

# UV 胁迫下芦荟蒽醌类物质对辣椒生长发育的影响

代磊<sup>1</sup>, 赵红艳<sup>2</sup>, 贵梦园<sup>1</sup>, 孙华<sup>1</sup>, 苏俊芳<sup>1</sup>, 李景原<sup>1</sup>

(1. 河南师范大学 生命科学院 河南 新乡 453007; 2. 新乡学院 生命科学与技术系 河南 新乡 453007)

**摘要:** 大气平流层的臭氧层逐渐破坏导致 UV 辐射增加, 对作物产生不同程度的伤害。该试验研究了芦荟蒽醌类物质对增强 UV 辐射条件下辣椒生长发育和生理生化影响, 探索预防 UV 辐射对植物伤害的新途径。结果表明: 在增强 UV 辐射条件下, 喷施芦荟蒽醌类物质的辣椒, 其株高、干鲜比和叶绿素含量都有所增加, 脯氨酸和丙二醛生理生化指标都略降低, 辣椒的生长发育接近正常水平。由于芦荟蒽醌类物质经紫外光激发能发出荧光, 据此分析, 芦荟蒽醌类物质能吸收并消耗一部分 UV 辐射能量, 从而有效减少 UV 辐射对植物的伤害。

**关键词:** 芦荟; 蒽醌类物质; UV; 辣椒; 生长发育

**中图分类号:** S 641.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)11-0066-03

由于大气中的氯氟烃类、氧化氮( $N_2O$ )等含量的上升, 导致臭氧( $O_3$ )层不断减薄, 使得地球表面的 UV 辐射增加<sup>[1]</sup>。已有大量研究证明, UV 辐射的增加严重伤害植物的生长发育, 直接影响农业生产<sup>[2-3]</sup>。而有关预防紫外线对植物伤害的报道还较少, 因此, 有必要开展预防或减少 UV 辐射对植物伤害方面的研究。芦荟属(*Aloe*)植物是百合科(Liliaceae)多年生肉质常绿植物, 原产于非洲南部, 具有抗强光辐射和抗干旱的能力。芦荟的主要次生代谢成分是蒽醌类物质, 包括芦荟素、芦荟大黄素、芦荟苦素等, 在紫外光的激发下, 能够发出橙黄色荧光<sup>[4-6]</sup>。芦荟蒽醌类物质之所以能发出橙黄色荧光, 是因为这些物质吸收紫外辐射能量后, 其电子由基态跃迁到激发态, 当电子再由激发态回到基态时, 将其吸收的紫外线能量释放出来, 发出橙黄色荧光。据此, 试验假设, 可将芦荟中蒽醌类物质提取出来喷施到植物体表面, 通过吸收紫外线的能量, 减少紫外线对植物的伤害。该试验研究了芦荟蒽醌类物质对 UV 胁迫下辣椒生长发育的影响, 以探索预防或减少 UV 对植物伤害的新途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与方法

**第一作者简介:** 代磊(1982-), 男, 在读硕士, 现主要研究植物组织和细胞分化与次生产物形成和积累的关系。E-mail: wtaixia@ sina.com。

**通讯作者:** 李景原(1963-), 男, 博士, 教授, 现主要从事植物学的教学和科研工作。

**基金项目:** 河南省科技厅重点攻关资助项目(072102270018); 河南师范大学国家自然科学基金培育基金资助项目(2007P104)。

**收稿日期:** 2009-06-10

**芦荟蒽醌类物质的提取:** 取库拉索芦荟(*Aloe vera* L.)鲜叶伤流液, 于 80℃烘箱内烘干后研磨成细粉, 1 kg 芦荟干粉加入 5 L 甲醇, 浸提 24 h。经层析分离得到芦荟蒽醌类物质。

**辣椒(*Capsicum annuum* L.)**种植于河南师范大学试验田内, 土壤、水分、肥力中等, 常规管理。人工增强紫外线辐射, 辐射强度模拟赤道地区夏季前后。将紫外线灯管架于辣椒的冠层上方 95 cm 处, 处理期间每天人工照射紫外线 8 h(9:00~17:00), 40 W 紫外灯管(上海顾村仪器厂生产), 发射光谱区域为 280~320 nm, 用 UV 辐射测定仪(北京师范大学光电仪器厂生产)测定辐射剂量为 18 kJ/(m<sup>2</sup>d), 近似太阳 UV 成分。将试验分为 3 组, A 组(紫外光+自然光+蒸馏水), B 组(紫外光+自然光+蒽醌 1), C 组(紫外光+自然光+蒽醌 2), 蒽醌 1 浓度为 1 mg/L, 蒽醌 2 浓度为 4 mg/L, 每 5 d 喷 1 次。取长势一致的辣椒叶片进行指标测定, 试验重复 3 次。

### 1.2 测定方法

**1.2.1 形态指标的测定** 试验期间, 辣椒的株高于喷施后的第 5 天 12:00 进行测量, 每次 6 株。

**1.2.2 干鲜比的测定** 在喷施后第 5 天取新鲜植株, 用精密电子天平称量鲜叶的重量。然后将植株放入 120℃烘箱中干燥, 称量其干重, 并计算出植株的干鲜比。

**1.2.3 叶绿素含量的测定** 用改良的 Amon 法测定<sup>[7]</sup>, 样品洗净、滤纸吸干水分, 剪碎, 称取 0.1 g 置于 15 mL 该度试管中, 加入丙酮-无水乙醇混合液 10 mL 处, 盖上瓶塞; 避光置于 40℃恒温箱中浸提 24 h(浸提完全的叶片呈白色, 溶液呈绿色); 冷却至室温, 浸提液补充至 10 mL; 混匀后进行测定。浸提液分别在波长 645、663 nm 处测定并记录光密度值, 以浸提液作为对照调零。计算出辣椒 1 g 鲜重含叶绿素 a、b 和总叶绿素(mg)

的含量 (mg/g)。

1.2.4 丙二醛含量的测定 用硫代巴比妥酸法测定<sup>[8]</sup>，膜脂过氧化作用中产生的丙二醛(MDA)，可与硫代巴比妥酸反应生成红棕色的物质，在 532 nm 处的吸光度可计算出细胞中丙二醛的含量。丙二醛含量的多少可代表膜损伤程度的大小。准确称取样品 0.15 g，加入 1 mL 蒸馏水，研磨成匀浆，将匀浆分别转移到离心管中。向每个离心管的提取液中加入 2.5 mL 0.5% 硫代巴比妥酸溶液，充分摇匀后，置沸水中煮沸 10 min (对照管为：2.5 mL 蒸馏水+2.5 mL 硫代巴比妥酸，同煮沸)。待离心管内溶液冷却后，4 000 rmp 离心 20 min，取上清液，然后测 532 nm 和 600 nm 处的吸光度 OD 值。

1.2.5 叶片内游离脯氨酸含量的测定 用磺基水杨酸浸提—酸性茚三酮显色法<sup>[8]</sup>，植物体内的游离脯氨酸用磺基水杨酸提取，脯氨酸与酸性茚三酮反应可生成稳定的红色产物，该产物在波长 520 nm 处有一最大吸收峰，其色度和脯氨酸的含量成直线关系，可用分光光度计进行测定。浸提：称取叶片 0.15 g，剪碎后放入 15 mL 试管中，加入 2.5 mL 3% 磺基水杨酸溶液，于沸水浴中浸提 15 min，放入冰水中冷至室温。显色：吸取浸提液 1 mL 于大试管中(对照管用 1 mL 3% 磺基水杨酸溶液代替样品的 1 mL 浸提液)，再加入 1 mL 水，1 mL 冰乙酸和 2 mL 酸性茚三酮溶液，置沸水浴中显色 1 h，放入冷水中冷至室温。萃取：各加入 2.5 mL 甲苯，用旋涡振荡器振荡，以萃取红色物质。避光静置 2 h 后，吸取甲苯层于分光光度计 520 nm 波长处比色。

2 结果与分析

2.1 芦荟萜醌类物质对 UV 胁迫下辣椒株高和叶片干鲜比的影响

在增强 UV 辐射胁迫下辣椒平均株高和干鲜比都受到不同程度的影响，且其变化规律比较一致(表 1)。B 组的株高和干鲜比都高于 A 组和 C 组，说明喷施芦荟萜醌类物质浓度为 1 mg/L 的 B 组辣椒对增强 UV 辐射胁迫有一定的耐性；但喷施芦荟萜醌类物质浓度 4 mg/L 的 C 组其株高和干鲜比较没有喷施芦荟萜醌类物质的 A 组已有所降低。

表 1 芦荟萜醌类物质对 UV 胁迫下辣椒株高和叶片干鲜比的影响

	A 组	B 组	C 组
株高/cm	22.0	24.6	18.1
叶片干鲜比	0.15	0.18	0.13

2.2 芦荟萜醌类物质对 UV 胁迫下辣椒叶片生理指标的影响

在增强 UV 辐射胁迫下辣椒叶中叶绿素、丙二醛以及游离脯氨酸的含量都受到不同程度的影响(表 2)。其中叶绿素的含量 B 组的叶绿素 a 和 b 的含量高于 A 组

和 C 组，说明喷施芦荟萜醌类物质浓度为 1 mg/L 时对增强 UV 辐射胁迫有一定的耐性，而 C 组与没有喷施芦荟萜醌类物质的 A 组相比，叶绿素 a 的含量相差不大，叶绿素 b 的含量降低。

丙二醛的含量 B 组低于 A 组和 C 组，A 组和 C 组之间差别不大。说明喷施芦荟萜醌类物质浓度为 1 mg/L 的 B 组辣椒细胞膜破坏少，受紫外线伤害较轻，增加了对 UV 辐射的抗性。

叶片内游离脯氨酸的含量 B 组也低于 A 组和 C 组；而 A 组比 C 组低。说明喷施芦荟萜醌类物质浓度为 1 mg/L 的 B 组辣椒叶片内蛋白质被紫外线伤害的程度最小，减少了蛋白质的解体，增加了对 UV 的抗性。

表 2 芦荟萜醌类物质对 UV 胁迫下辣椒叶片生理指标的影响

	叶绿素			丙二醛	游离脯氨酸
	a	b	a+b		
A 组	1.35	0.56	2.11	0.015	7.56
B 组	1.43	0.71	2.14	0.010	6.17
C 组	1.37	0.45	1.82	0.016	7.96

3 讨论与分析

UV 辐射的增加导致植物的生长发育受到伤害已有许多报道<sup>[9-10]</sup>。叶绿素含量被认为是衡量植物受 UV 伤害的重要指标。UV 辐射增强，会导致植物叶片叶绿素含量降低，辐射时间越长，叶绿素含量降低越多。丙二醛是膜受到 UV-B 伤害的产物之一，生物膜受伤害的程度越严重，丙二醛含量越高<sup>[11]</sup>。脯氨酸是植物蛋白质的组分之一，并以游离态广泛存在于植物体中。试验表明，植物在受到逆境胁迫时，植物体内蛋白质合成代谢降低、分解，而游离脯氨酸便会大量积累<sup>[12-13]</sup>。胁迫下游离脯氨酸的积累可能是植物适应逆境的一种表现。该试验结果表明，在增强 UV 辐射胁迫下，喷施芦荟萜醌类物质后辣椒叶中叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量都比对照高，而其丙二醛和游离脯氨酸的含量又都比对照低，其株高和干鲜比的试验结果也与此一致。说明辣椒在增强 UV 辐射胁迫下喷施芦荟萜醌类物质后生长发育受影响程度远小于对照组，因此，认为芦荟萜醌类物质具有较强的抵御紫外辐射能力。芦荟萜醌类物质之所以具有较强的抵御紫外辐射能力，是因为芦荟萜醌类物质喷施到植物体表面后，它吸收了紫外线的光能，使电子发生由基态到激发态的跃迁，当萜醌类物质的电子重新回到基态时，把吸收的光能以辐射能力较弱的橙黄色荧光形式释放出来，从而保护植物，使其免受或减轻 UV 辐射的损伤。

然而喷施芦荟萜醌类物质抵御紫外辐射，对浓度也有一定的要求。该研究也表明，在增强 UV 辐射胁迫下，喷施芦荟萜醌类物质浓度为 1 mg/L 的 B 组，其生长发育受伤害的程度远小于对照组，而当芦荟萜醌类物质

浓度增加为 4 mg/L 时, C 组材料的受伤害的程度并没有随之而降低, 相反, 游离脯氨酸的含量 C 组高于对照 A 组, 叶绿素 b 的含量也低于 A 组, C 组的株高和干鲜比都比 A 组有所降低。这可能是由于当喷施芦荟蒽醌类物质浓度过高时, 吸收了过多的光线, 影响了植物的光合作用。

### 参考文献

- [1] 孙振令, 彭长连, 陈贻竹. 植物对增强 UV 辐射和 SO<sub>2</sub> 的响应[J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(4): 353-360.
- [2] Scotto J G. Biologically effective Ultraviolet radiation: surface measurements in the United States[J]. Science, 1988, 239: 762-764.
- [3] 安黎哲, 冯虎元, 王勋陵. 增强的紫外线 B 辐射对几种作物和品种生长的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 249-253.
- [4] Li J Y, Wang T X, Shen Z G, et al. Relationship between leaf structure and aloin content in six species of Aloe L[J]. Acta Botanica Sinica, 2003, 45(5): 594-600.
- [5] 王太露, 李景原, 沈宗根, 等. 芦荟叶内芦荟素细胞的发育和蒽醌类物质的积累[J]. 实验生物学报, 2003, 36(5): 361-365.

- [6] Du X F, Wang G L. Effects of aloe extract on the growth of suspending cells and the synthesis of secondary production of ginkgol[J]. Biotechnology, 2000, 10(3): 18-19.
- [7] 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: 134-165.
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 北京高等教育出版社, 2001: 190-191.
- [9] 李元, 何永美, 祖艳群. 增强 UV-B 辐射对作物生理代谢、DNA 和蛋白质的影响研究进展[J]. 应用生态学报, 2006, 17(1): 123-126.
- [10] Wamer W G, Vath P, Falvey D E. In vitro studies on the photobiological properties of aloe emodin and alo and aloin A[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2003, 34(2): 233-242.
- [11] Nawrath C. Unraveling the complex network of cuticular structure and function[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2006(9): 281-287.
- [12] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义[J]. 植物生理学报, 1984(1): 15-21.
- [13] 杨景宏, 陈拓, 王勋陵. 增强 UV-B 辐射对小麦叶片内源 ABA 和游离脯氨酸的影响[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 39-42.

## Effects of *Aloe*'s Anthraquinones on the Growth of *Capsicum frutescens* L. under Ultraviolet Radiation Stress

DAI Lei<sup>1</sup>, ZHAO Hong-yan<sup>2</sup>, GUI Meng-yuan<sup>1</sup>, SUN Hua<sup>1</sup>, SU Jun-fang<sup>1</sup>, LI Jing-yuan<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453007, China; 2. Department of Life Science and Technology, Xinxiang University, Xinxiang, Henan 453007, China)

**Abstract:** The destruction of Ozone in the stratosphere led to a increase of UV radiation reaching to the earth surface, which would harm crops in varying degrees. In order to explore new approaches to prevent or alleviate the UV harm, the effects of *Aloe*'s anthraquinones on the growth and physiological indexes of *Capsicum frutescens* L. under ultraviolet radiation (UV 280~320 nm) stress were investigated. The results showed that the height, ratio of dry weight to wet weight and the contents of chlorophyll of the *Capsicum frutescens* L. leaves sprayed with aloe anthraquinones increased separately. And the contents of free proline and MDA decreased. Aloe anthraquinones could absorb and consume a part of energy of ultraviolet radiation, so the harm of ultraviolet radiation to plants could be reduced effectively by spraying aloe anthraquinones on plant surfaces.

**Key words:** *Aloe*; Anthraquinones; UV; *Capsicum frutescens* L.; Growth

## 果树重肥“三害”

一害: 过量施肥会造成树体营养元素的失衡。养分离子之间存在着拮抗作用, 即某种养分离子的存在能够抑制另一种或多种养分离子的活性, 从而影响

树体对它的吸收。如在酸性土壤里氮肥的施入量就不宜过多, 否则作物吸收钙离子就很困难。过多地施用钙肥会诱发作物患锌、硼、铁、镁、锰的缺乏症。钾肥用量过多也会影响果树对钙离子、镁离子的吸收。

二害: 过量施肥易引起果树中毒。因

施入大量肥料, 增加了土壤溶液的浓度, 使果树根系吸收水分及无机盐发生困难, 造成地上部萎蔫, 若不及时补救, 将使树体因无法吸收水分而死亡。

三害: 影响果实的品质。果实生长后期, 若大量施入氮肥, 会使果实含糖量降低, 硬度下降, 着色不良, 不耐贮藏, 从而降低其商品价值。