

不同葡萄品种膜质过氧化和保护酶活性对盐胁迫的响应

秦红艳, 沈育杰, 李昌禹, 杨义明, 范书田, 王新伟

(中国农业科学院 特产研究所, 吉林 吉林 132109)

摘要: 研究了不同浓度 NaCl 处理对双丰、左山二、贝达以及金玫瑰细胞膜透性、膜质过氧化和保护酶活性的影响。结果表明: 不同处理间, 4 个品种耐 NaCl 胁迫的动态响应表现出显著差异。随胁迫浓度的增大和胁迫时间的延长, MDA 含量和细胞膜透性表现出增高趋势, 增高幅度由高到低的顺序为双丰、左山二、贝达、金玫瑰; 保护酶 SOD 活性整体表现出先增后降趋势, 金玫瑰和贝达升高幅度相对较大; POD 活性整体表现出下降趋势, 但金玫瑰和贝达下降幅度相对较小。

关键词: 葡萄; 膜质过氧化; 保护膜活性

中图分类号: S 663.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2010)20-0004-06

逆境导致自由基的积累, 膜脂过氧化物水平的增高, 丙二醛(MDA)含量的增加, 膜脂成分的改变, 不饱和酸指数的下降, 膜结构功能的改变等一系列生理变化^[1], 植物为了适应这一变化, 会发生一系列生理生化

反应, 而其抗氧化作用是植物自身适应性调节的一个重要方面。在此过程中植物会调动抗氧化酶类及抗氧化物质来清除这些活性氧和自由基, 减缓和抵御细胞伤害。目前有关盐胁迫植物细胞伤害的活性氧代谢机制已有不少报道^[24], 但山葡萄方面的报道较少, 该试验选用双丰(山葡萄)和左山二(山葡萄), 以及贝达(美洲葡萄和河岸葡萄杂交品种)和金玫瑰(欧美杂交品种)为试材, 通过对细胞膜透性、丙二醛(MDA)含量和超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)等酶促系统的动态变化研究, 探讨不同 NaCl 浓度处理随时间变化及不同葡萄品种对胁迫的动态响应。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于国家果树种质中国农业科学院特产研究所

第一作者简介: 秦红艳(1984), 女, 山东聊城人, 在读硕士, 现从事经济植物种质资源评价与利用研究工作。E-mail: qinyan11@163.com。

通讯作者: 沈育杰(1951-), 男, 研究员, 硕士生导师, 现从事山葡萄资源评价与育种研究工作。E-mail: tcssyj@163.com。

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(农业部、财政部 nycyt-30-01); 山葡萄种质资源更新复壮与利用资助项目(农业部 NB09-2130135-12); 山葡萄种质资源标准化整理、整合及共享试点资助项目(科技部 2005DKA21002-30)。

收稿日期: 2010-07-29

Effect of Different Rainfall Collection Technology to Soil Water Content and Apples Yield

ZHAO Gang¹, FAN Ting-lu^{2,3}, WANG Yong¹, LI Shang-zhong¹, ZHANG Jian-jun¹, YAN Yao-ting⁴

TANG Xiao-ming¹, WANG Lei¹, DANG Yi¹

(1. Institute of Dryland Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070; 2. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070; 3. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland farming on Loess Plateau, Yangling, Shaanxi 712100; 4. Qingyang Agro-Tech Extension and Service Center, Qingyang, Gansu 745000)

Abstract: Taking 15 years old fun-shaped apple (*Malus pumila* Mil1. 'Red Fuji') as test materials, 7 measured the yield of 7 different treatments and the soil water content under different growth stages. The results showed that there was no significant difference between different soil water content before maturation. Enter the rainy season, micro-rainwater harvesting technology could be effectively stored rainfall during the rainy season, soil moisture content in 60~200 cm about 5% higher than the control; yield per plant between treatments were significantly different, in which micro-rainwater harvesting technologies increased the yield in the range of 1.86%~22.39%, slightly effective rainwater harvesting technology could store a limited rainfall, and increase yield production.

Key words: apples; rainfall collection; soil water content; yield

实验园(左家)中进行。贝达、双丰和左山二枝条取自山葡萄种质资源圃,金玫瑰取自郑州果树研究所。2009年3月中旬,将4个品种枝条置于火炕扦插育苗,5月选择长势相对一致1 a生扦插定植于规格为30 cm×20 cm×26 cm的花盆中,花盆底部配置有托盘,每盆3株,并置于温室中培养。

1.2 试验处理

2009年8月9日分别用0(CK)、0.1%(T1)、0.3%(T2)、0.5%(T3)的NaCl溶液处理苗木,培养期间每3~5 d浇1次水,以保持土壤湿度。山葡萄盐处理周期为60 d,并分别于胁迫后12、22、32、42 d时采集叶片鲜样用于细胞膜透性测定;于盐胁迫后10、20、30、40、50 d时,混合采集处理苗木叶片(每个处理2~3片),液氮处理后立即置于-80℃保存备用。

1.3 测定指标与方法

参照高俊凤电导仪法测葡萄叶片相对电导率^[5];采用硫代巴比妥酸(TBA)显色法^[6]测定叶片MDA含量;采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法^[7]测定SOD活性,以1 min反应抑制NBT光化还原50%的酶量为1个酶活力单位;采用愈创木酚显色法^[7]测定POD活性,以1 min OD₄₇₀的增加表示1个过氧化物酶活性单位(U)。试验

数据采用Excel和SAS软件系统进行分析。

2 结果与分析

2.1 NaCl胁迫对山葡萄细胞膜透性的影响

研究表明,植物在胁迫下有一个共同的特征是膜系统受到破坏,脂膜相对透性增加,离子大量外渗。从图1可看出,随盐胁迫时间延长,4个品种细胞膜透性总体呈升高趋势,但不同品种,不同处理间动态变化趋势不同。T1条件下,4个品种较对照变化幅度较小,基本比较稳定;T2条件下金玫瑰和贝达变化幅度较小,而左山二和双丰变化幅度增大;T3条件下,双丰急剧增加,左山二和贝达次之,金玫瑰变化幅度依然很小。随胁迫水平,4个品种细胞膜透性均有升高,由表1方差分析可知,同一品种不同处理间,差异显著性不同。T1条件下,4个品种细胞膜透性与对照差异均不显著;T2条件下,金玫瑰增加不显著,左山二显著增加($P<0.05$),而双丰呈极显著增加($P<0.01$);T3条件下,金玫瑰增加不显著,而贝达、左山二和双丰均极显著升高($P<0.01$)。表明随盐胁迫时间延长,盐浓度增高,自由基在体内积累增加,导致膜脂过氧化程度加大,使细胞膜受到不同程度损伤,但金玫瑰和贝达能较好地维护细胞膜的稳定性,减少对细胞造成的伤害。

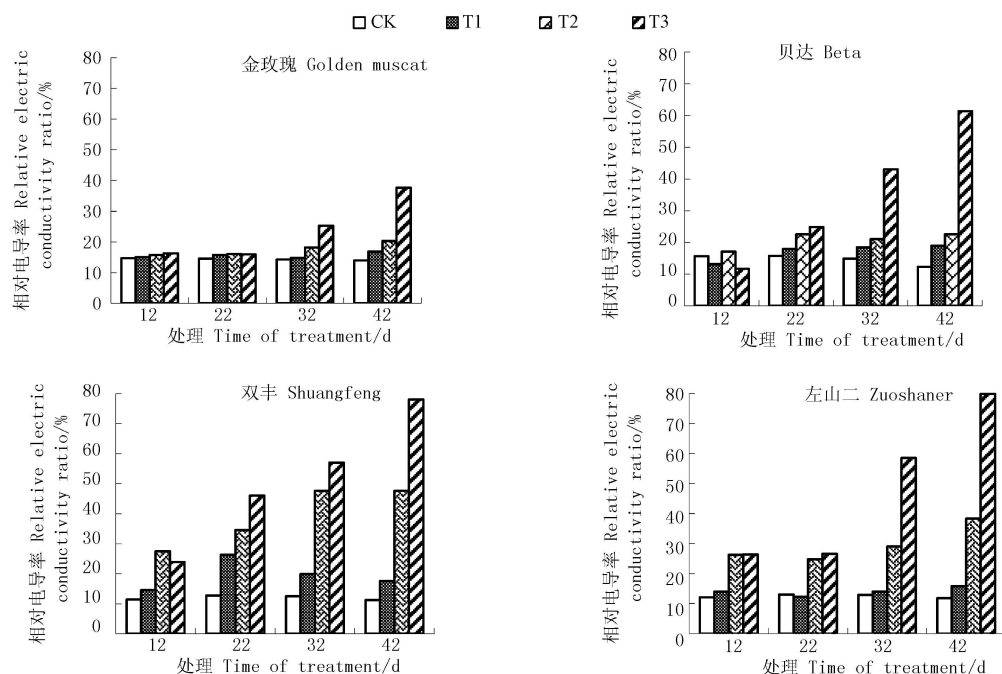


图1 NaCl胁迫下不同葡萄品种相对电导率的动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of relative electric conductivity ratio in different grape varieties under NaCl stress

2.2 NaCl胁迫对葡萄叶片MDA含量的影响

由图2可看出,无盐胁迫下,4个葡萄品种MDA呈增加趋势,后期积累加速,可能与其生长特性有关。不同盐胁迫下,4个品种MDA动态变化趋势不同。T1条

件下,金玫瑰和贝达与CK变化基本一致;T2条件下,金玫瑰同T1相似,贝达后期增加幅度稍有增大;T3条件下,金玫瑰和贝达MDA增加幅度增大,在胁迫10 d时即已显著升高,后期更明显。而左山二和双丰在T1浓

表1 NaCl胁迫下不同葡萄品种相对电导率

Table 1 Relative electric conductivity ratio of different grape varieties under NaCl stress %

NaCl 处理 NaCl treatment	品种 Varieties			
	金玫瑰 Golden Muscat	贝达 Beta	双丰 Shuangfeng	左山二 Zuoshaner
CK	14.38 aA	14.65 bB	11.99 bC	12.41 cB
T1	15.61 aA	17.13 bB	19.53 bBC	13.95 bCB
T2	17.57 aA	20.81 abAB	39.17 aAB	29.58 bAB
T3	23.78 aA	35.24 aA	51.23 aA	47.81 aA

注: 差异显著性示同品种不同处理的差异, 小写字母代表 $P_{0.05}$ 水平差异显著, 大写字母代表 $P_{0.01}$ 水平差异显著 (Duncan 法) 下同。

Note: The significant differences between the different treatments in the same variety were denoted different small letters and different capital letters indicate the significant differences in the level $P_{0.05}$ and $P_{0.01}$ (Duncan) respectively. Same as below.

度下, 增加幅度较大; T2 条件下与 T1 相似, 但高于 T1; T3 条件下变化幅度最大。由表 2 方差分析可知, 盐胁迫下, 4 个品种叶片 MDA 含量随盐浓度增加而增高, 但

品种间存在差异。金玫瑰和贝达各处理间 MDA 含量差异不显著 ($P < 0.05$), 而左山二和双丰在 T1、T2 条件下与对照相比差异也不显著 ($P < 0.05$), 但 T3 条件下极显著高于对照 ($P < 0.01$)。

表2 NaCl胁迫下不同葡萄品种MDA含量

Table 2 MDA content of different grape varieties under NaCl stress nmol/g

NaCl 处理 NaCl treatment	品种 Varieties			
	金玫瑰 Golden Muscat	贝达 Beta	双丰 Shuangfeng	左山二 Zuoshaner
CK	15.36 aA	13.53 aA	12.18 bB	14.40 bB
T1	15.99 aA	14.59 aA	14.11 bB	18.28 abAB
T2	19.06 aA	15.80 aA	21.15 bB	23.23 abAB
T3	22.02 aA	18.87 aA	37.87 aA	29.65 aA

2.3 NaCl胁迫对葡萄叶片SOD活性的影响

SOD 是植物体内清除活性氧自由基的关键酶, 其活性的强弱与植物抗氧化能力密切相关。由图 3 可看

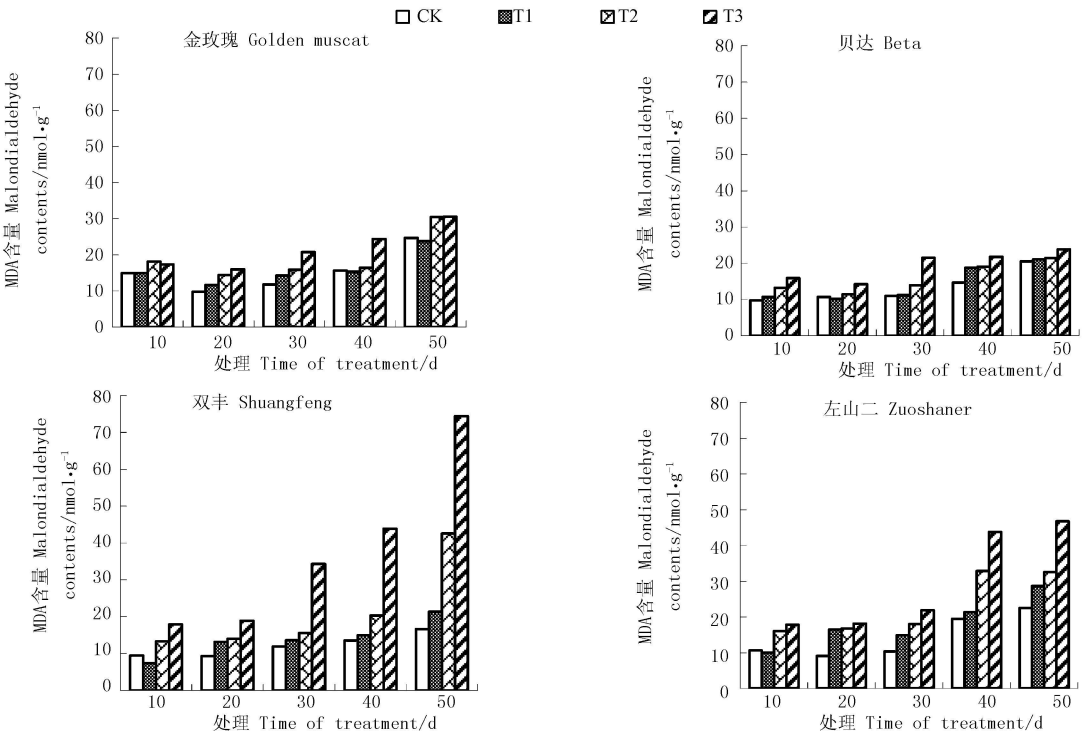


图2 NaCl胁迫下不同葡萄品种MDA含量的动态变化
Fig. 2 Dynamic changes of MDA content in different grape varieties under NaCl stress

出, 盐胁迫下, 4 个品种叶片 SOD 活性动态变化总体表现出先升后降趋势, 说明盐胁迫可以诱导葡萄叶片 SOD 活性升高, 减轻盐分伤害。但不同品种, 不同处理间变化趋势不同。金玫瑰变化幅度最大且迅速, 处理后 10 d 即已达到最高值, 后又下降并趋于稳定; 其次为贝达, 于处理后 20 d 达到最高值, 随后下降趋于稳定; 左山二和双丰变化幅度相对较小, T1、T2 条件下, 升高幅度较大,

但 T3 条件下, 增幅较小, 后期明显低于 CK, 说明长时间的重度胁迫, 已不能诱导葡萄 SOD 活性的升高。由表 3 方差分析可知, 4 个品种叶片 SOD 活性随盐浓度增加变化趋势不同。金玫瑰和贝达叶片 SOD 活性呈渐增趋势, T2、T3 条件下, 金玫瑰达显著水平 ($P < 0.05$), 贝达达极显著水平 ($P < 0.01$); 左山二和双丰随盐浓度的增加呈先升后降趋势, 但各处理间差异不显著 ($P < 0.05$)。

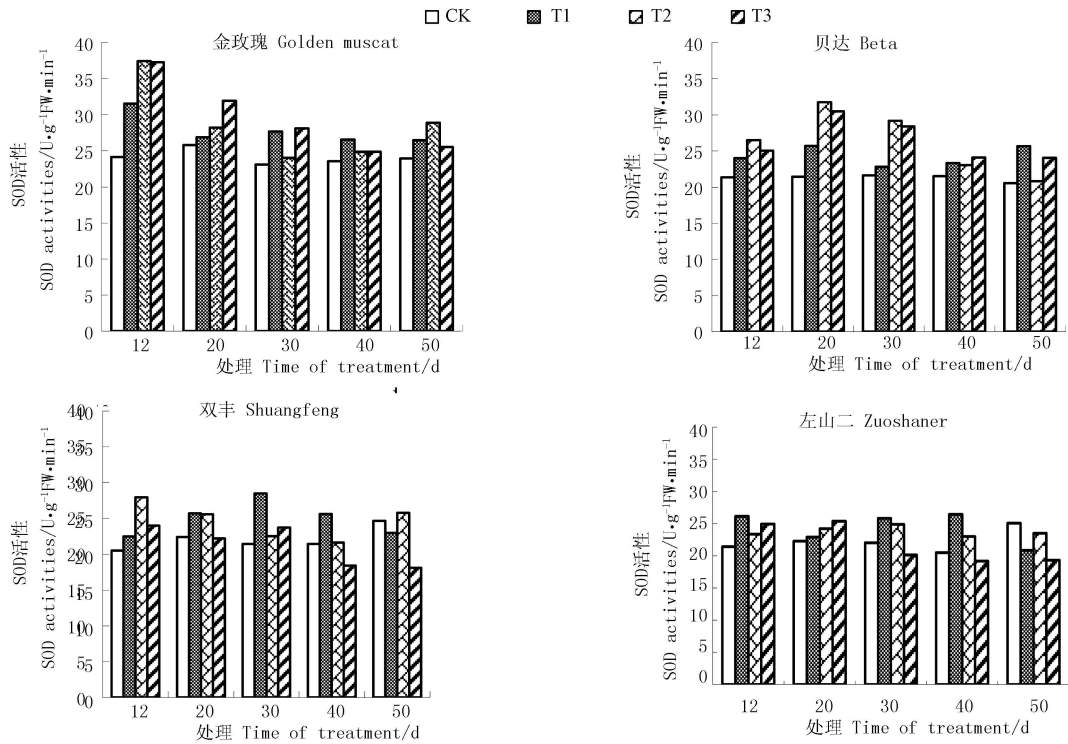


图 3 NaCl 胁迫下不同葡萄品种 SOD 活性的动态变化
Fig. 3 Dynamic changes of SOD activity in different grape varieties under NaCl stress

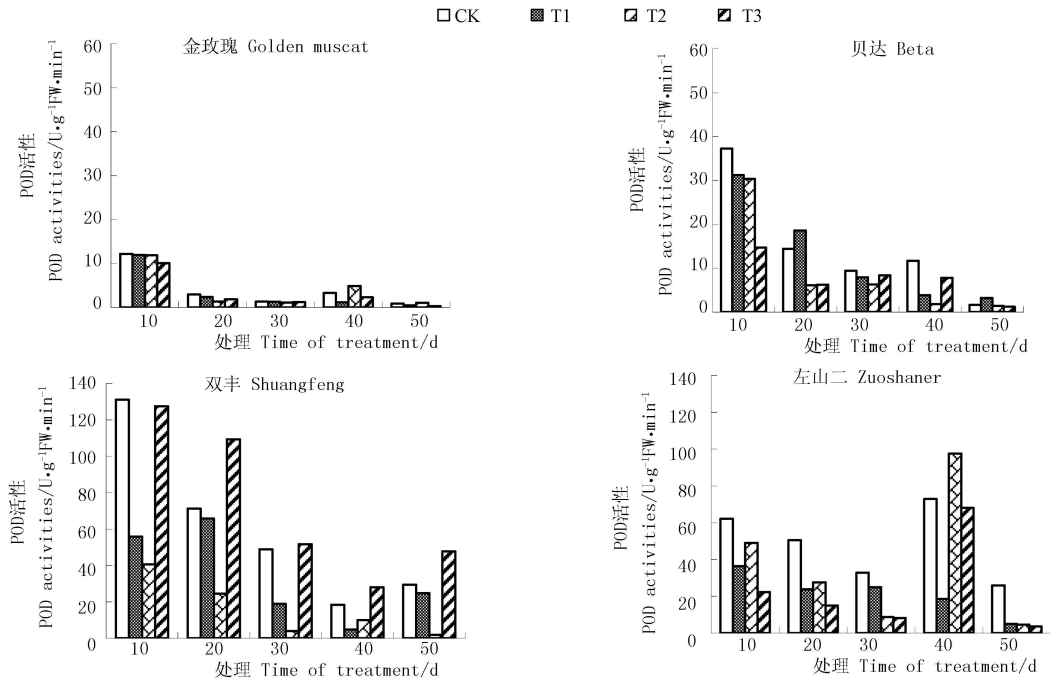


图 4 NaCl 胁迫下不同葡萄品种 POD 活性的动态变化
Fig. 4 Dynamic changes of POD activity in different grape varieties under NaCl stress

2.4 NaCl 胁迫对葡萄叶片 POD 活性的影响

POD 是植物体内担负清除 H₂O₂ 的主要酶类之一, POD 能够催化 H₂O₂ 氧化其它底物后生成 H₂O^[8]。由图 4 可看出,在胁迫前期,4 个品种葡萄叶片 POD 活性始终低于对照(双丰 T3 处理除外),且随盐胁迫时间延

长,总体呈降低趋势。在胁迫后期(40 d),不同处理及品种间均有急剧增加的现象,但变化不规律。胁迫前期(30 d 前)不同品种,不同处理间,POD 活性动态变化幅度不同。盐胁迫下,金玫瑰相比对照略有降低,至胁迫 30 d 时较对照趋于稳定;贝达变化幅度与金玫瑰相似,

但下降幅度大于金玫瑰;左山二和双丰相比对照下降幅度更大,但 T3 处理下双丰 POD 活性急剧上升。由表 4 方差分析(前 3 次取样)可知,随盐浓度的增大,4 个品种 POD 活性逐渐降低(双丰 T3 处理除外),但存在显著差异。金玫瑰和贝达降低幅度不显著;而左山二和双丰在 T1 浓度下呈显著降低($P < 0.05$);左山二 T3 处理下和双丰 T2 处理下极显著降低($P < 0.01$)

表 3 NaCl 胁迫下不同葡萄品种 SOD 活性

Table 3 SOD activities of different grape varieties under NaCl stress $U \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$

NaCl 处理 NaCl treatment	品种 Varieties			
	金玫瑰 Golden Muscat	贝达 Beta	双丰 Shuangfeng	左山二 Zuoshaner
CK	24.09 bA	21.31bB	22.10 aA	22.24 aA
T1	27.81 abA	24.30abAB	25.07 aA	24.43 aA
T2	28.68 aA	26.27aA	24.71 aA	23.76 aA
T3	29.54 aA	26.41aA	21.30 aA	21.78 aA

表 4 NaCl 胁迫下不同葡萄品种 POD 活性

Table 4 POD activities of different grape varieties under NaCl stress $U \cdot g^{-1}FW \cdot min^{-1}$

NaCl 处理 NaCl treatment	品种 Varieties			
	金玫瑰 Golden Muscat	贝达 Beta	双丰 Shuangfeng	左山二 Zuoshaner
CK	5.49 aA	20.35 aA	83.77 aA	48.54 aA
T1	5.19 aA	19.24 aA	46.95 bAB	28.48 bAB
T2	4.78 aA	14.25 aA	23.06 bB	28.49 bAB
T3	4.40 aA	9.78 aA	96.18 aA	15.25 bB

3 讨论

盐分对植物生长的抑制机理是一个相当复杂的问题,研究表明,在逆境条件下,需氧植物体内活性氧代谢系统失去平衡,自由基增加^[9-11],细胞内大量不饱和脂肪酸在生物自由基的作用下易诱发膜脂过氧化,从而使膜的透性增加,离子外渗^[12-13]。该研究表明,盐胁迫下,4 个品种叶片细胞膜透性,均随胁迫浓度的增加和胁迫时间的延长而增加,这与李会武^[14]、张亚冰^[15]等研究结果一致。说明盐胁迫诱发了膜质过氧化作用,细胞膜受到损伤,且受害程度随盐浓度的增高和胁迫时间的延长而加重。而相同处理下,不同品种增加幅度不同。轻度胁迫(T1)下,金玫瑰、贝达和左山二增加幅度均很小;中度(T2)和重度(T3)胁迫下,双丰和左山二增加幅度要高于金玫瑰和贝达。可看出双丰细胞膜受害程度最为严重,其次为左山二,再次为贝达,金玫瑰最轻。

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化作用的最终产物,其含量的高低是反映脂质过氧化作用强弱的一个重要指标。该研究表明,盐胁迫下,随着时间的延长,4 个品种叶片 MDA 含量较对照均有增加,说明生物自由基诱发了膜质过氧化作用,细胞受到了损伤。但轻度胁迫下,4 个品种 MDA 含量增加幅度不大,表明脂质过氧化反应水平

不高,对膜系统结构和功能的破坏也不大,葡萄叶片细胞仍能维持其高度有序的结构而不会死亡,这可能与葡萄具有一定的抗盐性有关。中度和重度胁迫下,增加幅度升高,且双丰和左山二增加幅度均高于金玫瑰和贝达,说明金玫瑰和贝达耐受能力要高于双丰和左山二。

盐分胁迫下,植物体内活性氧大量积累会诱导如过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽还原酶(GR)等有关保护酶类表达量增加、活性提高^[16-19],以清除过多的活性氧,减轻其伤害作用。但不同酶在不同植物和在同一植物的不同时期反应有所不同。

SOD 是植物活性氧代谢中极为重要的保护酶,是典型的诱导酶^[20-21],它催化 O_2^- 歧化反应而形成 H_2O_2 ,从而减轻 O_2^- 对植物的毒害,在保护系统中处于核心地位^[22-23]。该试验结果表明,4 个品种 SOD 活性在盐胁迫期间呈先增后降趋势,即胁迫初期,活性增强,活性氧清除能力提高,随着时间延长,活性下降。金玫瑰和贝达活性在最短时间内即已达到最大值,且幅度高于左山二和双丰,具有较强的活性氧清除能力,能更好地维持细胞的稳定性。因此,葡萄的抗盐能力及其防御功能与保护酶活性的大小是相关联的。植物体内积累的 H_2O_2 会形成氧化能力极强的 $\cdot OH$,是膜脂过氧化的启动者^[24],而且由于植物细胞内没有专一清除 $\cdot OH$ 的酶,所以积累的 H_2O_2 必须马上清除掉^[25]。清除 H_2O_2 的酶类为 CAT 和 POD,前者不需要还原力且具有较高的酶活速率,但对 H_2O_2 的亲合力较弱;后者需要还原性底物,并对 H_2O_2 具有较高的亲合力^[26]。但是有很多研究表明,POD 具有双重作用,一方面可以清除 H_2O_2 ,另一方面参与叶绿素的降解,产生活性氧并引发膜脂过氧化,表现为伤害效应^[27-28]。Comba^[29]等发现盐胁迫下大豆根瘤中的 POD 活性降低;姜春明^[4]等在小麦旗叶高温胁迫研究中发现花后 15~17 d 高温处理 POD 活性大幅上升,对叶片起伤害作用;施大伟等^[30]认为小麦旗叶 POD 活性在生育后期迅速上升是引起旗叶早衰的重要原因。该试验结果表明,盐胁迫前期,POD 活性始终低于对照(T3 条件下双丰除外),可能是盐胁迫诱发的活性氧降低了 POD 的保护效应,此时主要由其它酶分解 H_2O_2 ;而 T3 条件下,双丰 POD 活性急剧上升甚至高于对照,认为此时 POD 已不能起保护作用,甚至参与活性氧的生成,加速植株的衰老。这与 Comba^[29]、姜春明^[4]、施大伟^[30]等的有关论述相一致。而李会武^[14]等认为随着土壤含盐量的增加,葡萄 POD 活性逐渐升高。2 个结论似乎相互矛盾,原因可能是因为这 2 个试验葡萄所处生长期不同,POD 所起作用不同。后期 POD 活性急剧增高

可能是因为进入衰老期, POD 此时也表现为伤害作用。

参考文献

- [1] 张正斌. 作物抗旱节水的生理遗传育种基础[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 12.
- [2] 胡学俭, 孙明高. NaCl 胁迫对无花果与海棠膜脂过氧化作用及保护酶活性的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(5): 937-943.
- [3] 齐曼, 尤势斯, 李秀霞. 盐胁迫对大果沙枣膜脂过氧化和保护酶活性的影响[J]. 干旱区研究, 2005(4): 503-507.
- [4] 姜春明, 尹燕梓. 不同耐盐性小麦品种旗叶膜脂过氧化和保护酶活性对花后高温胁迫的响应[J]. 作物学报, 2007, 33(1): 143-148.
- [5] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 208-210.
- [6] 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: 260-261.
- [7] Mishra N P, Mishra R K, Caur S. Changes in the activities of anti-oxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors[J]. Plant Physiol, 1993, 102: 903-910.
- [8] 吕庆, 郑荣梁. 干旱及活性氧引起小麦膜脂过氧化与脱酯化[J]. 中国科学(C 卷), 1996, 26: 28-32.
- [9] 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害[J]. 植物生理学通讯, 1988, 24(2): 12-18.
- [10] 陈少裕. 脂膜过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(2): 84-90.
- [11] 许东河, 李东艳, 陈于和. 盐胁迫对大豆膜透性、丙二醛含量及过氧化物酶活性的影响[J]. 华北农学报, 1993, 8(S1): 78-82.
- [12] 孙国荣, 关, 阎秀峰. 盐胁迫对星星草幼苗保护酶系统的影响[J]. 草地学报, 2001, 9(1): 34-38.
- [13] 王善广, 张华云, 郭郢, 等. 生物膜与果树抗寒性[J]. 天津农业科学, 2000, 6(1): 37-40.
- [14] 李会云, 郭修武. 盐胁迫对葡萄砧木叶片保护酶活性和丙二醛含量的影响[J]. 果树学报, 2008, 25(2): 240-243.
- [15] 张亚冰, 刘崇怀, 孙海生, 等. 葡萄砧木耐盐性与丙二醛和脯氨酸关系的研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(8): 1709-1712.
- [16] Sreenivasulu N, Grimm B, Wobus U, et al. Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedlings of fox-tail millet (*Setaria italica*) [J]. Physiol Plant, 2001(9): 435-442.
- [17] Lee D H, Kim Y S, Lee C B. The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice(*Oryza sativa* L.) [J]. Plant Physiol, 2001, 158: 737-745.
- [18] Mittova V, Tal M, Volokita M, et al. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species [J]. Physiol. Plant, 2002, 115: 393-400.
- [19] Mittova V, Tal M, Volokita M, et al. Up-regulation of the leaf mitochondrial and peroxisomal antioxidative systems in response to salt-induced oxidative stress in the wild salt tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii* [J]. Plant Cell Environ, 2003, 26: 845-856.
- [20] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 381.
- [21] LIANG Y C, CHEN Q, LIU Q, et al. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.) [J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160: 1157-1164.
- [22] 阎成仕, 李德全, 张建华. 冬小麦旗叶早促衰老过程中氧化伤害与抗氧化系统的响应[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 568-576.
- [23] 阎成士, 李德全, 张建华. 植物叶片衰老与氧化胁迫[J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 398-404.
- [24] 蒋明义, 荆家海. 植物体内羟自由基的产生及其与脂质过氧化作用启动的关系[J]. 植物生理学通讯, 1993, 29(4): 300-305.
- [25] 冯建灿, 毛训甲, 胡秀丽. 光氧化胁迫条件下叶绿体中活性氧的产生、清除及防御(英文)[J]. 西北植物学报, 2005, 25(7): 1487-1498.
- [26] 杜秀敏, 殷文璇, 赵彦修, 等. 植物中活性氧的产生及清除机制[J]. 生物工程学报, 2001, 17(2): 121-124.
- [27] 许长成, 邹琦. 大豆叶片早促衰老及其与膜脂过氧化的关系[J]. 作物学报, 1993, 19(4): 359-364.
- [28] 阎成仕. 水分胁迫下植物叶片抗氧化系统的响应研究进展[J]. 烟台师范学院学报(自然科学版), 2002, 18(2): 220-225.
- [29] Comba M E, Benavides M P, Tomaro M L. Effect of salt stress on antioxidant defence system in soybean root nodules [J]. Plant Physiol, 1998, 25: 665-671.
- [30] 施大伟, 陈国祥, 张成军, 等. 两种高产小麦旗叶自然衰老过程中生理特性的比较[J]. 西北农业学报, 2005, 14(2): 23-26.

(该文作者还有艾军, 单位同第一作者。)

Response of Leaf Lipid Peroxidation and Protective Enzyme Activity of Different Grape Varieties to Salt Stress

QIN Hong-yan, SHEN Yu-jie, LI Chang-yu, YANG Yi-ming, FAN Shu-tian, WANG Xin-wei, AI Jun

(Institute of Wild Economic Animal and Plant of Science, Chinese Academy of Agricultural Science, Zuojia, Jilin 132109)

Abstract: The influences on the cell membrane permeability, lipid peroxidation and activity of cell defense enzymes in the leaves of Shuangfeng, Zuoshaner, Beta and Golden Muscat were studied under NaCl stress with the different concentrations. The results showed that seedlings of four varieties showed a dynamically increasing tendency in NaCl tolerance under different treatments. With the increase of salt concentrations and the prolonging of treatment, MDA content and membrane permeability showed a decreasing trend, the increase amplitude of MDA content and membrane permeability can be summarized Shuangfeng > Zuoshaner > Beta > Golden Muscat; the activities of SOD increased firstly and then decreased, the amplification in Golden Muscat and Beta was relatively higher; the activities of POD showed downward trend, but the decreasing range of Golden Muscat and Beta was relatively lower.

Key words: grape; salt stress; lipid peroxidation; activity of protective enzyme