

# 设施内环境温度变化对葡萄促早与延后栽培叶片抗氧化特性的影响

孙利鑫, 谢艳玲, 张亚红

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**以“红地球”葡萄为试材,研究了在日光温室促早、塑料大棚促早以及塑料大棚延后的栽培模式下设施内环境温度变化对“红地球”葡萄叶片抗氧化特性的影响。结果表明:高温是葡萄生长期叶片可溶性糖含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性上升的原因,低温是葡萄生长期叶片SOD活性降低的条件;当温度升高时叶片丙二醛(MDA)含量逐渐上升,当温度降低时MDA含量逐渐降低;较高温和较低温都会使葡萄叶片可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量和过氧化物酶(POD)活性升高;地温对葡萄生长期叶片POD活性的影响比较大,在地温16~17℃时POD活性最低,当气温在18℃以上或15℃以下POD活性均较高。

**关键词:**“红地球”葡萄;设施栽培;温度变化;生理

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)01-0038-06

近年来,设施果树促早和延后栽培为果品的周年供应创造了条件,增加了农民收入,满足消费者需求。促早和延后栽培技术是在秋、冬利用大棚或日光温室进行的一种保护栽培形式,旨在延长鲜果的供应期,避开成熟高峰,提高果品效益。在设施葡萄生理变化方面前人做了大量研究,曹建东等<sup>[1]</sup>以7个葡萄砧木品种和2个葡萄栽培品种的1a生成熟枝条为试材,研究了枝条在0~33℃低温处理后的萌芽率、生根率、产生愈伤组织的比率、电导率,以及可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、游离脯氨酸含量、丙二醛含量的变化,并通过聚类分析、相关性分析和主成分分析对其抗寒性进行综合评价。解艳玲等<sup>[2]</sup>对设施葡萄衰老时叶片中叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、膜透性、丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化物酶(POD)活性进行了测定和分析,以研究不同上市时期设施“红地球”葡萄栽培后期叶片衰老时的生理变化特征。谢计蒙<sup>[3]</sup>以22个葡萄品种为试材,通过比较设施促早栽培条件下不同品种的环境适应性、产期调节特性、产量特性和品质特性筛选出适宜设施葡萄促早栽培的品种,为设施葡萄促早栽

培适宜品种的评价与筛选提供依据。黄海山<sup>[4]</sup>通过对4个葡萄品种成熟叶片的测定,发现脯氨酸含量随气候的变暖和温度的升高逐渐下降。但目前对不同设施条件下葡萄促早和延后栽培的生理变化对比研究较少。

现以“红地球”葡萄为试材,研究了不同设施栽培模式下“红地球”葡萄生长期叶片生理指标变化规律,以期设施葡萄促早和延后栽培科学管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于宁夏永宁县小任果业有限公司的日光温室(以下简称暖棚)和塑料大棚(以下简称冷棚)内进行。日光温室长88 m,跨度9 m,脊高4 m,东西延长,为钢架结构,覆盖材料为PE膜,保温材料为棉被;塑料大棚长96 m,跨度16 m,脊高4.25 m,南北延长,为钢架结构,覆盖材料为PE膜,保温材料为棉被。

供试材料为3a树龄“红地球”葡萄。株行距:暖棚(日光温室)0.5 m×1.3 m;冷棚(改造后的塑料大棚,寒冷时期薄膜外覆保温被)0.5 m×2.2 m。2种棚内均于2006年定植“红地球”葡萄,2007年开始结果,2009年开始进行试验。每棚选10株树,每株树上在一定高度阳面和阴面各采5片叶作供试材料,取叶部位是新枝条从下往上数第8~9叶,每种栽培模式是从葡萄开花期开始采样,每15 d采样1次,至葡萄成熟期结束为止,共采样5次,叶片采摘后用保鲜袋排除空气,捏紧,装在保温筒里带回实验室,置于-40℃冰箱中保存。

**第一作者简介:**孙利鑫(1989-),男,宁夏盐池人,硕士研究生,研究方向为设施园艺。E-mail:378195576@qq.com.

**责任作者:**张亚红(1965-),女,宁夏平罗人,教授,研究方向为设施园艺环境。E-mail:zyhcau@sina.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(30860179)。

**收稿日期:**2013-10-22

## 1.2 试验方法

1.2.1 暖棚促早栽培 10月下旬至12月上旬:白天覆盖保温被,夜晚揭开并开风口降温;12月中旬至5月中旬:白天揭开保温被,夜晚覆盖保温被,对棚内葡萄进行升温处理,提高棚内的温度;6月中旬至10月中旬:完全撤除保温被以及棚膜;10月下旬,放下保温被保温,棚内枝蔓立架越冬。葡萄成熟采摘为6月中下旬。

1.2.2 冷棚促早的管理 10月下旬至12月下旬:白天覆盖保温被,夜晚揭开,并揭开棚膜降温,对棚内葡萄进行预冷处理;12月下旬至5月中旬:白天揭开保温被,夜晚覆盖保温被,为保持棚内的温度,对棚内葡萄进行升温处理;6月上旬至10月中旬:完全撤除保温被以及棚膜;10月下旬:放下保温被保温,棚内枝蔓立架越冬。葡萄成熟采摘为7月中下旬。

1.2.3 冷棚延后的管理 2月中旬至5月上旬:白天覆盖草苫,夜晚揭开,东西侧棚膜揭开降温;5月中旬至6月中旬:拉开保温被,棚膜揭至钢架上部1/3处;6月下旬至9月上旬:完全撤除保温被以及棚膜;9月中旬至12月中旬:在当地早霜冻来临之前,9月中旬扣棚,保温的草苫按照正常的管理进行(白天揭开,夜间覆盖);12月下旬至翌年2月中旬:放下保温被保温,棚内枝蔓立架越冬。葡萄成熟采摘为11月下旬。

## 1.3 项目测定

1.3.1 环境因子测定 2009年1~12月采用温室环境测试仪器(温室娃娃)进行全天候棚内外气象参数测定,测定温室中部1.5 m高的空气温度和0.15 m处土壤温度,每15 min采集1次。

1.3.2 生理指标测定 可溶性蛋白质含量测定采用紫外吸收法;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法;脯氨酸含量测定采用茚三酮比色法;可溶性糖含量测定采用蒽酮法;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑法;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法<sup>[5]</sup>。

## 1.4 数据分析

所有试验数据采用 Excel 进行处理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 3种设施栽培模式下气温及地温的变化

2.1.1 暖棚促早栽培的物候期及棚内温度变化 从图1可以看出,暖棚促早栽培条件下,葡萄从开花期到成熟期气温、地温稳定上升,棚内空气日平均最低温度出现在3月10日,为15.1℃;最高日平均温度出现在6月30日,为26.2℃,棚内15 cm土层最低日平均温度出现在4月29日,为16.1℃,最高日平均温度出现在6月30日,为20.2℃。

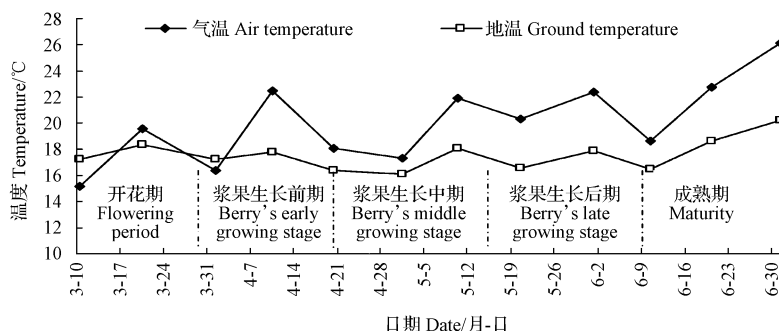


图1 暖棚促早栽培中棚内气温和地温变化曲线

Fig. 1 Variation curve of air temperature and ground temperature in greenhouse promoting cultivation model

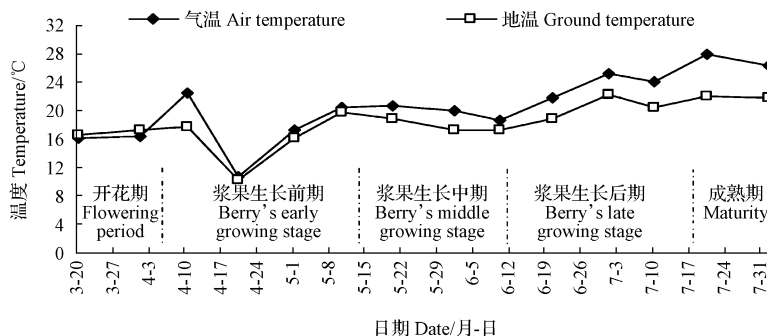


图2 冷棚促早栽培中棚内气温和地温变化曲线

Fig. 2 Variation curve of air temperature and ground temperature in cold-shed promoting cultivation model

2.1.2 冷棚促早栽培的物候期及棚内温度变化 冷棚促早栽培条件下,葡萄开花期至成熟期,地温、气温稳步上升,但4月中旬出现了一次降温,由于冷棚的保温效果低于暖棚,葡萄在浆果生长前期棚内出现了低温。棚内空气最低日平均温度出现在4月22日,为10.7℃,最高日平均温度出现在7月20日,为27.9℃。棚内15 cm土层最低日平均温度出现在4月22日,为10.1℃,最高日平均温度出现在7月03日,为22.1℃。

2.1.3 冷棚延后栽培的物候期及棚内温度变化 冷棚延后栽培中,葡萄从开花期到浆果生长前期,温度稳定升高,自浆果生长中期开始到成熟期结束,棚内气温和地温逐步降低。棚内空气最低日平均温度出现在11月18日,为-1.3℃,最高日平均温度出现在7月1日,为25.3℃;15 cm土层最低日平均温度出现在11月18日,为3.1℃,最高日平均温度出现在7月1日,为22.1℃。

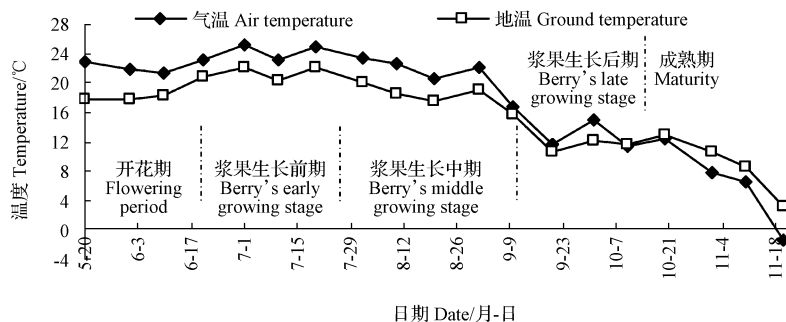


图3 冷棚延后栽培中棚内气温和地温变化曲线

Fig. 3 Variation curve of air temperature and ground temperature in cold-shed delaying cultivation model

2.2 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片生理指标的影响

2.2.1 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片可溶性蛋白质含量的影响 从图4可以看出,3种设施栽培模式下葡萄叶片的可溶性蛋白质含量均在浆果生长期出现了下降,其中暖棚和冷棚促早栽培条件下叶片的可溶性蛋白质含量从浆果生长前期开始持续下降直到浆果生长后期开始上升,冷棚延后栽培葡萄叶片的可溶性蛋白质含量则是从浆果生长前期开始下降至浆果生长中期

开始上升;3种设施栽培模式下葡萄成熟期均比开花期叶片的可溶性蛋白质含量高。通过与棚内气温及地温对比分析,暖棚和冷棚促早栽培条件下,从浆果生长前期到浆果生长后期棚内气温一直升高;冷棚延后栽培中葡萄在浆果生长中期叶片的可溶性蛋白质含量最低时气温也在较低范围;其原因可能是温度因子对蛋白质含量的调控作用是通过影响光合产物积累运转、代谢酶活性及细胞分裂等实现的<sup>[6]</sup>。

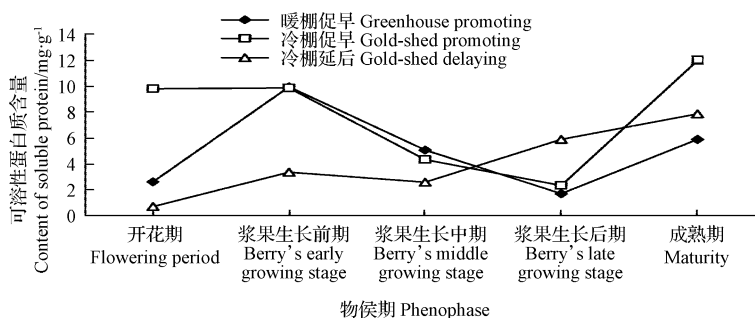


图4 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 4 Effect of three cultivation models on soluble protein content grape leaves growing-stage

2.2.2 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片丙二醛(MDA)含量的影响 从图5可以看出,3种设施栽培模式下葡萄生长期叶片MDA含量最大值暖棚和冷棚促早栽培中均出现在成熟期,冷棚延后栽培出现在浆果生长中期;从开花期到成熟期暖棚促早与冷棚促早栽培模式下,叶片MDA含量均略有上升,冷棚延后栽培条件下MDA含量略有下降,其中暖棚促早栽培中MDA含量上

升了0.01353 μmol/g、冷棚促早栽培中MDA含量上升了0.01158 μmol/g、冷棚延后栽培中MDA含量下降了0.00036 μmol/g。通过与3种设施栽培模式下棚内气温及地温对比分析看出,3种设施栽培模式下葡萄叶片MDA含量随着温度的升高而升高,随着温度的降低而降低。

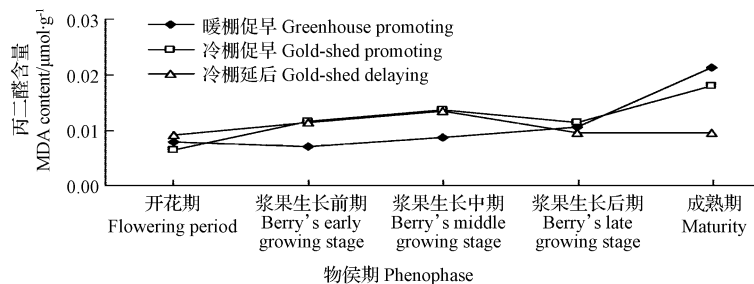


图5 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片MDA含量的影响

Fig. 5 Effect of three cultivation models on MDA content in leaves of grape during growing-stage

2.2.3 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片脯氨酸含量的影响 从图6可以看出,3种设施栽培模式下葡萄在开花期到浆果生长前期、浆果生长后期到成熟期叶片脯氨酸含量升高,在浆果生长中期和浆果生长后期叶片脯氨酸含量相对较低,说明此时受到的胁迫最小。其中冷棚延后栽培条件下葡萄叶片脯氨酸含量的变化幅度最大。通过与3种设施栽培模式下棚内气温及地温对

比分析,暖棚促早栽培中,葡萄在浆果生长前期和成熟期叶片脯氨酸含量较高是因为在这2个时期的气温及地温都显著高出其它时期所致;冷棚促早栽培葡萄在浆果生长前期出现了一次降温,导致其叶片脯氨酸含量明显升高;冷棚延后葡萄在浆果生长前期叶片脯氨酸含量较高是因为气温、地温都较高所致,成熟期叶片脯氨酸含量迅速升高是因为温度较低导致。

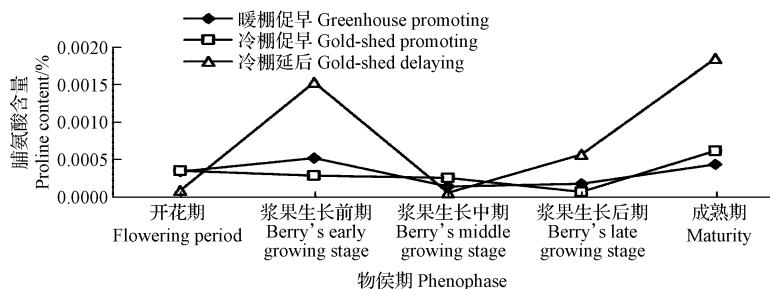


图6 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片脯氨酸含量的影响

Fig. 6 Effect of three cultivation models on praline content in leaves of grape during growing-stage

2.2.4 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片可溶性糖含量的影响 从图7可以看出,3种设施栽培模式下葡萄生长期叶片中可溶性糖含量在整个生长期表现为下降趋势。暖棚和冷棚促早葡萄可溶性糖含量呈现出先上升后下降的趋势,冷棚延后可溶性糖含量呈现出先缓慢下降后大幅度下降,三者都是从浆果生长中期开始迅速下降到成熟期出现最低点,说明到成熟时叶片通过降

低可溶性糖以供果实之需。与3种设施栽培模式下棚内气温及地温变化可以看出,葡萄生长期叶片可溶性糖含量最大值暖棚促早栽培出现在浆果生长前期,冷棚促早栽培出现在浆果生长后期,冷棚延后栽培出现在开花期,这与三者气温及地温最大值出现的时期相符合,说明高温是可溶性糖含量上升的必要条件。

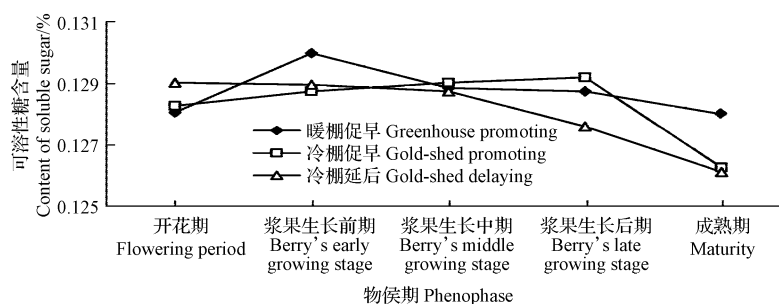


图7 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 7 Effect of three cultivation models on soluble sugar content in leaves of grape during growing-stage

2.2.5 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片SOD活性的影响 从图8可以看出,暖棚、冷棚促早栽培葡萄生

长期叶片的SOD活性最小值均出现在浆果生长前期,冷棚延后栽培SOD活性在浆果生长前期出现了最大



值。通过与3种设施栽培模式下棚内气温及地温对比分析,高温是导致葡萄生长期叶片 SOD 活性升高的原因;暖棚和冷棚促早栽培叶片的 SOD 活性变化也证明

了这一点,同时也说明低温是葡萄生长期叶片 SOD 活性降低的条件。

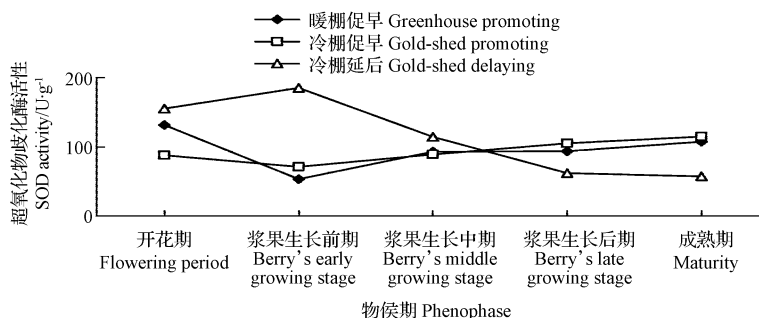


图8 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片 SOD 活性的影响

Fig. 8 Effect of three cultivation models on SOD activity in leaves of grape during growing-stage

2.2.6 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片 POD 活性的影响 从图9可以看出,暖棚促早栽培葡萄生长期叶片的 POD 活性到成熟期才略有升高,冷棚促早从浆果生长中期叶片 POD 含量开始升高一直到成熟期,冷棚延后栽培变化与之相似。通过与3种设施栽培模式下棚内气温及地温变化分析看出,地温对葡萄叶片 POD 活性的影响比较大。暖棚促早栽培的地温在16~17℃时葡萄叶片 POD 活性接近0,说明此时 POD 活性很低;冷棚促早栽培葡萄从浆果生长中期叶片 POD 活性开始

升高,说明从此时起 POD 活性增强,对照地温及气温变化可得知此时地温在18~22℃之间;冷棚延后栽培叶片的 POD 活性一直处于很高的水平,说明冷棚葡萄叶片 POD 活性在整个生长期也很强,其从开花期到成熟期一直处于升高的趋势,观察图3可知,其地温在9月1日之前都在18~22℃,9月10日之后都在15~3℃。地温在16~17℃时 POD 活性最低,当气温在18℃以上,或15℃以下 POD 活性均很高。

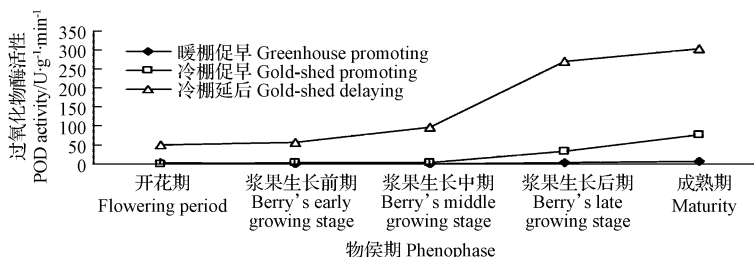


图9 3种设施栽培模式对葡萄生长期叶片 POD 活性的影响

Fig. 9 Effect of three cultivation models on POD activity in leaves of grape during growing-stage

### 3 讨论

研究表明,在葡萄的生长期叶片可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量、脯氨酸含量随着温度的变化而变化。暖棚促早和冷棚促早栽培条件下棚内温度从浆果生长前期到浆果生长后期一直升高。暖棚促早和冷棚促早栽培条件下葡萄成熟期棚内温度偏高、冷棚延后棚内温度相对较低,但是葡萄叶片可溶性蛋白质含量却全部上升,李鹏程等<sup>[7]</sup>研究了自然越冬山葡萄的生理指标,结果表明植物可溶性蛋白质含量与温度的变化相反,然而吴月燕<sup>[8]</sup>研究薄膜覆盖对葡萄生理特性的影响发现,较高温度可使可溶性蛋白质含量增加,葡萄叶片生长期脯氨酸含量的变化与可溶性蛋白质含量基本相同,暖棚促早和冷棚促早栽培在浆果生长中期和浆果生长后期棚内温度均表现为平缓,葡萄叶片脯氨酸含量最

小,在成熟期暖棚促早和冷棚促早棚内温度偏高、冷棚延后棚内温度相对较低,但是葡萄叶片脯氨酸含量却均在升高。通过该研究得出较高或较低温度都会使生长期葡萄叶片可溶性蛋白质和脯氨酸的含量增加。葡萄叶片可溶性糖含量最大值,暖棚促早栽培出现在浆果生长前期、冷棚促早栽培出现在浆果生长中期和浆果生长后期,冷棚延后栽培出现在开花期和浆果生长前期,这与三者气温及地温最大值出现的时期相符合,说明高温可能是可溶性糖含量上升的条件。

胁迫条件下植物容易产生活性氧(ROS),例如超氧阴离子自由基( $O_2^-$ )、过氧化氢( $H_2O_2$ )、羟自由基( $\cdot OH$ )<sup>[9]</sup>等,活性氧如果不及时清除,就会引发脂质的过氧化和蛋白的交联,进而损害细胞膜结构和功能的完整性<sup>[10]</sup>,对植物细胞产生氧化毒害。植物在生长过程中会受到各种不良环境影响,为了保护细胞免受过量 ROS

的伤害,植物启动抗氧化系统减少 ROS 对自身的伤害<sup>[11]</sup>,与 ROS 代谢密切相关的有 POD、SOD 和 MDA。从冷棚延后栽培条件下葡萄生长期叶片 POD 活性变化和温度变化对比看出,暖棚促早与冷棚促早栽培棚内温度在生长期逐渐升高、冷棚延后栽培棚内温度在生长期逐渐降低,而且暖棚促早与冷棚促早栽培葡萄叶片在生长期 POD 活性随着温度的升高开始上升,说明温度逆境下保护酶系统开始起作用,这与韩晓燕<sup>[12]</sup>通过研究不同温度处理对嫁接黄瓜幼苗生理特性的影响中得出高温处理下自根苗叶片 POD 活性增强的结论相同,而冷棚延后栽培葡萄叶片在生长期 POD 活性随着温度的降低而降低,暖棚促早的地温在 16~17℃ 时 POD 活性接近 0,说明此时 POD 活性很低;冷棚促早栽培条件下 POD 活性从浆果生长中期开始升高,此时地温在 18~22℃ 之间;冷棚延后的 POD 活性一直处于很高的水平,说明冷棚 POD 活性很强。综合地温及气温变化可知,地温在 16~17℃ 时 POD 活性最低;当气温在 18℃ 以上,或 15℃ 以下 POD 活性均很高。在暖棚和冷棚促早栽培葡萄生长期叶片的 SOD 活性随着温度的升高而升高,冷棚延后栽培葡萄生长期叶片 SOD 活性随着温度的降低而降低,SOD 活性随着温度的降低而下降的现象与庞发虎等<sup>[13]</sup>对杏树越冬期间 SOD 活性的研究结果一致,其原因也可能是随着环境温度的降低,植物体内活性氧增加,SOD 要分解活性氧生成 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 持续增加而抑制 SOD 活性所出现的负反馈抑制,从而导致 SOD 活性下降。在暖棚促早与冷棚促早栽培中葡萄生长期叶片 MDA 含量随着棚内温度上升逐渐升高,冷棚延后栽培中葡萄生长期叶片 MDA 含量随着温度的降低而降低,这与曹建东等<sup>[1]</sup>通过研究葡萄的枝条发现在

0~-33℃ 之间随着温度的降低丙二醛含量却逐渐升高的结论相反,究其原因可能是曹建东等<sup>[1]</sup>研究的温度范围相对于该研究的温度范围较低,葡萄叶片在生长期且温度较低的情况下 MDA 含量变化是否也会升高还有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] 曹建东,陈佰鸿,王利军,等.葡萄抗寒性生理指标筛选及其评价[J].西北植物学报,2010,30(11):2232-2239.
- [2] 解艳玲,李丽萍,白青,等.红地球葡萄设施栽培后期叶片生理变化特征研究[J].北方园艺,2009(8):40-44.
- [3] 谢计蒙.设施葡萄促早栽培适宜品种的评价与筛选[D].北京:中国农业科学院果树研究所,2012.
- [4] 黄海山.葡萄耐寒生理生化特性的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2007.
- [5] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:134-260.
- [6] 黄发松,孙宗修,胡培松,等.食用稻米品质形成研究的现状与展望[J].中国水稻科学,1998,12(3):172-176.
- [7] 李鹏程,郭绍杰,李铭,等.自然越冬过程中葡萄抗寒生理指标的变化[J].贵州农业学报,2013,41(1):69-71.
- [8] 吴月燕.高温胁迫对藤稳葡萄生长结果的影响[J].果树学报,2001,18(5):280-283.
- [9] 周艳虹,喻景权,钱琼秋,等.低温弱光对黄瓜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].应用生态学报,2003(14):921-924.
- [10] Hernández J A, Ferrer M A, Jiménez A, et al. Antioxidant systems and O<sub>2</sub><sup>-</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production in the apoplast of pea leaves: its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins [J]. Plant Physiol, 2001, 127: 817-831.
- [11] 赵依杰,张小红,林航,等.两个枇杷品种叶片若干生理指标比较[J].农学学报,2013(3):60-63.
- [12] 韩晓燕.不同温度处理对嫁接黄瓜幼苗生理特性的影响[J].农业工程学报,2008,24(2):219-223.
- [13] 庞发虎,杜俊杰,刘飞.杏树休眠枝芽内抗氧化系统酶活性变化的研究[J].湖北民族学院学报(自然科学版),2004,22(4):27-30.

## Effect of Temperature Variation Within the Facilities on Antioxidant Properties Grape Leaves Under Early and Delayed Cultivation

SUN Li-xin, XIE Yan-ling, ZHANG Ya-hong

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** Taking 'Red globe' grape as test material, the effects of environment temperature variation within the facility on antioxidant properties of leaves through the modes of early cultivation in solar greenhouse, early cultivation in plastic-covered tunnel, and delayed cultivation in plastic-covered tunnel for 'Red globe' grape were studied. The results showed that high temperature was the reason for increase of soluble sugar and SOD content of leaves during the growing period of grape while low temperature was the condition for decrease of SOD content of leaves during the growing period of grape. When temperature rised, content of MDA within leaves would gradually increase, and when the temperature fell, content of MDA would gradually decreased. Higher temperature and lower temperature all led to the increase of soluble protein, proline and POD content within grade leaves. Ground temperature greatly affected POD activity of leaves during the growing period of grape. The lowest POD activity could be found when the ground temperature was 16~17℃ while POD activity was higher when air temperature was above 18℃ or below 15℃.

**Key words:** 'Red globe' grape; facility cultivation; temperature change; physiological