

## 不同品种烤烟对 UV-B 辐射的生理响应能力

左敏<sup>1</sup>, 周冀衡<sup>1\*</sup>, 何伟<sup>2</sup>, 肖志新<sup>2</sup>, 黄勇<sup>1</sup>

(1.湖南农业大学 烟草科学与健康重点实验室, 湖南 长沙 410128; 2.云南保山市烟草公司, 云南 保山 678100)

**摘要:** 为探讨烟草对UV-B辐射强度的响应能力, 以红花大金元(红大)和K326为材料, 通过盆栽试验, 测定了不同UV-B辐射下烤烟品种生长的部分农艺性状、叶片的光合色素、多酚类物质含量、根系活力和抗氧化酶活性的变化。结果表明, 分别经1.75 W/m<sup>2</sup>和4.55 W/m<sup>2</sup>剂量的UV-B辐射处理后, 2个烤烟品种的株高、叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素和叶黄素、胡萝卜素及绿原酸、芸香苷含量均得到提高; 烟草的POD活性、根系脱氢酶活性也高于对照, 但CAT活性低于对照; 质体色素含量的增幅从大到小依次为叶黄素、胡萝卜素、叶绿素b, 叶绿素a, 芸香苷含量的增幅大于绿原酸, 抗氧化酶活性变化幅度表现出随辐射强度增加而增大。这表明烟草可通过自身代谢调节抗光氧化物质的含量和提高抗氧化酶活性来适应UV-B辐射, 其中红大品种对UV-B辐射的响应能力明显强于K326。

**关键词:** UV-B 辐射; 烤烟; 农艺性状; 光合色素; 多酚; 抗氧化酶; 根系活力

中图分类号: S572.01 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)06-0644-05

## Physiological response ability of different flue-cured tobacco varieties to UV-B radiation

ZUO Min<sup>1</sup>, ZHOU Ji-heng<sup>1\*</sup>, HE Wei<sup>2</sup>, XIAO Zhi-xin<sup>2</sup>, HUANG Yong<sup>1</sup>

(1.Key Laboratory of Tobacco Science and Health, HNAU, Changsha 410128, China; 2.Tobacco Company of Baoshan, Baoshan, Yunnan 678100, China)

**Abstract:** A pot experiment was carried out to explore the response ability and mechanism of flue-cured tobacco to UV-B radiant intensity using variety Hongda and K326 as material. The tobacco agronomic characteristics, the contents of photosynthetic pigment and polyphenols, the vigor of root system and the activities of the antioxidant enzymes were determined. The result showed that tobacco height, the contents of chlorophyll A, chlorophyll B, total chlorophyll, lutein, carotene, chlorogenic acid and rutin were improved. The activities of both POD and root dehydrogenase were more higher compared to the control group while CAT was lower compared to the control group. And the biggest increase of pigments is lutein, then carotene and chlorophyll B, and finally chlorophyll A. The increase of the content of rutin was larger compared to that in chlorogenic acid. The range of variation of antioxidant enzyme activity increased with radiant intensity increased. It suggested that flue-cured tobacco can adapt to UV-B radiation enhancement by adjusting the contents of light oxidation resistance substance and antioxidant enzymes activities. Furthermore, a large difference of the response ability to UV-B radiation existed between two flue-cured tobacco varieties. And that of Hongda was much stronger than that of K326.

**Key words:** ultraviolet-B; flue-cured tobacco; agronomic characteristics; photosynthetic pigment; polyphenols; antioxidant enzymes; root vigor

据估计, 当平流层臭氧浓度减少1%, 中波紫外 辐射就将增加2%<sup>[1]</sup>, 过量的紫外线进入生物圈势必

收稿日期: 2010-05-23

基金项目: 国家烟草专卖局项目(2008130430); 云南省烟草专卖局资助项目(09A02)

作者简介: 左敏(1984—), 女, 湖南衡阳人, 硕士研究生, 主要从事烟草生理生化研究, minzuozi@163.com; \*通讯作者, jhzhou2005@163.com

对生物活动产生严重的影响。已有研究<sup>[2]</sup>表明, 增强的UV-B辐射可影响植物一系列的生理生化过程, 其中光合系统和抗氧化酶系统是UV-B辐射作用的主要靶目标。近年来关于UV-B辐射增强对烟草生长发育的影响引起了关注。Akira Nara<sup>[3]</sup>研究了UV-B辐射条件下烟叶中的乙烯合成情况; 刘敏等<sup>[4]</sup>研究发现, 经UV-B辐射后, 烟叶叶片的光合色素含量上升, 过氧化物酶活性也明显增加; 黄勇等<sup>[5]</sup>探索了不同紫外辐射强度、辐射方式对烟草幼苗生长发育、光合生理、色素及多酚等代谢产物的影响。但大部分试验都是以烤烟幼苗为材料, 只能说明UV-B辐射增强对烤烟苗期生长发育的影响。笔者采用盆栽方式, 探讨了不同UV-B辐射强度下2个烤烟品种的部分农艺性状、色素和多酚含量及酶活性的变化, 探究烟草对UV-B辐射的响应机理, 并为烤烟种植区划提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试品种为红花大金元(红大)、K326, 于湖南农业大学育苗棚中统一育苗。中波紫外灯购于北京电光源研究所, 中心波长310 nm, 功率40 W, 长度120 cm。

### 1.2 方法

试验于2009年4—7月在湖南农业大学智能温室内进行。选取生长一致的八叶期烟苗移栽于内径30 cm、高30 cm的塑料盆中, 每盆内装入过筛的肥力中等土壤15 kg, 各盆施入相同的肥料和水分。紫外辐射试验设A组、B组、CK组。每组栽烟20盆, 每品种各处理10盆, 随机区组排列。在A、B两组的烟株上方分别悬挂中波紫外灯各2根, 并随烟株生长过程调节紫外灯与烟株顶端的距离, CK组为屏蔽紫外辐射处理组; A组为低强度紫外辐射处理组, 将紫外灯与烟株生长点的距离调整为60 cm(1.75 W/m<sup>2</sup>); B组为高强度紫外辐射处理组, 将紫外灯与

烟株生长点的距离调整为20 cm(4.55 W/m<sup>2</sup>)。待烟株生长进入团棵期后进行辐射处理, 处理于每天8:00至10:00进行。

### 1.3 测定指标及方法

农艺性状测定于辐射处理1周后开始进行。每周固定时间测量, 共测定5次, 分别测定烟株株高、茎围、最大叶长、最大叶宽等指标。叶片色素含量、多酚类物质含量及抗氧化酶活性的测定, 于烤期采取各试验组适熟中部叶(由下往上第10~12叶)测定叶片光合色素含量<sup>[6-7]</sup>, 多酚类物质含量<sup>[8]</sup>, 过氧化物酶和过氧化氢酶活性<sup>[9]</sup>, 根系脱氢酶活力<sup>[10]</sup>。

### 1.4 数据分析

采用Excel 2003, SPSS 17.0统计软件处理, LSD法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 UV-B辐射强度对烤烟品种农艺性状的影响

表1结果显示, UV-B辐射增强对红大、K326烟株的部分农艺性状均造成明显影响, 其中处理组与对照烟株的株高差异达显著水平, 处理组间无差异, 且表现为进行UV-B辐射处理前2周(即旺长前期)株高的增幅随辐射增强而增大, 而处理3周后(烟株进入旺长中后期), 株高增幅随辐射强度增强而减少的趋势, 这表明不同强度的UV-B辐射处理对烟草株高的影响在不同生育期内其作用程度不同。试验组与对照组烟株的茎围、最大叶长、最大叶宽的差异不明显, 而且两处理组间在4个指标上的差异也不明显, 说明烟株的茎围、最大叶长、最大叶宽对UV-B辐射处理不敏感。在UV-B处理前期, 红大与K326在各农艺性状上差距较小, 而经UV-B辐射处理一段时间后, 两品种在各指标上的差距拉大, 且红大的各项指标变化幅度略高于K326, 说明UV-B辐射增强对红大的影响略强于K326。

表1 UV-B辐射强度对烟株部分农艺性状的影响  
Table 1 Effect of UV-B radiant intensity on tobacco's agronomic characteristics

cm

品种	处理	株高					茎围					最大叶长					最大叶宽				
		1周	2周	3周	4周	5周	1周	2周	3周	4周	5周	1周	2周	3周	4周	5周	1周	2周	3周	4周	5周
红大	A	9.7a	19.5a	37.4a	48.0a	55.3a	2.87	3.00ab	4.97	5.30	5.43	30.6a	27.9	45.8	49.0	52.8	14.1	16.5ab	20.0	20.0	23.0
	B	10.0a	21.3a	33.8a	47.5a	53.4a	2.95	3.38a	4.90	4.98	5.18	30.9a	35.9	44.3	49.3	52.7	14.1	16.4a	19.6	20.6	22.0
	CK	8.1b	15.0b	26.3b	35.0b	40.4b	2.76	2.90b	4.92	5.12	5.22	27.7b	29.2	44.4	47.6	49.4	13.2	15.0b	19.1	20.7	21.7
K326	A	9.5a	17.4a	30.7a	38.8a	44.3a	2.65	3.18a	4.68	4.80	4.88	27.5	32.9ab	44.2	47.7	48.9	12.5	15.0	19.5a	21.3a	21.8a
	B	10.2a	18.7a	30.4a	39.0a	43.6a	2.98	3.12a	4.72	4.82	4.86	27.8	34.3a	43.4	46.6	42.6	12.9	14.7	17.5b	18.5b	19.2b
	CK	7.8b	14.0b	24.2b	33.3b	36.1b	2.80	2.85b	4.50	4.75	4.75	27.2	30.2b	41.8	45.2	46.9	12.9	14.2	16.5b	18.7b	20.4ab

2.2 UV-B辐射强度对烤烟品种叶片质体色素含量的影响

由表2和表3可知,经UV-B辐射处理后,红大和K326烟株叶片的叶绿素a(Chl a)、叶绿素b(Chl b)、总叶绿素(Chl)以及叶黄素、胡萝卜素含量与对照相比均有不同程度增加,但表现出低强度辐射组的色素含量增幅大于高强度处理组,其中处理组与对照组间以及两处理组间在叶黄素和胡萝卜素含量上的差异均达显著水平,说明UV-B辐射

对烟叶叶黄素和胡萝卜素含量造成显著影响,而UV-B辐射对Chl b含量的影响略大于对Chl a含量的影响,对叶黄素含量的影响略大于对胡萝卜素的影响,其增幅表现从大到小依次为叶黄素、胡萝卜素、叶绿素b、叶绿素a,导致Chl a/Chl b下降。同时,UV-B辐射对光合色素含量的影响在品种上表现为红大大于K326,进一步说明UV-B辐射对红大的影响强于K326。

表2 UV-B辐射强度对烟叶叶绿素含量的影响

Table 2 Effect of UV-B radiant intensity on content of chlorophyll

mg/g

品种	处理	Chl a	较CK 增减/%	Chl b	较CK 增减/%	Chl	较CK 增减/%	Chl a/Chl b	较CK 增减/%
红大	CK	5.593b		6.246b		11.839b		0.895	
	A	5.700a	+1.92	6.766a	+8.33	12.466a	+5.30	0.842	-5.92
	B	5.629ab	+0.65	6.589a	+5.50	12.219a	+3.21	0.854	-4.60
K326	CK	5.167b		6.277b		11.444b		0.823	
	A	5.308a	+2.73	6.587a	+4.94	11.895a	+3.94	0.806	-2.10
	B	5.237ab	+1.37	6.454ab	+2.81	11.691ab	+2.16	0.812	-1.40

表中数据以鲜重计;“+”表示与对照相比增加;“-”表示与对照相比减少,下同。

表3 UV-B辐射强度对烟叶类胡萝卜素含量的影响

Table 3 Effect of UV-B radiation intensity on content of carotenoids

μg/g

品种	处理	叶黄素	较CK 增减/%	胡萝卜素	较CK 增减/%
红大	CK	47.77c		42.14c	
	A	95.36a	+99.62	79.79a	+89.35
	B	77.23b	+61.67	64.50b	+53.06
K326	CK	40.93c		44.47c	
	A	81.47a	+99.05	83.17a	+87.02
	B	68.24b	+66.72	68.38b	+53.77

2.3 UV-B辐射强度对烤烟品种叶片多酚类物质含量的影响

由表4可知,增强UV-B辐射对红大和K326烟株烟叶绿原酸和芸香苷含量影响显著。低强度UV-B辐射处理组烟株的绿原酸和芸香苷含量高于高强度UV-B辐射处理组烟株,且均高于对照组,3组间的差异达显著水平。表明UV-B辐射对烟叶绿原酸和芸香苷的合成具有一定的诱导作用。同时,芸香苷含量的增幅大于绿原酸的,红大的酚类物质

含量略高于 K326,说明 UV-B 辐射对红大酚类物质的诱导作用略强于 K326。

表 4 UV-B 辐射强度对烟叶多酚类物质含量的影响

Table 4 Effect of UV-B radiation intensity on content of polyphenols

品种	处理	mg/g		总计
		绿原酸	较 CK 增减 /%	
红大	CK	7.99c		12.58
	A	12.98a	+62.45	28.46
	B	9.54b	+19.40	18.10
K326	CK	5.93c		10.83
	A	12.32a	+107.76	24.79
	B	8.06b	+35.92	16.21

表 5 UV-B 辐射强度对 POD, CAT 和根系脱氢酶活性的影响

Table 5 Effect of different UV-B radiant intensity on activities of POD, CAT and vigor of root system

品种	处理	POD 活性/ (U·g <sup>-1</sup> )	较 CK 增减/%	CAT 活性/ (U·g <sup>-1</sup> )	较 CK 增减/%	根系脱氢酶活性/ (μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	较 CK 增减/%
		红大	CK	276.8c		22.7a	
	A	346.8b	+25.29	21.3a	- 5.88	1114.2a	+26.85
	B	360.0a	+30.06	17.3b	- 23.53	1025.1b	+16.70
K326	CK	327.2b		38.7a		927.6c	
	A	368.4a	+12.59	25.3b	- 34.48	1343.5a	+44.84
	B	371.8a	+13.63	20.0c	- 48.28	1037.1b	+11.81

样品提取液前 3 min 每分钟 OD 值读数变化 0.1 为一个酶活单位 U。

### 3 讨论

a. 关于植物对 UV-B 辐射的生理响应研究,前人的试验表明:在紫外线辐射增强的条件下,多数植物会表现出矮化现象,叶面积也会减少<sup>[11-12]</sup>。本试验得出相反结果。究其原因,可能是因为本试验中烟株统一置于智能温室中栽培,而温室的塑料棚膜能滤掉太阳光中的大部分紫外线。已有研究表明,低剂量的 UV-B 辐射能引起作物体内修复机制过分活跃,从而会刺激作物生长,但这种作用有一定的限度<sup>[13]</sup>。本试验中人工补充的紫外线剂量可能刚好处于烟草的计量范围内,从而导致试验组烟株株高大于对照,但这点缺乏确凿的证据,有待于结合烟株体内的内源激素含量进行进一步研究。

b. UV-B 辐射对植物叶片质体色素含量的影响,不同剂量、不同植物表现为不同的结果<sup>[4-5]</sup>。本试验结果与刘敏<sup>[4]</sup>和黄勇等<sup>[5]</sup>的试验结果类似,说明适宜强度的 UV-B 辐射可诱导烟草色素含量的增

### 2.4 UV-B 辐射强度对 POD、CAT 和根系脱氢酶活性的影响

由表 5 可知,与对照组相比,试验组烟株的过氧化物酶(POD)和根系脱氢酶活性明显增加,过氧化氢酶(CAT)活性明显降低。其中 POD 和 CAT 活性的变化幅度随 UV-B 辐射强度增加而增大,而根系脱氢酶活性在低强度 UV-B 辐射条件下有较大值,在高强度辐射条件下略有下降,但还是高于对照组,且试验组与对照组以及试验处理组间的差异均达显著水平。就品种而言,红大的 POD 活性增幅较大,CAT 活性降幅相对较小。

加。其中各色素的增幅大小依次为胡萝卜素、叶绿素 b、叶绿素 a,这可能与植物调节叶片内色素构成比例以适应光环境的改变有关。叶黄素和胡萝卜素分子中均含共轭双键,能强烈吸收光谱中紫外区域光,类胡萝卜素一方面能吸收过多的光能,避免叶绿素的光氧化,另一方面还可通过直接吸收紫外线辐射,减少紫外线对植物的伤害,而叶绿素 a 和叶绿素 b 的吸收光谱也略有不同,所以 UV-B 辐射可能首先刺激烟株体内形成较多的叶黄素和胡萝卜素分子,以保护烟株免受紫外线的伤害,其次再诱导合成较多的叶绿素分子来维持烟株的正常生长。

c. 已有研究<sup>[14]</sup>表明,UV-B 辐射增强,能显著提高烟叶叶片中酚类化合物水平。本试验结果也与此相似。这是因为绿原酸和芸香苷属多酚类物质,能大量吸收紫外线。它们含量的上调,是烟草保护自身免遭紫外线伤害的一种生态适应。

d. 大量试验结果表明,UV-B 辐射能使植物体内活性氧过量积累,从而对植物产生毒害。而植物

体内的 POD和CAT等能有效清除过量活性氧,保护细胞免受损伤.姚晓芹等<sup>[15]</sup>认为,增强UV-B辐射能增强植物体内抗氧化酶的活性.本试验中POD活性上升,CAT活性下降,可能是烟草中还存在其他占主导作用的清除活性氧的物质,也可能是UV-B辐射强度超过烟草的耐受阈值,导致部分抗氧化酶活性降低所致.而经UV-B辐射处理后,根系脱氢酶活性均上升,这可能是烟株对紫外辐射的一种保护性响应,是一种适应性变化.

e. 本试验结果表明,红大对UV-B辐射的响应能力明显较K326强,这可能与红大品种选育的产地有关.红大是在云南通过系统选育形成的烤烟品种,其选育过程首先是能很好适应低纬度、高海拔的云南(紫外线强度大)生态环境,并表现出综合素质优良.

#### 参考文献:

- [1] Callidwell M M. Solar UV irradiation and the growth and development of higher plants[M]. New York: Academic Press, 1971: 131-137.
- [2] 钟楚,陈宗瑜,王毅,等. UV-B辐射对植物影响的分子水平研究进展[J]. 生态学杂志, 2009, 28(1): 129-137.
- [3] Akira N, Yuichi T. Ethylene evolution from tobacco leaves irradiated with UV-B[J]. Plant Res, 2002, 115: 247-253.
- [4] 刘敏,李荣贵,范海,等. UV-B辐射对烟草光合色素和几种酶的影响[J]. 西北植物学报, 2007, 27(2): 291-296.
- [5] 黄勇,周冀衡,郑明,等. UV-B对烟草生长发育及次生代谢的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 140-144.
- [6] 张立军,樊金娟. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 36-39.
- [7] 杨虹琦,岳骞,黎娟,等. 高效液相色谱法测定烤烟类胡萝卜素[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2006, 32(6): 616-618.
- [8] 岳骞,杨虹琦,周冀衡,等. HPLC分析烤烟绿原酸和芸香苷研究初报[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(6): 834-838.
- [9] 孙群. 植物生理学研究技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006: 167-169.
- [10] 岳彩鹏. 植物生理学实验实习指导[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2007: 178-180.
- [11] 訾先能,陈宗瑜,郭世昌,等. UV-B辐射的增强对作物形态及生理功能的影响[J]. 中国农业气象, 2006, 27(2): 102-106.
- [12] 周冀衡,朱小平,王彦亭,等. 烟草生理与生物化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1996: 89-145.
- [13] 李慎宁,段江燕. 增强UV-B辐射对作物的影响[J]. 农业与技术, 2008, 28(1): 26-28.
- [14] 赵平,曾小平,孙谷畴,等. 陆生植物对UV-B辐射增量响应研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(1): 122-127.
- [15] 姚晓芹,刘庆. 陆生植物体内酶系统对UV-B辐射增强的响应[J]. 应用生态学报, 2006, 17(5): 939-942.

责任编辑: 刘目前  
英文编辑: 罗文翠