

## 滤减 UV-B 辐射对烟叶可溶性蛋白、 光合色素和类黄酮的影响

钟楚, 陈宗瑜\*, 毛自朝, 董陈文华

(云南农业大学 农学与生物技术学院, 昆明 650201)

**摘要:** 在云南玉溪烟区种植烤烟海拔最高(1 806.0 m)的通海县, 通过盆栽烤烟 K326 试验, 研究了在滤减自然的太阳 UV-B 辐射强度 25%、50% 和 65% 条件下, UV-B 辐射对烟叶发育过程中可溶性蛋白、光合色素和类黄酮的影响。结果表明: 随叶龄增加, 可溶性蛋白含量下降, 光合色素降解, 类黄酮在老叶中积累, 蛋白质在生理成熟期对 UV-B 辐射最敏感。与对照相比, 减弱 UV-B 辐射处理降低了烟叶类黄酮和可溶性蛋白含量, 但光合色素含量上升; 较低的 UV-B 辐射降低了叶绿素的降解速度。结果从一侧面说明 UV-B 辐射对烟叶蛋白质的合成是有益的, 类黄酮和叶绿素的变化是对 UV-B 辐射变化的适应性反应, 类黄酮与蛋白质之间可能存在一定的偶联关系。

**关键词:** 滤减 UV-B 辐射; 烟草; 可溶性蛋白; 光合色素; 类黄酮

**中图分类号:** Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2010)04-0501-06

## Effects of attenuated ultraviolet-B radiation on soluble protein, photosynthetic pigments and flavonoids in tobacco leaves

ZHONG Chu, CHEN Zong-Yu\*, MAO Zi-Chao, DONGCHEN Wen-Hua

(College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** Tobacco variety K326 were planted in pots under attenuated 25%, 50% and 65% of solar UV-B radiation conditions, respectively in Tonghai, Yunnan of China, where is on the highest altitude in Yuxi tobacco cultivation region. The effects of UV-B radiation on soluble protein, photosynthetic pigment and flavonoid in tobacco leaves were studied in different K326 growth periods. The results showed that, soluble protein and photosynthetic pigment contents decreased along with leaf aging, flavonoid accumulated in old leaves. Protein was susceptible to UV-B radiation in physiological maturity period. Reduced UV-B radiation resulted in decrease of the flavonoid and protein contents, but result in increase of photosynthetic pigment content. Lower UV-B radiation led to decreases of the chlorophyll degradation rate. Therefore, it could be speculated that UV-B might be beneficial for protein accumulation in tobacco; and alteration of flavonoid and chlorophyll could be adaptable modifications in response to UV-B radiation. In addition, flavonoid might couple with soluble proteins in a certain extent.

**Key words:** attenuated UV-B radiation; tobacco; soluble proteins; photosynthetic pigment; flavonoid

到达地球表面的 UV-B 辐射 (ultraviolet-B radiation, 280~320 nm) 与多种因素有关, 如随纬度变化的大气臭氧总量, 太阳高度角, 海拔高度, 云量和大气气溶胶等 (Grant & Heisler, 2006; Palancar &

收稿日期: 2009-04-07 修回日期: 2009-12-19

基金项目: 红塔集团玉溪烟叶质量评价体系 (KX140346); 国家烟草专卖局基金 (110200801034) [Supported by Yuxi Tobacco Leaf Quality Assessment System of Hongta Group (KX140346); Research of Tobacco Leaf Brand's Oriented System of State Tobacco Monopoly Bureau (110200801034)]

作者简介: 钟楚 (1985-), 男, 湖南郴州人, 硕士研究生, 主要从事高原气候生态与植物生理生态研究, (E-mail) angells1987@163.com.

\* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: zchen191@vip.sohu.com)

Toselli, 2004; 师生波等, 1999)。两极及中纬度地区大气臭氧层的衰减导致到达地球表面的 UV-B 辐射显著增加 (Lisa, 2005; Diaz 等, 2006), 在中国低纬度地区亦观测到 UV-B 辐射的增强 (张秀年等, 2004)。植物暴露于高强度的 UV-B 辐射环境中将导致生理和形态特征的改变, 主要表现在光合作用的降低, 生物量的下降和蛋白质合成的降低, 叶绿体和 DNA 结构和功能的损伤等。何都良等 (2003) 指出, 南京地区当前太阳 UV-B 辐射水平可能已经对小麦的生长发育构成了威胁。

增强的 UV-B 辐射降低植物的光合色素含量 (包括叶绿素 a, b, 总叶绿素和类胡萝卜素) (罗南书等, 2006; 刘芸等, 2003), 然而不同的植物叶绿素 a, b 对 UV-B 辐射的敏感性存在较大差异 (Šprtová 等, 2008)。植物细胞中的生物大分子如蛋白质等对 UV-B 波段具有最大吸收波长, 使得它成为 UV-B 伤害的主要位点之一。UV-B 辐射诱导的植物体内紫外吸收物质的增加是植物防御 UV-B 辐射进一步伤害的重要机制之一, 而类黄酮含量的增加是最普遍的反应 (Hahlbrock & Scheel, 1989)。由于类黄酮能强烈吸收 280~315 nm 波段的 UV-B 辐射, 叶片中的类黄酮物质可阻止 UV-B 辐射到达叶肉细胞而影响光合作用的正常进行 (Liu 等, 1995; Awad 等, 2001)。

云南地处我国西南低纬高原地区, UV-B 辐射较其它平原地区强 (毕家顺, 2006; 阴俊等, 2006)。云南地区雨季太阳 UV-B 辐射随海拔高度的递减率为  $0.009 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 100\text{m}^{-1}$  (周平等, 2008)。云南独特的 UV-B 辐射环境为在自然环境中研究 UV-B 辐射的生物学效应提供了得天独厚的条件。本研究以云南普遍种植的烤烟品种 K326 为试材, 在玉溪烟区海拔最高 (1 806.0 m) 的通海县研究了不同程度减弱的 UV-B 辐射对烤烟 K326 光合色素、蛋白质和类黄酮含量的影响, 以评价当前太阳 UV-B 辐射水平对烤烟产生的效应, 为将来进一步研究随海拔高度变化的 UV-B 辐射对烤烟影响的机理提供理论基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料与设计

试验在云南省玉溪市通海县城旁的桑园育苗场 ( $102^{\circ}45' \text{ E}, 24^{\circ}07' \text{ N}$ , 海拔 1 806.0 m, 四周地形为

盆地) 进行。采用盆栽试验, 烤烟品种为 K326, 盆规格为口径 40 cm, 底部直径 35 cm, 高 40 cm。每盆装菜地土 15 kg, pH 值 7.79, 有机质  $54.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 碱解氮、速效磷和速效钾分别为 138、149.2 和  $416.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。2008 年 5 月 9 日移栽, 每盆栽烟苗 1 株, 底肥施烟草专用肥 ( $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 12 : 6 : 24$ ) 47 g, 钙镁磷肥 47 g, 追肥施烟草专用肥 20 g, 硫酸钾 8 g, 期间施烟草提苗肥 ( $\text{N} : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{K}_2\text{O} = 12 : 6 : 24$ ) 3 次。按大田栽培管理方式, 烟株行间距  $120 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ , 缓苗后于 5 月 18 日开始处理。

试验设 4 个处理: T1. 覆盖 0.040 mm 厚聚乙烯膜; T2. 覆盖 0.068 mm 聚乙烯膜和 T3. 覆盖 Mylar 膜 (为便于雨水通透, 在各覆膜的顶部用电烙铁烫成直径约 0.5 cm, 分布均匀, 孔距为  $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  的小孔), 分别模拟不同程度的 UV-B 滤减, 以自然环境处理 (不减弱 UV-B) 作为对照 (CK), 每处理 20 盆。在处理的上方搭高 1.8 m、长 5 m、宽 3.5 m 的长方形架子用于盖膜, 4 处理南北方向随机排列, 其中减弱 UV-B 的 3 处理东西面和顶部分别盖膜, 下部留 90 cm 高度以利于通风, 南北面互通, 以利于维持相对一致的小气候环境, 处理间相隔 1.5 m, 以消除膜的互相交叉影响。

### 1.2 UV-B 辐射和光照度的观测

考虑到一天中棚内 UV-B 辐射和可见光透过率的改变, 在试验期间选取具有代表性天气的 5d, 测定棚内外同一时间 150 cm 高度处 8:00~18:00 时的 UV-B 辐射 ( $\text{mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ , RADIOMETER 紫外辐射仪, 法国) 和光照度 (lx, ZDS-10 自动量程照度计, 上海) (图 1)。各处理一天中棚内 UV-B 辐射透过率见图 2: a, T1, T2 和 T3 的 UV-B 平均透过率分别为 75%, 50% 和 35%, 光照度平均透过率分别为 78.75%, 71.75% 和 76.14% (图 2: b)。

### 1.3 分析方法

处理 30 d 后, 随机选取 2 株具代表性的烟株, 取其第 8 和第 9 叶位的叶片用于光合色素、蛋白质和类黄酮含量的分析。分 3 个阶段采样: 生长期 (7 月 10 日前)、生理成熟期 (约为 7 月 10 日~8 月初) 和工艺成熟期。每个时期测定 2~3 次, 每个样品测定 2 次, 取平均值。(1) 可溶性蛋白质: 采用考马斯亮蓝 G-250 比色法 (孙群等, 2006), 以  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  鲜重表示。(2) 光合色素: 取 0.1 g 鲜叶, 浸泡于 25 mL 丙酮-无水乙醇溶液中 (1:1, 体积比) 提取至叶片完全变白, 然后在 722-2000 型分光光度计上测定 663

nm, 646 nm 和 470 nm 处的吸收值, 按以下公式计算各色素含量(邹琦, 1995): 叶绿素 a ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) =  $12.21 \times A_{663} - 2.81 \times A_{646}$ ; 叶绿素 b ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) =  $20.13 \times A_{646} - 5.03 \times A_{663}$ ; 类胡萝卜素 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) =  $(1000 \times A_{470} - 3.27 \times \text{chlorophyll a} - 104 \times \text{chloro-}$

phyll b)/229。以  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  鲜重表示。(3) 类黄酮: 取 0.2 g 鲜叶浸泡于 5 mL 酸化的甲醇溶液中(甲醇: 盐酸=99:1, 体积比), 在 4 °C 下黑暗中提取 24 h。提取液按 1:200 稀释后在 UV-120-02 分光光度计上测定 325 nm 处的 OD 值, 以  $\text{OD}_{325} \cdot \text{g}^{-1}$  鲜重

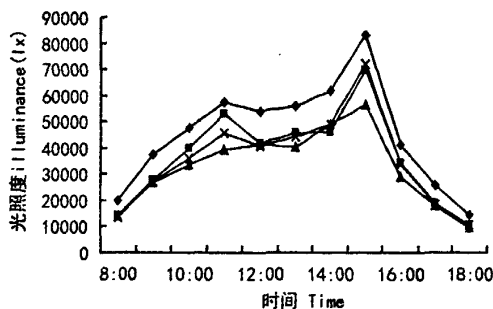
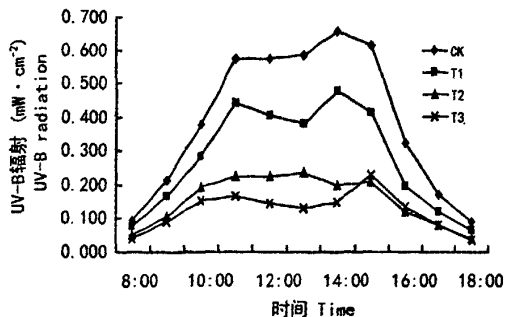


图 1 各处理 UV-B 辐射与光照度日变化

Fig. 1 Daily changes of UV-B radiation and solar illuminance in sheds

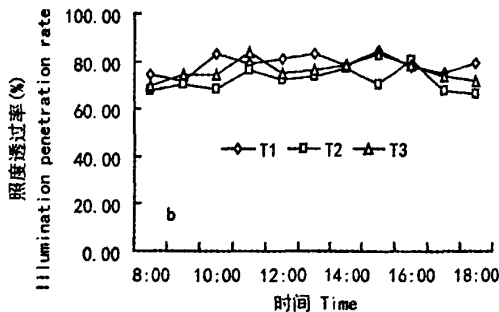
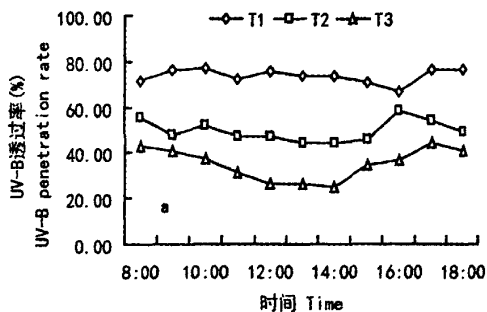


图 2 各处理棚内 UV-B 和光照度一天中的平均透过率

Fig. 2 Daily changes of average of UV-B and illuminance penetration rates in sheds

表示其含量。

### 2.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 SAS 6.04 对数据进行分析和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同 UV-B 条件下可溶性蛋白质含量的变化

如表 1 所示, 随叶龄的增加, 可溶性蛋白含量呈下降趋势。生理成熟期可溶性蛋白下降幅度较大, 对 UV-B 辐射也比较敏感, 与对照相比, 各处理的下降幅度也最大。在 T3 处理中, 所有时期的可溶性蛋白含量与对照相比均下降, 而且各时期的下降程度为 P>T>G。与此不同, T1 和 T2 可溶性蛋白含量在生理成熟期和工艺成熟期与对照相比有所下

降, 但在生长期却有所上升。

### 2.2 不同 UV-B 条件下光合色素含量的变化

与可溶性蛋白相似, 光合色素含量也随叶龄的增加而下降。但与对照相比, 几乎所有的减弱 UV-B 处理均提高了光合色素含量(表 2)。与对照相比, T1 处理在生长期叶绿素 a, b 含量增加的百分率高于 T2 和 T3 处理, 但其它两个时期却较后二者低。在所有减弱 UV-B 辐射处理中, T3 处理叶绿素 a, b 增加最多(与对照相比, 生长期除外)。与对照相差最大的工艺成熟期, 随减弱 UV-B 辐射程度的增加, 叶绿素 a, b 含量呈上升趋势。总叶绿素含量(叶绿素 a+b)与叶绿素 a 表现出一致的变化。减弱 UV-B 辐射增加叶绿素含量将不利于烟叶及时落黄。

与对照相比, T2 和 T3 处理降低了生长期烟叶的类胡萝卜素含量, 而 T1 处理反而有所增加。在

生理成熟期和工艺成熟期,所有减弱 UV-B 处理均提高了类胡萝卜素含量,且随减弱的 UV-B 辐射程度增加,类胡萝卜素提高的幅度增加。

叶绿素 a/b 相对较稳定,维持在 3.00 左右,各

时期减弱 UV-B 处理与对照差异不显著(图 3)。T2 和 T3 处理的类胡萝卜素/叶绿素 a 的比值相对较稳定,而对照在生长期和工艺成熟期该比值最高。

各减弱处理与 CK 在各时期差异均不显著(表 3),

表 1 减弱的 UV-B 辐射对可溶性蛋白含量的影响 (mg · g<sup>-1</sup>Fw)  
Table 1 Influence of reduced UV-B radiation on soluble protein content

| 时期 | CK    | T1      | (T1-CK)/CK (%) | T2      | (T2-CK)/CK (%) | T3      | (T3-CK)/CK (%) |
|----|-------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| G  | 29.62 | 31.40ns | 6.01           | 32.11ns | 8.39           | 28.80ns | -2.77          |
| P  | 24.79 | 23.31ns | -5.96          | 22.16ns | -10.61         | 23.01ns | -7.17          |
| T  | 22.10 | 21.65ns | -2.01          | 21.76ns | -1.54          | 20.97ns | -5.11          |

注: G, P 和 T 分别代表生长期,生理成熟期和工艺成熟期。ns, 与 CK 相比差异不显著。下同。

Note: G, P and T refer to growth period, physiological maturity period and technical maturity period, respectively. ns, no significance compared with CK. The same below.

表 2 减弱 UV-B 辐射对光合色素含量的影响 (mg · g<sup>-1</sup>Fw)  
Table 2 Influence of reduced UV-B radiation on photosynthetic pigment content

|          | 时期 | CK    | T1      | (T1-CK)/CK (%) | T2      | (T2-CK)/CK (%) | T3      | (T3-CK)/CK (%) |
|----------|----|-------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|
| chla     | G  | 1.210 | 1.433ns | 18.46          | 1.303ns | 7.71           | 1.293ns | 6.89           |
|          | P  | 0.910 | 0.950ns | 4.40           | 0.933ns | 2.56           | 1.087ns | 19.41          |
|          | T  | 0.560 | 0.600ns | 7.14           | 0.700ns | 25.00          | 0.725ns | 29.46          |
| chlb     | G  | 0.420 | 0.510ns | 21.43          | 0.447ns | 6.35           | 0.450ns | 7.14           |
|          | P  | 0.320 | 0.330ns | 3.13           | 0.317ns | -1.04          | 0.373ns | 16.67          |
|          | T  | 0.190 | 0.200ns | 5.26           | 0.230ns | 21.05          | 0.250ns | 31.58          |
| caro     | G  | 0.308 | 0.311ns | 1.15           | 0.302ns | -1.97          | 0.292ns | -5.03          |
|          | P  | 0.197 | 0.205ns | 3.83           | 0.209ns | 5.86           | 0.211ns | 6.98           |
|          | T  | 0.145 | 0.146ns | 0.92           | 0.156ns | 7.69           | 0.157ns | 8.82           |
| chl(a+b) | G  | 1.630 | 1.943 * | 19.22          | 1.750ns | 7.36           | 1.743ns | 6.95           |
|          | P  | 1.230 | 1.280ns | 4.07           | 1.250ns | 1.63           | 1.460ns | 18.70          |
|          | T  | 0.750 | 0.800ns | 6.67           | 0.930ns | 24.00          | 0.975ns | 30.00          |

chla, chlb, caro 和 chl(a+b) 分别代表叶绿素 a, 叶绿素 b, 类胡萝卜素和叶绿素(a+b)。\* 与对照相比在 P<0.05 水平上差异显著。下同。

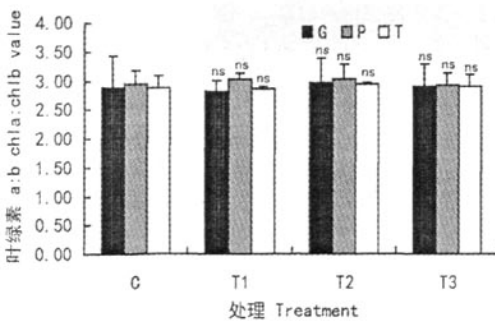


图 3 不同 UV-B 辐射处理叶绿素 a, b  
Fig. 3 Chlorophyll a:chlorophyll b ratio in different UV-B treatments

但在生理成熟期 T3 显著低于 T2 (P<0.05)。

### 2.3 不同 UV-B 条件下类黄酮含量的变化

对照和 T1 处理烟叶类黄酮随叶龄增加而逐渐积累,而 T2 和 T3 处理在生理成熟期类黄酮含量相对生长期有所下降(表 4)。与可溶性蛋白含量的变

化相似, T1 和 T2 在生长期类黄酮含量相对对照有少量上升,而 T3 却有所下降。在生理成熟期和工艺成熟期,随减弱 UV-B 程度的增加,类黄酮下降的百分比增加。减弱 UV-B 处理的类黄酮含量均在工艺成熟期降低最多。

表 3 减弱 UV-B 辐射对类胡萝卜素/叶绿素 a 比值的影响  
Table 3 Influence of reduced UV-B radiation on the carotenoid to chlorophyll a ratio

| 时期 | CK    | T1      | T2      | T3      |
|----|-------|---------|---------|---------|
| G  | 0.262 | 0.217ns | 0.231ns | 0.226ns |
| P  | 0.219 | 0.216ns | 0.223ns | 0.195ns |
| T  | 0.261 | 0.246ns | 0.223ns | 0.219ns |

### 2.4 类黄酮、叶绿素和可溶性蛋白之间的关系

通过以上分析可以发现,类黄酮和叶绿素的变化是两个相互独立的过程,因为在减弱的 UV-B 处理下,二者变化相反,即类黄酮不能有效地保护叶绿素免受 UV-B 辐射的伤害。然而,类黄酮和可溶性

表 4 减弱 UV-B 辐射对类黄酮含量的影响 ( $OD_{325} \cdot g^{-1}Fw$ )  
Table 4 Influence of reduced UV-B radiation on flavonoids content

| 时期 | CK      | T1        | (T1-CK)/CK (%) | T2        | (T2-CK)/CK (%) | T3        | (T3-CK)/CK (%) |
|----|---------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
| G  | 287.467 | 287.737ns | 0.09           | 299.110ns | 4.05           | 283.333ns | -1.44          |
| P  | 297.333 | 290.403ns | -2.33          | 280.343ns | -5.71          | 175.827ns | -40.87         |
| T  | 491.035 | 405.345ns | -17.45         | 391.685ns | -20.23         | 293.275*  | -40.27         |

蛋白在减弱 UV-B 辐射后呈一致的变化。似乎说明二者之间存在某种联系,而更深一层的关系还需进一步的研究来揭示。

### 3 讨论

可溶性蛋白对 UV-B 辐射响应的差异与物种、品种和环境条件密切相关(李方民等,2006;Ranælienë 等,2005;Reifenrath & Müller,2007)。冯国宁等(1999)报道,短期的 UV-B 辐射增加蛋白质的合成,提高可溶性蛋白含量,而长期的 UV-B 辐射则增加蛋白质的降解。强维亚等(2004)指出,高强度的 UV-B 辐射抑制基因的正常表达和蛋白质的合成,然而,UV-B 辐射提高热带洋槐和桉树体内蛋白质含量(Liu 等,2005)。在本试验中,减弱 UV-B 辐射降低烟叶可溶性蛋白含量,说明强 UV-B 辐射(本试验中晴天中午最大 UV-B 辐射在  $0.6 \sim 0.7 \text{ mW} \cdot \text{cm}^2$  以上)对烟叶可溶性蛋白的合成和积累也是有益的。蛋白质含量在烟叶的整个生长过程中降低可能与 UV-B 辐射强度的降低有关,也可能与叶龄(Reifenrath & Müller,2007)或其他因素有关,或是各因素综合作用的结果。可溶性蛋白对 UV-B 辐射的敏感性与植物的生长发育时期密切相关(罗丽琼等,2008)。烟叶蛋白质在烤烟生长的生理成熟期对 UV-B 辐射相对较敏感,该时期可能是 UV-B 辐射影响蛋白质代谢的关键时期。

叶绿素水平可反映叶绿体的光合能力。叶绿素 a 和 b 是叶绿体中 UV-B 辐射伤害的主要目标。类胡萝卜素不仅对光合系统吸收的过量光能具有耗散功能,还可作为活性氧(ROS)的清除剂,帮助植物适应或忍耐 UV-B 辐射伤害,或通过叶黄素循环直接吸收 UV-B(Carletti 等,2003)。刘敏等(2007)研究指出,UV-B 辐射增强提高烟叶叶绿素含量。本试验的结果与此相反,减弱 UV-B 辐射提高了烟叶叶绿素含量,说明过高的 UV-B 辐射对叶绿素的合成不利,结果与黄勇等(2009)的结论相似。结果差异性的原因除与辐射环境有关外(室内和室外试验),

生长时期的不同也是一个重要因素。而且我们发现,低强度的 UV-B 辐射降低了叶绿素的降解速率,而是否由于低 UV-B 强度下叶绿素的合成增加或稳定性增强引起,尚需进一步的研究。相对于叶绿素 a, b 来说,总的类胡萝卜素含量相对比较稳定,说明类胡萝卜素对 UV-B 辐射相对不敏感,在其他的研究中也曾发现类胡萝卜素组分在 UV-B 辐射下保持相对稳定(Barsing & Malz,2000)。

叶绿素 a/b 的比值变化可以作为植物受到环境胁迫的指示(Smith 等,2000)。不同植物中该比值的差异主要由叶绿素 a、b 对 UV-B 辐射的敏感性差异引起(Gao 等,2004;Mahdavian 等,2008),而且与植物生长的阶段密切相关(Ambasht & Agrawal,1995)。该试验中,该比值在处理间和时期间差异不显著,说明烤烟叶绿素对当前 UV-B 辐射水平具有一定的抗性。高类胡萝卜素/叶绿素 a 比值可保护植物免受高能量光强的伤害(Gao 等,2007),对照拥有相对较高的类胡萝卜素/叶绿素 a 比值,也可能是对当前强 UV-B 辐射的一种适应。

类黄酮的积累可很好地反映植物对 UV-B 辐射的响应程度。UV-B 辐射诱导类黄酮和其它酚类化合物在叶片表皮细胞积累,能有效地过滤 UV-B 辐射,保护深层组织。作为环境胁迫诱导的产物,植物需消耗更多的能量用于生物合成和维持它们的浓度,这对植物是不利的(Griffin,1994)。因此,在胁迫解除时,类黄酮的含量即降低(Izaguirre 等,2007;何都良等,2003)。烟叶中类黄酮含量的降低程度随 UV-B 辐射减弱而增加,暗示了在试验地通海当前的太阳 UV-B 辐射水平可能已经对烤烟构成了一定的胁迫,但长期以来该地区是云南重要的烟叶供应地,说明烤烟对该地强 UV-B 辐射具有较强的适应性。所有处理均出现类黄酮在老叶中积累的现象,与 Kumar & Agrawal (1998)的发现一致。

烟叶中类黄酮和叶绿素含量在减弱 UV-B 辐射下表现出相反的变化,与何都良等(2003)在小麦上研究认为的两者都是对 UV-B 辐射变化的适应性反应的观点一致。类胡萝卜素和类黄酮都具有光保护

功能,类胡萝卜素直接与大豆(*Glycine max*)光合作用的光保护有直接关系(Middleton & Teramura, 1993),但在试验中,二者对叶绿素都没有表现出有效的保护作用。可溶性蛋白与类黄酮对减弱 UV-B 辐射有相似的响应,可能烟叶中蛋白质与类黄酮一样对 UV-B 辐射的伤害起到部分保护功能,或二者之间的代谢存在一定联系。UV-B 辐射可诱导具有保护功能的蛋白质如病程相关蛋白(pathogenesis-related protein, PR)和其他防御或抗氧化蛋白的表达(Zinser 等, 2007)。减弱 UV-B 辐射可能降低了烟叶中抗性蛋白的合成。评价通海当前的太阳 UV-B 辐射水平是否适宜烤烟的正常生长和发育以及影响的程度,还需更多的工作。

### 参考文献:

孙群,胡景江. 2006. 植物生理学研究技术[M]. 杨凌:西北农林科技大学:171-172

邹琦. 1995. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社:36-39

Ambasht NK, Agrawal M. 1995. Physiological responses of field grown *Zea mays* plants to enhanced UV-B radiation [J]. *Biotronics*, **24**:15-23

Awad MA, Wagenmakers PS, Jager A. 2001. Effects of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apple[J]. *Sci Hort*, **88**:289-298

Barsing M, Malz R. 2000. Fine structure, carbohydrates and photosynthetic pigments of surge maize leaves under UV-B radiation [J]. *Environ Ex Bot*, **43**:121-130

Bi JS(毕家顺). 2006. A study of variation characteristics of the ultraviolet radiation of city at the low latitudes and plateau (低纬高原地区城市紫外辐射变化特征分析)[J]. *Climatic and Environ Res*(气候与环境研究), **11**(5):637-641

Carletti P, Masi A, Wonisch A, et al. 2003. Changes in antioxidant and pigment pool dimensions in UV-B irradiated maize seedlings [J]. *Environ Exp Bot*, **50**:149-157

Diaz S, Camili6n C, Deferrari G, et al. 2006. Ozone and UV radiation over southern South America: climatology and anomalies[J]. *Photochem Photobiol*, **82**(4):834-843

Feng GN(冯国宁), An LZ(安黎哲), Feng HY(冯虎元). 1999. Effects of enhanced UV-B radiation on protein metabolism of bean leaves(增强 UV-B 辐射对菜豆蛋白质代谢的影响)[J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **41**(8):833-836

Gao KS, Yu HY, Brown MT. 2007. Solar PAR and UV radiation affects the physiology and morphology of the cyanobacterium *Anabaena* sp. PCC 7120[J]. *J Photochem Photobiol B: Biol*, **89**(2-3):117-124

Gao W, Zheng YF, Slusse JR, et al. 2004. Effects of supplementary ultraviolet-B irradiance on maize yield and qualities: a field experiment[J]. *Photochem Photobiol*, **80**(1):127-131

Grant RH, Heisler GM. 2006. Effects of cloud cover on UV-B exposure under tree canopies; will climate change affect UV-B

exposure? [J]. *Photochem Photobiol*, **82**(2):487-494

Griffin KL. 1994. Calorimetric estimates of construction cost and their use in ecological studies[J]. *Funct Ecol*, **8**:551-562

Hahlbroch K, Scheel D. 1989. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism[J]. *Annu Rev Plant Phys Plant Mol Biol*, **40**:347-369

He DL(何都良), Wang CH(王传海), He YH(何雨红), et al. 2003. The effect of reduction of ultraviolet-B irradiance on the content of flavonoid in leaves of wheat(降低 UV-B 辐射强度对小麦类黄酮含量和分布的影响)[J]. *Chin J Agrometeorol*(中国农业气象), **24**(4):32-34, 40

Huang Y(黄勇), Zhou JH(周冀衡), Zheng M(郑明), et al. 2009. Effect of UV-B on growth and development and secondary metabolism of flue-cured tobacco(UV-B 对烟草生长发育及次生代谢的影响)[J]. *Chin J Eco-Agric*(中国生态农业学报), **17**(1):140-144

Izaguirre MM, Mazza CA, Svatoš A, et al. 2007. Solar ultraviolet-B radiation and insect herbivory trigger partially overlapping phenolic responses in *Nicotiana attenuate* and *Nicotiana longiflora*[J]. *Ann Bot*, **99**:103-109

Kumar N, Agrawal M. 1998. Physiological and biochemical responses of *Sorghum vulgare* plants to supplemental ultraviolet-B radiation[J]. *Can J Bot*, **76**(7):1 290-1 294

Li FM(李方民), Chen YP(陈怡平), Wang XL(王勋陵), et al. 2006. Combined effects of enhanced UV-B radiation and doubled CO<sub>2</sub> on tomato growth and its fruit quality(UV-B 辐射增强和 CO<sub>2</sub> 浓度倍增的复合作用对番茄生长和果实品质的影响)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **17**(1):71-74

Lisa M. 2005. Arctic ozone hits record low [J]. *World Watch*, **18**(5):7

Liu L, Gitz DC, Mcleure JW. 1995. Effects of UV-B on flavonoids, ferulic acid, growth and photosynthesis in barley primary leaves[J]. *Physiol Plant*, **93**:725-733

Liu LX, Xu SM, Woo KC. 2005. Solar UV-B radiation on growth, photosynthesis and the xanthophyll cycle in tropical acacias and eucalyptus[J]. *Environ Expl Bot*, **54**(2):121-130

Liu M(刘敏), Li RG(李荣贵), Fan H(范海), et al. 2007. Effects of enhanced UV-B radiation on photosynthetic pigments and some enzymes in tobacco(UV-B 辐射对烟草光合色素和几种酶的影响)[J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin*(西北植物学报), **27**(2):291-296

Liu Y(刘芸), Zhong ZC(钟章成), Werger MJA, et al. 2003. Effects of NAA and UV-B radiation on photosynthetic pigments and activities of protective enzymes in *Trichosanthes kirilowii* Maxim leaves( $\alpha$ -NAA 及 UV-B 辐射对栝楼幼苗光合色素及保护酶活性的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **23**:8-13

Luo LQ(罗丽琼), Chen ZY(陈宗瑜), Zhou P(周平), et al. 2008. Effects of the low latitude and high elevation region's UV-B radiation on the content of MDA and soluble protein of the *Primula*(低纬高原地区 UV-B 辐射对报春花丙二醛、蛋白质含量的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(1):130-135

Luo NS(罗南书), Zhong ZC(钟章成). 2006. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on photosynthesis of maize(田间增强 UV-B 对玉米光合生理的影响)[J]. *Chin J Ecol*(生态学报)

(下转第 457 页 Continue on page 457)

1952; Pruski, 1997; Peng 等, 1998)。生于海边湿润肥沃的砂土或草地上。在中国大陆地区可能为新近归化的种。在原产地南美地区为传统的药用植物, 用来治疗消化系统疾病 (Soraru & Bandoni, 1979), 有研究表明该植物具有良好的抗炎和抗老化作用 (Pérez 等, 1996)。

凭证标本: China (中国): Guangdong (广东), Guangzhou (广州), Panyu (番禺), Xiaoguweidao (小谷围岛), Waihuandonglu (外环东路), sandy soil along roadside or grassland, alt. 20 m, 2008-11-20, J. S. Zhou (周劲松) 1543 (IBSC)。

国产阔苞菊属 (*Pluchea* Cass.) 植物检索表

- 1. 茎具显著的翼 ..... 翼茎阔苞菊 *P. sagittalis*
- 1. 茎无翼。
  - 2. 枝、叶、花序梗和总苞片均无毛; 头状花序直径 9 mm ..... 光梗阔苞菊 *P. pteropoda*
  - 2. 枝、叶、花序梗及外层总苞片边缘被毛; 头状花序直径 3~5 mm。
    - 3. 叶阔倒卵形至倒卵形, 边缘具密锯齿 ..... 阔苞菊 *P. indica*
    - 3. 叶阔线形至线形, 边缘具远离的疏齿 ..... 长叶阔苞菊 *P. eupatorioides*

(上接第 506 页 Continue from page 506)

志), 25(4): 369-373

Mahdavian K, Ghorbanli M, Kalantari KM. 2008. The effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in *Capsicum annum* [J]. *Turk J Bot*, 32: 25-33

Middleton EM, Teramura AH. 1993. The role of flavonol glycosides and carotenoids in protecting soybean from ultraviolet-B damage [J]. *Plant Physiol*, 103: 741-752

Palancar GG, Toselli BM. 2004. Effects of meteorology and tropospheric aerosols on UV-B radiation; a 4-year study [J]. *Atmospheric Environ*, 38(17): 2 749-2 757

Qiang WY (强维亚), Tang GH (汤红官), Hou ZD (侯宗东), et al. 2004. Effects of enhanced UV-B radiation on DNA damage, repair and protein content in soybean hypocotyls (增强 UV-B 辐射对大豆胚轴 DNA 损伤、修复和蛋白质含量的影响) [J]. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 24(4): 852-856

Ranėliienė V, Vy niauskienė R, Janėys Z, et al. 2005. Action of UV-B on *Crepis capillaries* plants in controlled environmental conditions [J]. *Biologija*, 2005, 3: 74-80

Reifenrath K, Müller C. 2007. Species-specific and leaf-age dependent effects of ultraviolet radiation on two Brassicaceae [J]. *Phytochemistry*, 68(6): 875-885

Shi SB (师生波), Ben GY (贲桂英), Han F (韩发). 1999. Analysis of the solar UV-B radiation and plant UV-B-absorbing compounds in different regions (不同海拔高度紫外线 B 辐射状况

参考文献:

邢福武, 曾庆文, 谢左章. 2007. 广州野生植物 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社: 233

江苏新医学院. 1986. 中药大辞典 (下) [M]. 上海: 上海科学技术出版社: 1 911

张肇骞, 程用谦. 1979. 阔苞菊属——中国植物志 [M] // 北京: 科学出版社, 75, 50-54

Anderberg AA. 1991. Taxonomy and phylogeny of the tribe Plucheeae (Asteraceae) [J]. *Pl Syst Evol*, 176: 145-177

Godfrey RK. 1952. *Pluchea*, section *Stylimnus*. in North America [J]. *J Elisha Mitchell Sci Soc*, 68(1): 238-272

McVaugh R. 1984. Compositae [M] // Anderson WR (ed). *Flora Novo-Galiciana; a Descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 12: 1 157

Peng CI. 1998. *Pluchea* [M] // Editorial Committee of the Flora of Taiwan (2nd ed), *Flora of Taiwan*, 4: 1 034

Peng CI, Chen CH, Leu WP, et al. 1998. *Pluchea* Cass. (Asteraceae: Inuleae) [J]. *Bot Bull Acad Sin*, 39: 287-297

Pérez-García F, Marin E, Cañigueral S, et al. 1996. Anti-inflammatory action of *Pluchea sagittalis*; involvement of an antioxidant mechanism [J]. *Life Sci*, 59(24): 2 033-2 040

Pruski JF. 1997. Asteraceae [M] // Berry PE, Holst BK, Yatskievych K (eds). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Araliaceae-Cactaceae. Missouri Botanical Garden, St. Louis, 3: 177-393

Soraru SB, Bandoni AL. 1979. *Plantas de la Medicina Popular Argentina* [M]. Albatros. Buenos Aires

及植物叶片紫外吸收物质含量的分析) [J]. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 23(6): 529-535

Smith JL, Burritt D, Bannister P. 2000. Shoot dry weight, chlorophyll and UV-B-absorbing compounds as indicators of a plant's sensitivity to UV-B radiation [J]. *Annal Bot*, 86(6): 1 057-1 063

Šprtová M, Marek MV, Urban O, et al. 2008. Differences in the photosynthetic UV-B response between European beech (*Fagus sylvatica*) and Norway spruce (*Picea abies*) saplings [J]. *Ekológia*, 27(2): 130-142

Yin J (阴俊), Tan JG (谈建国). 2006. The observation and analysis of the surface solar ultraviolet radiation in Shanghai (上海地区地面太阳紫外辐射的观测和分析) [J]. *J Trop Meteorol* (热带气象学报), 22(1): 86-90

Zhang XN (张秀年), Chang YL (常有礼), Chen H (陈辉), et al. 2004. Variation of total ozone in lower latitude area of China (中国低纬度地区大气臭氧总量的变化特征) [J]. *J Trop Meteorol* (热带气象学报), 20(3): 321-327

Zhou P (周平), Chen ZY (陈宗瑜). 2008. The analysis of the space-time character of UV-B strength change in the Yunnan plateau (云南高原紫外辐射强度变化时空特征分析) [J]. *J Nat Res* (自然资源学报), 3(3): 487-493

Zinser C, Seidlitz HK, Welzl G, et al. 2007. Transcriptional profiling of summer wheat, grown under different realistic UV-B irradiation regimes [J]. *J Plant Physiol*, 164: 913-922

作者: [钟楚](#), [陈宗瑜](#), [毛自朝](#), [董陈文华](#), [ZHONG Chu](#), [CHEN Zong-Yu](#), [MAO Zi-Chao](#),  
[DONGCHEN Wen-Hua](#)  
 作者单位: [云南农业大学, 农学与生物技术学院, 昆明, 650201](#)  
 刊名: [广西植物](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
 英文刊名: [GUIHAIA](#)  
 年, 卷(期): 2010, 30(4)  
 被引用次数: 12次

## 参考文献(39条)

1. [孙群](#); [胡景江](#) [植物生理学研究技术](#) 2006
2. [邹琦](#) [植物生理生化实验指导](#) 1995
3. [Ambasht NK](#); [Agrawal M](#) [Physiological responses of field grown Zea mays plants to enhanced UV-B radiation](#) 1995
4. [Awad MA](#); [Wagenmakers PS](#); [Jager A](#) [Effects of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apple](#) 2001
5. [Barsing M](#); [Malz R](#) [Fine structure, carbohydrates and photosynthetic pigments of surge maize leaves under UV-B radiation](#) 2000
6. [毕家顺](#) [低纬高原城市紫外辐射变化特征分析](#)[期刊论文]-[气候与环境研究](#) 2006(5)
7. [Carletti P](#); [Masi A](#); [Wonisch A](#) [Changes in antioxidant and pigment pool dimensions in UV-B irradiated maize seedlings](#) 2003
8. [Diaz S](#); [Camilion C](#); [Deferrari G](#); [Fuenzalida H](#); [Armstrong R](#); [Booth C](#); [Paladini A](#); [Cabrera S](#); [Casiccia C](#); [Lovengreen C](#) [Ozone and UV radiation over southern South America: Climatology and anomalies](#)[外文期刊] 2006(4)
9. [冯国宁](#), [安黎哲](#), [冯虎元](#), [王勋陵](#) [增强UV-B辐射对菜豆蛋白质代谢的影响](#)[期刊论文]-[植物学报](#) 1999(8)
10. [Gao KS](#); [Yu HY](#); [Brown MT](#) [Solar PAR and UV radiation affects the physiology and morphology of the cyanobacterium Anabaena sp. PCC 7120](#) 2007(2-3)
11. [Gao W](#); [Zheng YF](#); [Slusser JR](#); [Heisler GM](#); [Grant RH](#); [Xu JQ](#); [He DL](#) [Effects of supplementary ultraviolet-B irradiance on maize yield and qualities: A field experiment](#)[外文期刊] 2004(1)
12. [Grant RH](#); [Heisler GM](#) [Effect of cloud cover on UVB exposure under tree canopies: Will climate change affect UVB exposure?](#)[外文期刊] 2006(2)
13. [Griffin KL](#) [Calorimetric estimates of construction cost and their use in ecological studies](#) 1994
14. [Hahlbroch K](#); [Scheel D](#) [Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism](#) 1989
15. [何都良](#), [王传海](#), [何雨红](#), [贾玉强](#), [郑有飞](#), [岳毅](#) [降低UV-B辐射强度对小麦类黄酮含量及分布的影响](#)[期刊论文]-[中国农业气象](#) 2003(4)
16. [黄勇](#), [周冀衡](#), [郑明](#), [杨虹琦](#), [张破](#), [张苜元](#) [UV-B对烟草生长发育及次生代谢的影响](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2009(1)
17. [Izaguirre MM](#); [Mazza CA](#); [Svato A](#) [Solar ultraviolet-B radiation and insect herbivory trigger partially overlapping phenolic responses in Nicotiana attenuate and Nicotiana longiflora](#) 2007
18. [Ambasht NK](#); [Madhoolika Agrawal](#); [Agrawal M](#) [Physiological and biochemical responses of Sorghum](#)



[vulgare plants to supplemental ultraviolet-B radiation](#)[外文期刊] 1998(7)

19. [李方民, 陈怡平, 王勋陵, 岳明](#) [UV-B辐射增强和CO<sub>2</sub>浓度倍增的复合作用对番茄生长和果实品质的影响](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2006(1)
20. [Lisa M](#) [Arctic ozone hits record low](#) 2005(05)
21. [Liu L;Gitz DC;Mcclure JW](#) [Effects of UV-B on flaonoids, ferulic acid, growth and photosynthesis in barley primary leaves](#) 1995
22. [Liu LX;Xu SM;Woo KC](#) [Solar UV-B radiation on growth, photosynthesis and the xanthophyll cycle in tropical acacias and eucalyptus](#) 2005(02)
23. [刘敏, 李荣贵, 范海, 杜桂彩](#) [UV-B辐射对烟草光合色素和几种酶的影响](#)[期刊论文]-[西北植物学报](#) 2007(2)
24. [刘芸, 钟章成, Marinus J. A. Werger, 操国兴, 尹克林, 龙云](#) [α-NAA和UV-B辐射对栝楼幼苗光合色素及保护酶活性的影响](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2003(1)
25. [罗丽琼, 陈宗瑜, 周平, 温永琴, 丁金玲](#) [低纬高原地区UV-B辐射对报春花丙二醛、蛋白质含量的影响](#)[期刊论文]-[广西植物](#) 2008(1)
26. [罗南书, 钟章成](#) [田间增加UV-B辐射对玉米光合生理的影响](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2006(4)
27. [Mahdavian K;Ghorbanli M;Kalantari KM](#) [The effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in Capsicum annuum](#) 2008
28. [Middleton EM;Teramura AH](#) [The role of flavonol glycosides and carotenoids in protecting soybean from ultraviolet-B damage](#) 1993
29. [Gustavo G. Palancar;Beatriz M. Toselli](#) [Effects of meteorology and tropospheric aerosols on UV-B radiation: a 4-year study](#)[外文期刊] 2004(17)
30. [强维亚, 汤红官, 侯宗东, 安黎哲, 王勋陵](#) [增强UV-B辐射对大豆胚轴DNA损伤、修复和蛋白质含量的影响](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2004(4)
31. [Ranèelien V;Vy niauskien R;Janèys Z](#) [Action of UV-B on Crepis capillaries plants in controlled environmental conditions](#) 2005
32. [Reifenrath K;Muller C](#) [Species-specific and leaf-age dependent effects of ultraviolet radiation on two Brassicaceae](#)[外文期刊] 2007(6)
33. [师生波, 贲桂英, 韩发](#) [不同海拔地区紫外线B辐射状况及植物叶片紫外线吸收物质含量的分析](#)[期刊论文]-[植物生态学报](#) 1999(6)
34. [Smith JL;Burritt D;Bannister P](#) [Shoot dry weight, chlorophyll and UV-B-absorbing compounds as indicators of a plant's sensitivity to UV-B radiation](#) 2000(06)
35. [\(S\)prtová M;Marek MV;Urban O](#) [Differences in the photosynthetic UV-B response between European beech\(Fagus sylvatica\)and Norway spruce\(Picea abies\)saplings](#) 2008(02)
36. [阴俊, 谈建国](#) [上海地区地面太阳紫外辐射的观测和分析](#)[期刊论文]-[热带气象学报](#) 2006(1)
37. [张秀年, 常有礼, 陈辉, 郭世昌, 孙正友](#) [中国低纬度地区大气臭氧总量的变化特征](#)[期刊论文]-[热带气象学报](#) 2004(3)
38. [周平, 陈宗瑜](#) [云南高原紫外辐射强度变化时空特征分析](#)[期刊论文]-[自然资源学报](#) 2008(3)
39. [Zinser C;Seidlitz HK;Welzl G](#) [Transcriptional profiling of summer wheat, grown under different realistic UV-B irradiation regimes](#) 2007

### 本文读者也读过(5条)

1. 罗丽琼, 陈宗瑜, 丁金玲, 周平, LUO Li-qiong, CHEN Zong-yu, DING Jin-ling, ZHOU Ping 低纬高原地区UV-B辐射对报春花类黄酮含量的影响[期刊论文]-云南农业大学学报(自然科学版)2007, 22(2)
2. 钟楚, 王毅, 丁金玲, 陈宗瑜, ZHONG Chu, WANG Yi, DING Jin-ling, CHEN Zong-yu 减弱UV-B辐射对烟草(Nicotiana tabacum L.)叶片SOD、POD和CAT活性动态变化影响初探[期刊论文]-中国烟草学报2010, 16(3)
3. 王巍, 王毅, 瞿兴, 杨跃, 付丽波, 杨华, 洪丽芳, 吴礼树, 耿明建 菜籽饼肥与化肥配合施用对烤烟叶片质体色素含量的影响[会议论文]-2006
4. 訾先能, 强继业, 陈宗瑜, 郭世昌, ZI Xian-neng, QIANG Ji-ye, CHEN Zong-yu, GUO Shi-chang UV-B辐射对云南报春花叶绿素含量变化的影响[期刊论文]-农业环境科学学报2006, 25(3)
5. 陈宗瑜, 王毅, 钟楚, CHEN Zong-yu, WANG Yi, ZHONG Chu 自然和人为条件下UV-B辐射减弱对烟草抗氧化酶活性的影响[期刊论文]-中国农业气象2010, 31(3)

### 引证文献(10条)

1. 杨金汉, 倪霞, 易克, 陈旭, 郑武, 余海涛, 陆文林, 查宏波, 龚舒静, 杨焱, 王娟, 陈宗瑜 不同施氮水平对烤烟叶片 $\delta$  13C值、生理特征及化学成分的影响[期刊论文]-中国农业气象 2015(03)
2. 颜佩, 胡雪琼, 陈宗瑜 玉溪烟区烤烟主要大田生长期紫外辐射分析与模拟[期刊论文]-中国农业气象 2012(03)
3. 玉舒中, 王缉健, 吕文玲, 杨振德, 陈江 玉叶金花丛枝病害生理学初探[期刊论文]-湖北农业科学 2012(09)
4. 陈宗瑜, 毕婷, 吴潇潇 滤减UV-B辐射对烤烟蛋白质组变化的影响[期刊论文]-生态学杂志 2012(05)
5. 夏玉珍, 鲁绍坤, 王毅, 陈宗瑜, 李正风, 唐丽, 刘魁, 姚江美, 苏振刚 UV-B紫外辐射与烟叶生理指标的关系研究[期刊论文]-安徽农业科学 2014(30)
6. 田先娇, 宋鹏飞, 陈宗瑜, 谭淑文, 吴潇潇 不同烤烟品种生化特征及与 $\delta$  13C的关系[期刊论文]-核农学报 2014(05)
7. 颜佩, 陈宗瑜 不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响[期刊论文]-生态学报 2012(10)
8. 颜佩, 宋鹏飞, 陈宗瑜, 黄韡, 倪霞 低纬高原两个亚生态区烤烟种植生态适应性[期刊论文]-生态学杂志 2012(04)
9. 颜佩, 陈宗瑜 不同生态条件对烤烟形态及相关生理指标的影响[期刊论文]-生态学报 2012(10)
10. 张艳艳, 石屹, 梁晓芳, 张本强, 张成尧, 张蕴睿 光强和光质对烤烟等经济作物生长发育和品质形成的影响研究进展[期刊论文]-安徽农业科学 2012(07)

引用本文格式: 钟楚, 陈宗瑜, 毛自朝, 董陈文华, ZHONG Chu, CHEN Zong-Yu, MAO Zi-Chao, DONGCHEN Wen-Hua 滤减UV-B辐射对烟叶可溶性蛋白、光合色素和类黄酮的影响[期刊论文]-广西植物 2010(4)