

文章编号: 1674-7054(2010)04-0350-07

芒果不同叶龄叶片在增强 UV-B 辐射处理下的损伤和保护响应

刘 鹏¹, 周开兵¹, 王 爽¹, 王丽文¹, 潘学峰²

(1. 海南大学 热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室; 2. 海南大学 学报编辑部, 海南 海口 570228)

摘 要: 以‘台农一号’芒果(*Mangifera indica* L. cv. Tainong No. 1)盆栽苗离体叶片为试材, 研究在增强 UV-B 辐射条件下芒果不同叶龄叶片的损伤表现和保护响应。结果表明: 芒果不同叶龄叶片经增强 UV-B 辐射处理后, 幼叶的相对电导率和 MDA 含量急剧升高, 叶绿素 a/b 值急剧下降, 可溶性蛋白含量发生不稳定地升降变化; 而老叶的这 4 个指标则变化较为缓慢; 成年叶表现居中。不同叶龄叶片的叶绿素含量基本无显著变化, 幼叶对增强 UV-B 辐射处理最敏感, 老叶则不敏感, 成年叶居中。幼叶的 SOD 和 POD 活性总体表现出下降趋势, 而老叶的维生素 C、还原型 GSH、类胡萝卜素和类黄酮含量却在增强 UV-B 辐射处理全程表现增强, 且幼叶均表现最低, 老叶除后期类黄酮含量降低外均表现最高, 成年叶居中。叶片 CAT 活性在中后期例外地表现为按照老叶、幼叶和成年叶递增。总体上, 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片的损伤表现与其保护能力变化一致。

关键词: 芒果; 叶龄; 叶片; 增强 UV-B 辐射; 损伤; 保护

中图分类号: S 667.7; Q 945.78

文献标志码: A

正常情况下, 太阳辐射中的 UV-C 辐射(200~280 nm)全部被臭氧层吸收, UV-B 辐射(280~320 nm)绝大多数被臭氧层吸收, UV-A 辐射(320~400 nm)全部穿透臭氧层。当前, 由于氟利昂等制冷剂的大量应用, 导致臭氧层被破坏, 造成太阳光中到达地面的 UV-B 辐射剂量增加, 此时称增强 UV-B 辐射。增强 UV-B 辐射直接导致植物在形态结构、生理功能、遗传特性、生长周期和与环境的相互作用等方面发生改变, 进而对人类生产生活构成严重威胁^[1-3], 且有预测称, 今后 70 年内全球大气臭氧浓度将减少 2%~10%, 到达地球表面的 UV-B 辐射将增加 4%~20%^[4]。因此, 研究植物在受到 UV-B 辐射后产生的损伤及其可能的修复机理, 在当前植物生理和生态学研究尤为重要。

芒果在我国号称“热带水果之王”, 而海南又是我国最大的芒果产区。海南岛地理纬度低, 紫外辐射较强, 芒果能够很好地适应这种强紫外辐射环境。而对于芒果能很好地适应紫外辐射的研究鲜有报道, 仅笔者报道过芒果离体幼叶和老叶在增强 UV-B 辐射下的抗氧化响应情况。其结果表明, 相对于未经增强 UV-B 辐射处理的对照而言, 经增强 UV-B 辐射处理的幼叶和老叶均发生了明显的活性氧损伤, 且诱导其抗氧化机制开启^[5-6]。植物叶片对逆境刺激最为敏感, 并且不同叶龄叶片的逆境伤害表现和生理变化具有明显差异, 因此, 有必要进一步研究芒果不同叶龄叶片在增强 UV-B 辐射胁迫下的损伤和保护响应, 了解芒果具有良好紫外光辐射适应性的机理。

1 材料和方法

1.1 材料 供试材料为‘台农一号’芒果(*Mangifera indica* L. cv. Tainong No. 1)盆栽苗(50 株), 由海南

收稿日期: 2010-11-01

基金项目: 海南省自然科学基金项目资助(807005)

作者简介: 刘鹏(1982-), 男, 山西大同人, 海南大学农学院 2007 级硕士研究生。

通信作者: 周开兵, 博士, 副教授, E-mail: kaibingzhou0528@163.com

省农业科学院果树研究所提供。2008 年 6 月取 1 a 生容器苗上盆定植,盆土为人工调配的营养土,盆容积 7 L,上盆后先在荫棚内培养,成活后揭去遮阳网,此后一直全日照,其余管理采取常规管理措施。2009 年 6 月,取幼叶(2 月龄红叶)、成年叶(1 a 生梢中部健康的 2 月龄以上绿叶)和老叶(12 月龄以上)各 200 片,在室内对完整的离体叶片模拟增强 UV - B 辐射处理。

1.2 方法

1.2.1 叶片辐照处理 紫外灯为上海晨辰照明电器有限公司生产的 ZWB 系列 UV - B 灯管,光照强度为 $4\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,紫外灯离叶片垂直高度为 30 cm,经 0.08 mm 乙酸纤维素膜过滤后,在室内 26 ℃ 条件下(空调控温,同时启用空调换气功能)对离体叶片进行模拟增强 UV - B 辐射处理,以室内自然散射光下离体叶片为对照。在辐照 0,2,4,6,8,10,12 h 时分别取样。每处理每重复取 5 片叶,重复 3 次。样叶提取后及时经液氮速冻后存放于 - 80 ℃ 冰箱备用。

1.2.2 各项生理指标的测定 丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸比色法。相对电导率测定采用郝再彬等介绍的方法^[7]。叶片光合色素含量的测定采用改良 Arnon 法。叶片总黄酮含量的测定采用孙群等的方法^[8]。可溶性蛋白含量测定采用 Bradford 的方法^[9]。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑(TTC)光还原法^[10]。过氧化氢酶(CAT)活性测定采用紫外吸收法^[11]。过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法^[11]。抗坏血酸含量和还原型谷胱甘肽(GSH)含量的测定参考陈建勋等方法^[11]。

1.2.3 数据处理 实验数据采用 SAS 软件进行分析,用一元方差分析(one-way ANOVA)检验处理时间效应和不同叶龄叶片损伤与保护响应的显著性;采用 LSD 法作多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 增强 UV - B 辐射处理对芒果不同叶龄叶片的损伤

2.1.1 丙二醛(MDA)含量的差异 增强 UV - B 辐射处理下的不同叶龄叶片 MDA 含量差异如图 1 所示。在开始处理时(0 h),成年叶和幼叶的 MDA 含量较低,且差异不显著,但极显著低于老叶,这可能与老叶的衰老有关,由于老叶衰老时出现细胞活性氧损伤,积累了大量的 MDA,从而导致其 MDA 含量基础水平的增高。随着增强 UV - B 辐射处理时间的延续,3 种叶龄叶片的 MDA 含量均显著上升,老叶的 MDA 含量一直维持最高,并且与幼叶和成年叶的 MDA 含量间差异极显著;老叶和成年叶的 MDA 含量变化比幼叶缓慢,幼叶 MDA 含量在 4 h 后急剧上升,且其含量介于老叶和成年叶之间,差异达显著水平。

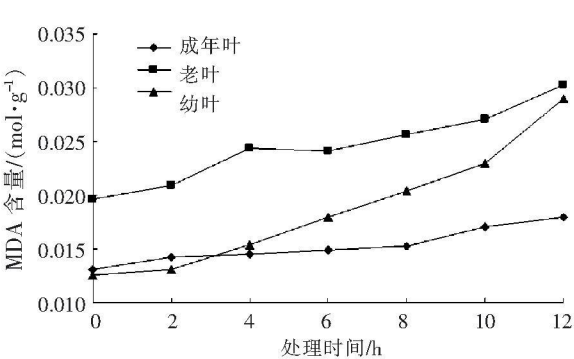


图 1 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片丙二醛含量差异

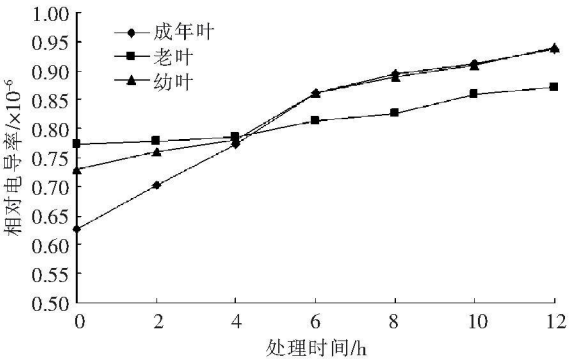


图 2 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片相对电导率差异

2.1.2 相对电导率的差异 增强 UV - B 辐射处理下不同叶龄叶片相对电导率差异如图 2 所示。在增强 UV - B 开始处理时(0 h),老叶的相对电导率显著高于幼叶和极显著高于成年叶的,幼叶的相对电导率显著高于成年叶的。这种趋势一直维持到增强 UV - B 辐射处理 4 h 前,在增强 UV - B 辐射处理 4 h 时,三者的相对电导率差异不显著,而处理 4 h 后,幼叶和成年叶的相对电导率差异不显著,但显著高于老叶的。

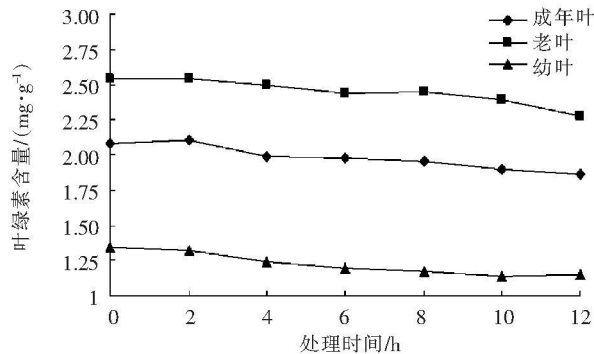


图3 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片叶绿素含量的差异

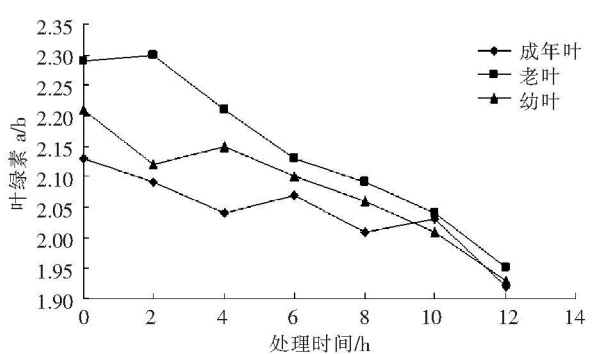


图4 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片叶绿素 a/b 的差异

2.1.3 不同叶龄叶片叶绿素含量的差异 增强 UV - B 辐射处理下不同叶龄叶片叶绿素含量差异如图 3 所示。在增强 UV - B 辐射开始处理时(0 h),幼叶叶绿素含量最低,成年叶的次之,老叶的最高,差异极显著。这与不同叶龄叶片的生理状态有关,幼叶尚处于红叶期,因而其叶绿素含量最低。在增强 UV - B 辐射开始处理后,不同叶龄的叶片叶绿素含量虽呈下降变化,但均分别未达到显著水平。这说明从叶绿素总量上,看不出叶片受增强 UV - B 辐射的明显损伤。

2.1.4 不同叶龄叶片叶绿素 a/b 的差异 增强 UV - B 辐射处理下不同叶龄叶片的叶绿素 a/b 值差异如图 4 所示。在开始增强 UV - B 辐射处理时(0 h),老叶的叶绿素 a/b 值极显著高于幼叶和成年叶的,幼叶的显著高于成年叶的。这种高低趋势在显著性水平上,一直维持到增强 UV - B 辐射处理 8 h 时,此后,幼叶叶绿素 a/b 值呈现较低趋势,而老叶的则显著较高,幼叶在后期(10 h)变为最低。

2.2 增强 UV - B 辐射处理对芒果不同叶龄叶片可溶性蛋白含量的影响

增强 UV - B 辐射处理下不同叶龄叶片的可溶性蛋白含量差异如图 5 所示。在开始增强 UV - B 辐射处理时(0 h),老叶的可溶性蛋白含量最高,幼叶的次之,成年叶的最低,差异达极显著或显著水平。这与老叶的衰老和幼叶的旺盛生长状态有关。开始增强 UV - B 辐射处理后,幼叶和成年叶的可溶性蛋白含量发生急剧上升和下降的交替变化,而老叶则显示相对平稳地持续上升,且在增强 UV - B 辐射处理 8 h 前维持较高水平,只是在 10 h 后显著低于幼叶和成年叶的。尽管三者可溶性蛋白含量在总体趋势上均有上升,但从动态曲线不同时段的线段斜率变化看,老叶相对对增强 UV - B 辐射不敏感,而成年叶较敏感,幼叶最敏感。

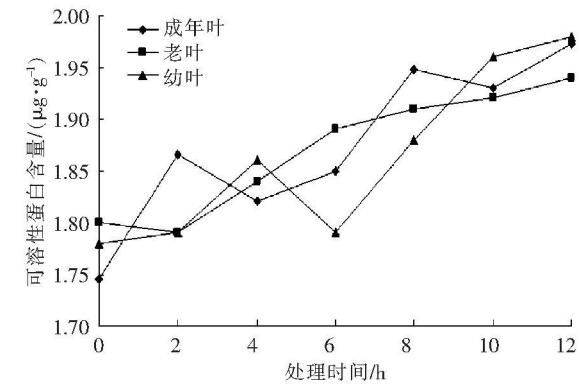


图5 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片可溶性蛋白含量的差异

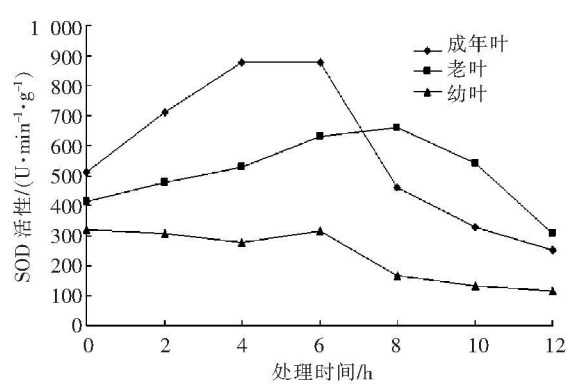


图6 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片 SOD 活性差异

2.3 增强 UV - B 辐射处理对芒果不同叶龄叶片抗氧化酶系统活性的影响

2.3.1 不同叶龄叶片 SOD 活性的差异 增强 UV - B 辐射处理下不同叶龄叶片 SOD 活性差异如图 6 所示。在增强 UV - B 辐射处理开始时(0 h),幼叶的 SOD 活性最低,老叶的次之,成年叶的最高,差异达显著或极显著水平。这种趋势一直维持到增强 UV - B 辐射处理 6 h,且在动态变化中,各叶龄叶片分别维持

各自的较高水平。但是,自增强UV-B辐射处理8 h后,老叶的SOD最高,成年叶的次之,幼叶的最低,差异达显著或极显著水平。处理8 h时不仅是各叶龄叶片SOD活性开始降低之时,而且也是各自进入后期SOD活性较低的时段,这时段可能是出现增强UV-B辐射明显损伤之时。因此,在出现增强UV-B辐射明显损伤时,老叶清除超氧离子的能力可能最强,幼叶可能最弱,成年叶可能居中。

2.3.2 不同叶龄叶片POD活性的差异 增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片POD活性差异如图7所示。在开始增强UV-B辐射时,幼叶的POD活性基础水平最高,老叶和成年叶的差异不显著且较低;在增强UV-B辐射处理2 h时,老叶POD活性仍最低,而此时成年叶的最高,两者的差异极显著。但是,自增强UV-B辐射处理4 h后,老叶POD活性先上升,并一直维持最高水平;幼叶和成年叶POD活性则先急剧降低,并且幼叶在此后一直极显著最低,成年叶的居中,老叶的最高,差异显著或极显著。

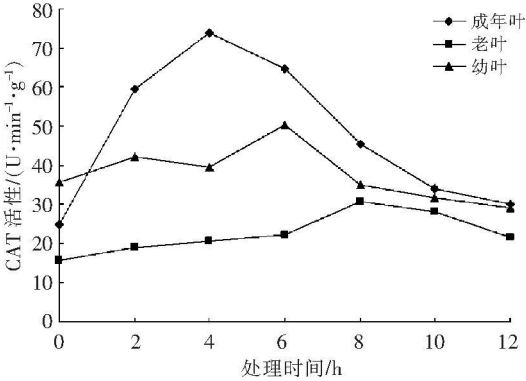
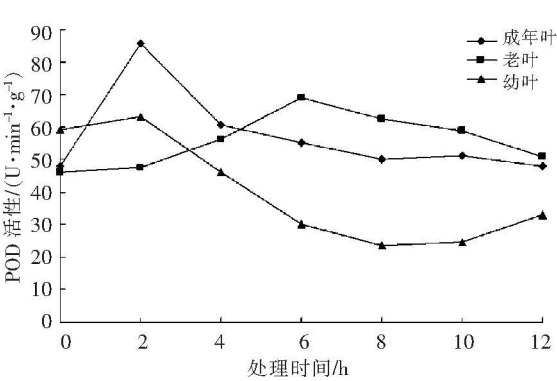


图7 增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片POD活性差异

图8 增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片CAT活性差异

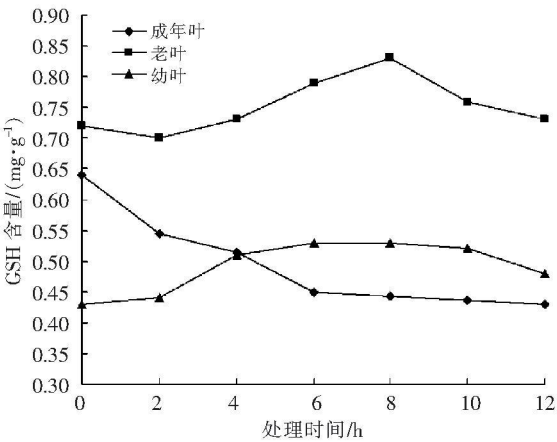
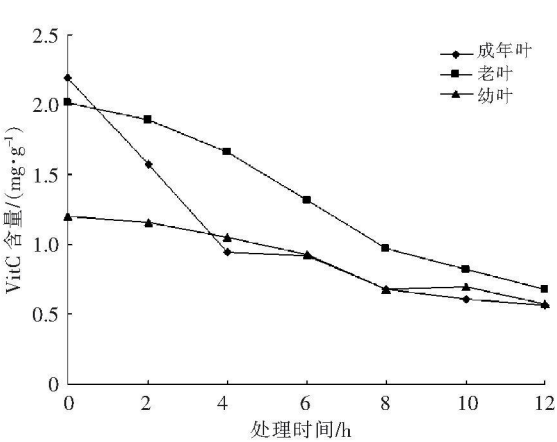


图9 增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片VitC含量的差异

图10 增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片GSH含量差异

2.3.3 不同叶龄叶片CAT活性的差异 增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片CAT活性差异如图8所示。在增强UV-B辐射开始处理时(0 h),幼叶的CAT活性最强,成年叶的次之,老叶的最低,差异显著或极显著。自增强UV-B辐射处理2 h后,成年叶CAT活性急剧升高,并在此后一直维持最高活性,幼叶的一直居中,老叶的一直最低。

2.4 增强UV-B辐射处理对芒果不同叶龄叶片抗氧化非酶保护体系的影响

2.4.1 不同叶龄叶片维生素C和还原型GSH含量的差异 在增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片维生素C和还原型GSH含量差异如图9和图10所示。在增强UV-B辐射开始处理时,老叶和成年叶的维生素C和还原型GSH含量差异均不显著,但均极显著高于幼叶的;处理2 h时,成年叶的维生素C和还原型GSH含量急剧降低,至处理4 h时,成年叶和幼叶的维生素C、还原型GSH含量均差异不显著,但分别一直显著、极显著低于老叶的GSH含量。

2.4.2 不同叶龄叶片保护色素含量的差异 增强UV-B辐射处理下不同叶龄叶片类黄酮含量差异如图

11 所示。在增强 UV - B 辐射开始处理时(0 h), 幼叶的类黄酮含量最低, 老中叶和成年叶的差异不显著且均高于幼叶的。在增强 UV - B 辐射处理 2 h 时, 老叶类黄酮含量先快升, 到了 6 h 后就快速下降; 成年叶则在处理 10 h 前较为均匀地持续上升; 幼叶的先短暂缓慢上升, 后缓慢下降。在增强 UV - B 辐射处理全程中, 幼叶的类黄酮含量一直处于最低状态, 老叶则在中前期较高, 后期低于成年叶的类黄酮含量。

增强 UV - B 辐射处理下不同叶龄叶片类胡萝卜素含量差异如图 12 所示。在增强 UV - B 辐射处理开始时(0 h), 老叶的类胡萝卜素含量最高, 成年叶的次之, 幼叶的最低, 差异极显著或显著。这种趋势一直维持到增强 UV - B 辐射处理后 6 h, 且此期间不同叶龄叶片的类胡萝卜素含量变化缓慢。自处理 6 h 开始, 成年叶的类胡萝卜素含量急降, 并在此后与幼叶的差异不显著, 而老叶的反而缓慢上升和极显著较高。

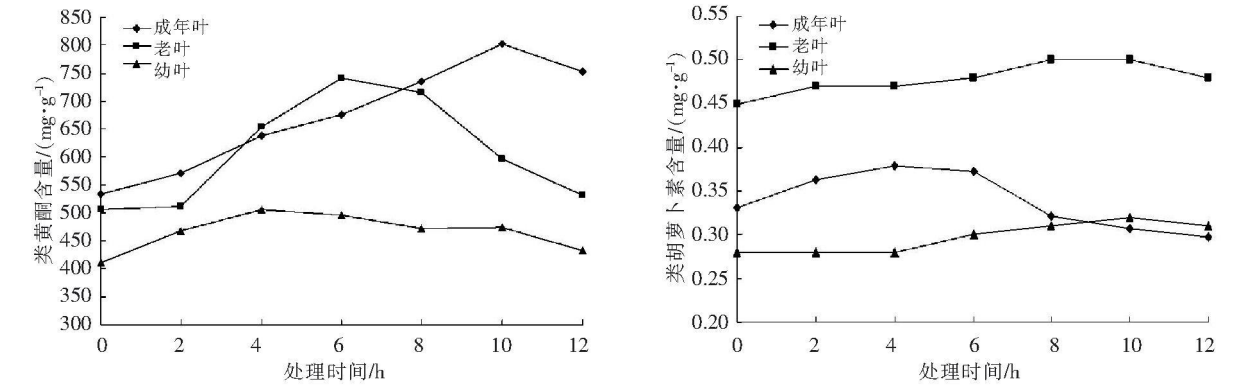


图 11 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片类黄酮含量差异 图 12 增强 UV-B 辐射处理下不同叶龄叶片类胡萝卜素含量差异

3 讨 论

表征细胞损伤的 MDA 含量和相对电导率在增强 UV - B 辐射处理之前, 均以老叶含量最高, 这可能是老叶处于衰老状态, 出现活性氧损伤所致^[12]。在增强 UV - B 辐射开始处理后, 不同叶龄叶片的 MDA 含量和相对电导率均上升, 但是, 幼叶上升的速度最快, 成年叶上升速度居中, 老叶则上升较为缓慢。其中, 幼叶的相对电导率先由基础水平时低于老叶的, 然后上升到最高。MDA 含量和相对电导率上升均为活性氧侵害的表现^[13], 不同叶龄叶片的这些伤害表现说明, 幼叶活性氧损伤最重, 老叶则相对较轻, 成年叶居中。由此可见, 本试验也证实了增强 UV - B 辐射危害植物可通过活性氧形成和积累来产生危害^[14], 同时也表明, 幼叶对增强 UV - B 辐射处理最敏感, 老叶则相对迟钝, 成年叶则居中。

SOD 和 POD 是清除活性氧积累的重要保护酶^[15-16], 维生素 C 和还原型 GSH 是直接清除活性氧的非酶保护物质^[17]。本试验结果表明, 在增强 UV - B 辐射处理下, 不同叶龄叶片的 SOD 和 POD 活性、维生素 C 和还原型 GSH 含量在处理的中后期或全程中均以老叶最强、最高, 而幼叶则最弱、最低。这意味着老叶具有较强的活性氧清除能力且表现出对增强 UV - B 辐射不敏感, 而幼叶则因为活性氧清除能力弱而表现出对增强 UV - B 辐射最敏感。类胡萝卜素和类黄酮可以直接吸收 UV - B 辐射, 其含量高则可更有效地分散增强 UV - B 辐射胁迫^[18-19], 类胡萝卜素含量高还可以避免叶片叶绿体光氧化危害^[20], 本试验结果表明, 老叶的 2 种色素含量分别为较高和最高, 而幼叶的则比老叶的较低, 这可能是老叶对增强 UV - B 辐射不敏感, 而幼叶对增强 UV - B 辐射敏感所致。本试验结果表明, CAT 活性表现为老叶弱, 幼叶强。CAT 是活性氧 H₂O₂ 的清除保护酶^[15-16], 这与不同叶龄叶片的增强 UV - B 辐射损伤表现相反, 说明不同叶龄叶片的 H₂O₂ 积累和清除特点可能不同, 需要进一步研究。

本试验结果表明, 增强 UV - B 辐射处理对叶片叶绿素含量的影响并不明显, 与文献[21-22]报道的增强 UV - B 辐射可以引起小麦叶片光合色素含量下降的研究结果不同, 这可能是增强 UV - B 辐射对植物光合机能产生破坏的机理存在种间差异。本试验结果表明, 增强 UV - B 辐射处理可以引起不同叶龄叶绿素 a/b 值下降, 这证实了增强 UV - B 辐射可破坏叶片光合能力^[20]。有文献报道过增强 UV - B 辐射可

以引起黑麦叶片叶绿素 a/b 复合蛋白 mRNA 水平显著降低^[23],与本试验的结果相似。幼叶叶绿素 a/b 值在增强 UV - B 辐射处理前中期的变化一直处于老叶与成年叶之间,在处理后期时处于较低水平,老叶持续维持最高水平,这说明幼叶对增强 UV - B 辐射处理最敏感,而老叶对增强 UV - B 辐射较不敏感。这种敏感性差异可能源于不同叶龄叶片形态解剖结构特征的差异,这仍有待进一步实验证实。

参考文献:

- [1] WU J B, GUAN D X, YUAN F H, et al. Research advances on the biological effects of elevated ultraviolet-B radiation on terrestrial plants[J]. Journal of Forestry Research, 2009, 20(4): 383 - 390.
- [2] 韩榕,王勋陵,岳明,等. He - Ne 激光对小麦幼苗增强 UV - B 辐射损伤修复的影响[J]. 光子学报, 2001, 30(10): 1182 - 1187.
- [3] ROLEDAL M Y, WIENCKE C, LUDER U H. Impact of ultraviolet radiation on cell structure, UV-absorbing compounds, photosynthesis, DNA damage, and germination in zoospores of Arctic *Saccorhiza dermatodea* [J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 57(4): 3847 - 3856.
- [4] 郑有飞,刘建军,王艳娜,等. 增强 UV - B 辐射与其他因子复合作用对植物生长的影响研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(8): 1702 - 1712.
- [5] 刘 鹏,潘学锋,周开兵. 芒果离体幼叶在增强 UV - B 辐射处理下的损伤和保护反应[J]. 热带生物学报, 2010, 1(2): 144 - 149.
- [6] 刘 鹏,周开兵,潘学锋. 芒果老叶在增强 UV - B 辐射处理下的损伤和保护反应[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(8): 787 - 792.
- [7] 郝再彬,苍晶. 植物生理实验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2004: 155 - 158.
- [8] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the estimation of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-dye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72: 248 - 254.
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国高等教育出版社, 2004: 137 - 139.
- [10] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州:华南理工大学出版社, 2006: 126 - 149.
- [11] 孙 群,胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 杨陵:西北农林科技大学出版社, 2006: 135 - 137.
- [12] 苏新国. 壳聚糖涂膜对菜用大豆荚采后衰老和品质的影响[J]. 植物生理学报, 2001, 27(6): 456 - 472.
- [13] 周开兵,符丽浠,陈丽芳. 浸钙处理对荔枝果实贮藏期活性氧损伤的影响[J]. 山地农业生物学报, 2009, 28(2): 126 - 129.
- [14] 晏 斌,戴秋杰. 紫外线 B 对水稻叶组织中活性氧代谢的影响[J]. 植物生理学报, 1996, 22(4): 373 - 378.
- [15] 周开兵,罗铁旗,黄 燕,等. 热处理对黄皮果实贮藏效果和活性氧代谢的影响[J]. 山地农业生物学报, 2010, 29(1): 28 - 34.
- [16] 黄少白,章静娟,刘晓忠,等. 紫外光 B 辐射增强对小白菜膜脂质过氧化作用的影响[J]. 华北农学报, 1998, 13(3): 97 - 101.
- [17] 陈学红,郑永华,杨震锋,等. 高氧处理对草莓果实采后活性氧代谢和腐烂的影响[J]. 南京农业大学学报, 2005, 28(1): 99 - 102.
- [18] DAI Q J, FURNESS N H, UPADHYAYA M K. UV-absorbing compounds and susceptibility of weedy species to UV-B radiation[J]. Weed Biology and Management, 2004, 4: 95 - 102.
- [19] DE BAKKER N V J, VAN BODEGOM P M, VAN DE POLL W H, et al. Is UV-B radiation affecting charophycean algae in shallow freshwater systems [J]. New Phytologist, 2005, 166: 957 - 966.
- [20] 周党卫,韩 发,滕中华. UV - 辐射增强对植物光和作用的影响及植物的相关适应性研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 1004 - 1010.
- [21] NEGASH L, BJORN L. Stomatal closure by ultraviolet radiation[J]. physiol Plant, 1986, 66: 360.
- [22] SULLIVAN J H, TERAMURA A H. Effects of ultraviolet-B irradiation on seedling growth in the pinaceae[J]. Amer J Bot, 1989, 1: 707.
- [23] TEVINI M, BRAUM J, FIESER G. The protective function of the epidermal layer of rye seedlings against ultraviolet-B radiation [J]. Journal Photochemistry and Photobiology B: Biology, 1991, 53: 329 - 333.

Damages and Protection Responses of *Mangifera indica* L. Leaves with Different Age under Enhanced UV – B Radiation

LIU Peng¹, ZHOU Kai-bing¹, WANG Shuang¹, WANG Li-wen¹, PAN Xue-feng²

(1. Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources Hainan University, Ministry of Education, Haikou 570228, China; 2. Division of Journal Editor, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: The detached leaves from the potted young trees of mango, *Mangifera indica* L. cv. Tainong No. 1, were used to study the damages and the protection response of the leaves with different age under the enhanced UV – B radiation. The results showed that the relative conductivity and the content of MDA of the young leaves increased quickly, the ratio of chlorophyll a/b of the young leaves decreased sharply, the content of soluble protein of the young leaves changed unsteadily, all the 4 indicators of the old leaves mentioned above changed gently, the adult leaves performed medially; the content of chlorophyll in the leaves with different age changed insignificantly, the young leaves were the most sensitive to the enhanced UV – B radiation, the old leaves were not sensitive and the adult leaves performed medially; the activities of SOD and POD decreased; with the enhance of UV – B radiation, the contents of VitC, reduced GSH, carotenoids and flavonoids in old leaves increased, the adult leaves performed medially; the activity of CAT got higher and higher in turn of the old, the young and the adult leaves during the middle and late periods exceptionally. In general, the damages of the leaves with different age were in line with their protection abilities under the enhanced UV – B radiation.

Key words: Mango; leaves with age; leaves; enhanced UV – B radiation; damages; protections

(上接第 349 页)

Effects of Spiraling Whitefly (*Aleurodicus dispersus*) the Yield and Quality in Guava

LIN Zhu-feng, WANG San-yong, XIE Sheng-hua, JI Xun-cong, QIN Shuang
ZENG Xiang-ping, XIAO Tong-bin

(Agroenvironmental and Plant Protection Institute, Hainan Academy of Agriculture, Haikou 571100, China)

Abstract: The effects of spiraling whitefly on yield loss and quality in guava are very serious since its invasion in Hainan in 2006. Our experiment data indicated that spiraling whitefly caused significant yield loss up to 86.09% or more under untreated conditions when the damage severity index was 73.07; the spiraling whiteflies caused the reduction of the content of VitC and Zn in fruits significantly, but it did not cause any significant changes of the content of N, Ca, P, K, Zn, Mn, protein and soluble sugar in the fruits.

Key words: *Aleurodicus dispersus* Russell; guava; Yield; Quality