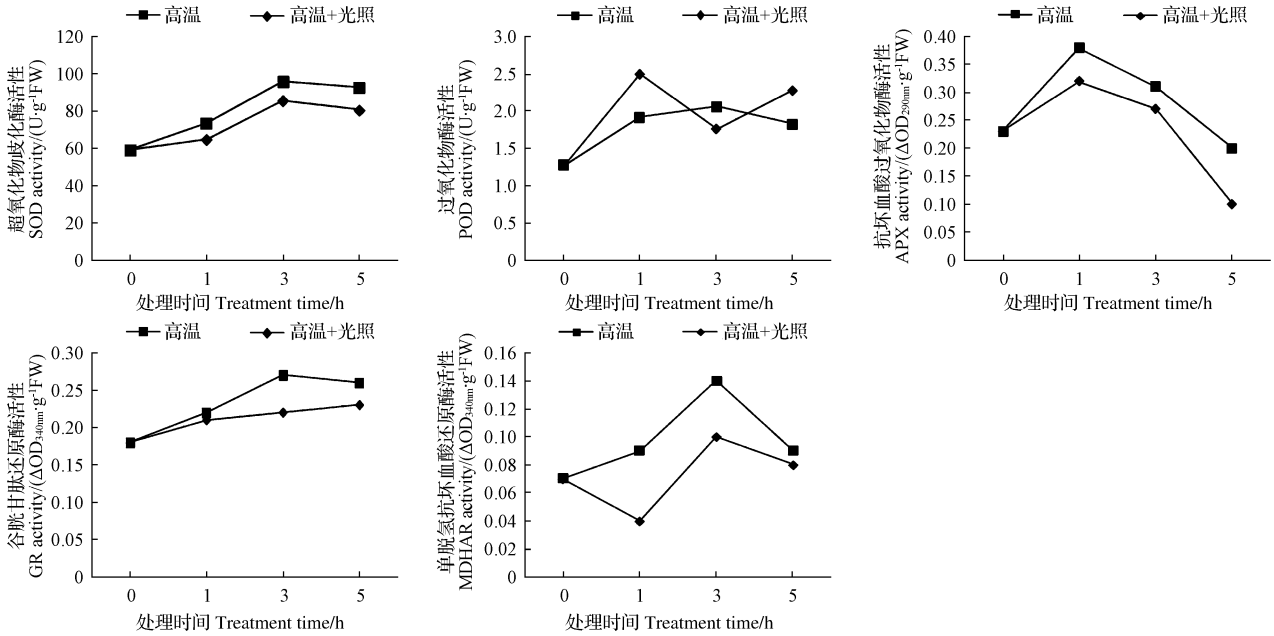



**图 2 高温下光照对果实抗氧化酶活性的影响**

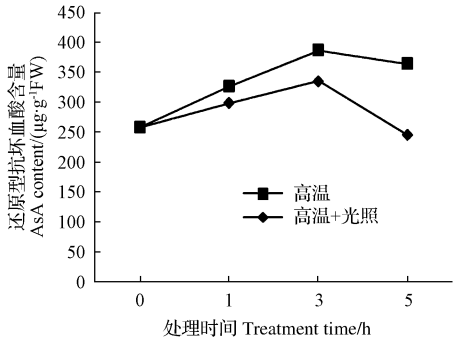
Fig. 2 Effect of light intensity on antoxidant enzyme activity of fruit tissues under high temperature



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

活性均呈增加趋势,但二者之间也存在显著差异:同一处理时间内高温＋光照处理的 SOD、APX、MDHAR 和 GR 活性均显著低于高温处理。而 POD 活性变化趋势不同,在处理 1 h 和 5 h 高温＋光照处理显著高于高温处理。这说明高温胁迫下增加光照强度抑制了 SOD、APX、MDHAR 和 GR 的合成,促进了 POD 的合成。

2.1.3　AsA 和 DHA 含量　由图 3 可知,在一定的处理时间内,高温和高温＋光照处理均显著提高了 AsA 含量和 DHA 含量。与处理前相比,高温处理的 AsA 含量分别在处理 1、3、5 h 提高了 25.86%、49.42%和 40.54%;高温＋光照处理初期明显提高 AsA 含量水平,处理 3 h AsA 水平达到最大值,增幅为 29.34%,随后迅速下降至处理前水平。处理同期,高温处理 AsA 含量均显著高于高温＋光照处理。高温处理 1 h 内明显提高了果实的 DHA 含量,随着处理时间的延迟,DHA 含量呈下降趋势,3 h 后回到处理前水平。处理期间,高温＋光照处理 DHA 含量极显著高于高温处理,处理 3 h 达到最高值(707 μg/g FW),之后开始下降但仍高于处理前。



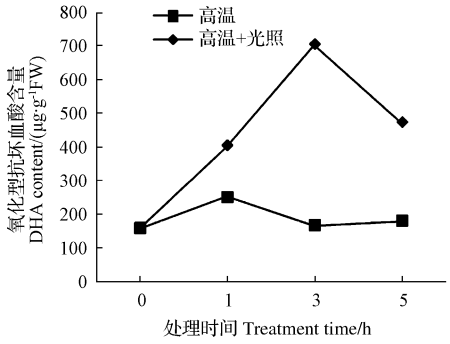




**图 3　高温下光照对果实抗坏血酸含量的影响**

Fig. 3　Effect of light intensity on ascorbic acid content of fruit tissues under high temperature

2.2　温度光照驯化对鸭梨果实抗氧化性的影响

从表 1 可以看出,不同驯化程度影响果实的抗性。树冠内膛果实由于所处的温度和光照改变比较平缓,果实内的过氧化氢($H_2O_2$)含量、细胞膜相对透性以及抗氧化酶(SOD、POD、APX、GR、MDHAR)均显著低于其它的驯化处理。与树冠外围果实相比,转位和摘叶处理果实中的 $H_2O_2$ 含量和细胞膜相对显著提高,分别增加了 20.46%、30.02%和 53.93%、58.03%;不同抗氧化酶其活性变化存在差异,转位和摘叶处理显著降低了 SOD 活性、极显著增加了 POD 活性,APX、GR 和 MDHAR 活性无显著性差异。

**表 1　不同驯化对鸭梨果实活性氧、细胞膜特性和抗氧化酶活性的影响**

Table 1　Effect of acclimating treatments on ROS, membrane permeability and antoxidant enzyme activity of fruit tissues

| 处理 Treament | 过氧化氢含量 $H_2O_2$ content /(μmol·g⁻¹ FW) | 膜相对透性 Membrane permeability/% | 超氧化物歧化酶活性 SOD activity /(U·g⁻¹ FW) | 过氧化物酶活性 POD activity /(U·g⁻¹ FW) | 抗坏血酸过氧化物酶活性 APX activity /(△$OD_{290nm}$·g⁻¹ FW) | 谷胱甘肽还原酶活性 GR activity /(△$OD_{340nm}$·g⁻¹ FW) | 单脱氢抗坏血酸还原酶活性 MDHAR activity /(△$OD_{340nm}$·g⁻¹ FW) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 外围 Exterior fruit on a canopy | 24.78b | 17.30b | 96.5a | 7.66B | 1.58a | 0.26a | 0.15a |
| 转位 Interchange | 29.85a | 26.63a | 80.91c | 9.22A | 1.61a | 0.24a | 0.14a |
| 摘叶 Removing leaf | 32.22a | 27.34a | 85.6b | 9.02A | 1.77a | 0.27a | 0.15a |
| 内膛 Interior fruit on a canopy | 8.90c | 11.91c | 73.87d | 4.51C | 0.71b | 0.17b | 0.09b |

注::同一列不同大写字母表示不同处理之间差异达到 1%极显著水平,不同小写字母表示差异达到 5%显著水平。

Note: The different capital letters in the same column show significant difference at 1% level, and the different lowercase letters show significant difference at 5% level.

## 3　结论与讨论

果实生长发育过程中经常遭受温度或和光照逆境的胁迫,从而影响果实品质和产量。已有研究发现,果实伤害或品质下降伴随着果实抗氧化特性变化,外界条件的变化往往通过改变果实抗氧化性影响果实的品质[8]。高温胁迫下,光照强度的增加能加重植物伤害程度[9]。高温和强光打破了苹果果实表皮的代谢平衡,造成大量活性氧的积累,引起膜损伤和细胞结构破坏[10]。该试验结果表明,在一定时间内高温和高温＋光照处理均诱导了果实表皮内 $H_2O_2$ 含量的增加,但其增幅和高峰值出现的时间存在差异。高温处理的 $H_2O_2$ 含量呈现缓慢上升的趋势,处理 5 h 其含量达到最大;高温＋光照处理的 $H_2O_2$ 含量短时间内急剧增加,处理 1 h 其含量增加了 65.82%。POD 作为 $H_2O_2$ 的清除酶之一,其活



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

性的变化与 $H_2O_2$ 含量变化趋势相吻合。APX 作为体内专一清除 $H_2O_2$ 的酶,其活性的变化影响其 $H_2O_2$ 含量水平。处理 1 h,2 个处理的 APX 活性均显著增加,但高温+光照处理的 APX 活性增幅显著低于高温处理,从而导致此时高温+光照处理的 $H_2O_2$ 含量显著高于高温处理。随着处理时间的延长,2 个处理的 APX 活性均呈下降趋势,但高温处理的 APX 活性均显著高于高温+光照处理,下降幅度比较缓慢,使得 $H_2O_2$ 含量逐渐上升。与高温+光照处理相比,高温处理的 APX 活性下降幅度较小,这可能与 GR、MDHAR 活性和 AsA 含量的变化有关;高温处理的 GR、MDHAR 活性和 AsA 含量均高于高温+光照处理,从而在一定程度上为 APX 清除 $H_2O_2$ 提供了充足的电子,确保了 AsA-GSH 循环的正常运转。

张建光等[11]研究发现,苹果果实经过不同的温度驯化处理,果实的抗氧化性不同。该试验中 4 种不同驯化方式,鸭梨果实中活性氧和抗氧化物质的水平存在差异,树冠内膛果实所处的环境变化比较缓和,其 $H_2O_2$ 含量和抗氧化酶水平均处于相对较低的水平,不会对细胞结构完整性造成破坏,细胞膜相对透性最低。树冠外围自然暴露的果实内的 $H_2O_2$ 含量和抗氧化酶活性均显著高于树冠内膛果实,这可能于树冠外围果实经常受到高温强光驯化有关。摘叶和转位处理 $H_2O_2$ 含量显著高于树冠外围自然暴露的果实,这可能与果实未经驯化,果实突然受到强光的照射,外界环境条件的激变诱导了果实内活性氧的大量合成,抗氧化系统也做出响应,APX、GR、MDHAR 活性有所提高,但不能完全清除增加的活性氧,造成活性氧的积累,最终引起蛋白质的变性、膜伤害,大量电解质外渗,细胞受到伤害。这与生产上果实除袋后,温度和光照的突然增加易引起果实“日烧”现象相吻合。

## 参考文献


[1] 李英丽,果秀敏,张建光,等.高温胁迫对苹果果皮组织抗氧化特性的影响[J].河北农业大学学报,2004,28(1):18-20.

[2] 李霞,戴传超,焦德茂,等.光照条件下低温对水稻籼粳亚种幼苗抗氧化物质含量的影响[J].植物生理与分子生物学学报,2006,32(3):345-350.

[3] YU H M,FENG W M,JUN K Z,et al. Effects of high temperature on activities and gene expression of enzymes involved in ascorbate-glutathione cycle in apple leaves[J]. Plant Science,2008,175(6):761-766.

[4] 宋松泉.种子生物学研究指南[M].北京:科学出版社,2005.

[5] 李合生.植物生理生化试验原理与技术[M].北京:高等教育出版社,2000:23-24.

[6] 李忠光,杜朝昆,龚明.在单一提取系统中同时测定植物 ASA/DHA 和 GSH/GSSG[J].云南师范大学学报,2003,23(3):67-70.

[7] 张绍其,段学武,庞学群,等.冷激处理对采后香蕉几个与耐热性有关的生理指标的影响[J].植物生理学通讯,2002,38(4):333-335.

[8] 丁勤,韩明玉,田玉命.油桃裂果与膜脂过氧化的关系[J].西北农业学报,2004,13(4):200-202,206.

[9] 徐娜,董晓红,关旸,等.低温胁迫下不同光照条件对锦熟黄杨抗氧化酶活性的影响[J].植物研究,2007,27(5):574-577.

[10] ANDREWS P K,JOHSON,JAMESR. Physiology of sunburn development in apples[J]. Good Fruit Grower,1996,47(20):33-36.

[11] 张建光,李英丽,刘玉芳,等.不同升温模式对高温胁迫下苹果果皮组织抗性生理代谢的影响[J].华北农学报,2003,18(园艺专辑),16-18.


# Effect of Light Intensity on the Change of Antioxidant Substance in Yali Pears Fruit Under High Temperature Treatment


LI Yingli[1,2],LI Xiaoguang[1,2],LIU Shuilin[1,2],ZHANG Jianguang[1]

(1. College of Horticulture,Agricultural University of Hebei,Baoding,Hebei 071001;2. Pear Engineering and Technology Center of Hebei Province,Baoding,Hebei 071001)



**Abstract**:Under natural conditions,plants are exposed to different abiotic stresses. Fruit of Yali pears were taken as materials,in order to characterize the response of anti-oxidative systems to high temperature and excessive light,the reactive oxygen species (ROS) metabolism and the dynamic changes of antioxidant substance of Yali pears fruits were studied under light intensity and high temperature treatment,and different acclimating treatment. The results indicated that the rising of light intensity induced the increasing of $H_2O_2$ and DHA content,membrane permeability and POD activity,but the SOD,APX,GR and MDAHR activity and AsA content were inhibited. Without light acclimatization treatment,the $H_2O_2$ content of fruit was increased,but the oxidant enzyme(SOD,APX,GR,MDAHR) activity were not significantly changed. So that the membrane permeability of fruit under picking off leaves was higher than that of the exposure fruit of a tree outside canopy.



**Keywords**:Yali;fruit;temperature;light;antioxidant enzyme;temperature-light factors;intensity




PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn