

紫外辐射 (UV BC) 对 47 种植物叶片的表观伤害效应

周青^{1,2}, 黄晓华³, 赵姬⁴, 马育国⁴, 刘小林⁴ (1. 江南大学工业生物技术教育部重点实验室, 无锡 214036 zhouqwx @263.net; 2. 南京师范大学生命科学学院, 南京 210024; 3. 南京师范大学化学与环境科学学院, 南京 210024; 4. 苏州科技学院)

摘要: 采用叶片实验法研究了模拟紫外辐射 (UV-BC) 胁迫对 47 种植物叶片伤斑面积、叶绿素含量的影响。实验结果表明, 叶片伤害面积和叶绿素含量的变化与紫外辐射剂量 [辐射强度 (T_n) $\times$ 辐射时间 (d)] 成正相关关系。实验确定了 47 种植物的紫外辐射伤害阈值, 并根据叶片伤害值对植物抗紫外辐射能力进行了排序。

关键词: 叶片; 紫外辐射胁迫; 伤害阈值; 伤害值; 抗性

中图分类号: X173 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2002)03-06-0023

Effects of Ultraviolet (UV BC) Radiation Stress on Blade Visible Injury of Forty Seven Plants

Zhou Qing^{1,2}, Huang Xiaohua³, Zhao Ji⁴, Ma Yuguo⁴, Liu Xiaolin⁴ (1. The Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Southen Yangtze University, Wuxi 214036 China; 2. College of Life Science, Nanjing Normal University, China 210024; 3. College of Chemistry and Environment Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210024; 4. Suzhou Science and Technology College)

Abstract: The effect of simulated ultraviolet (UV-BC) radiation stress on the area of foliar injury and chlorophyll content of forty-seven garden plants were examined with leaf. The result shows that change range of area of foliar injury and chlorophyll content was positively correlated with UV-BC radiation dose [radiant intensity (T_n) $\times$ radiant time (d)]. The injury threshold values of forty-seven plants were established. The UV-BC radiation resistance of plants was put in order by injury values of leaves.

Keywords: blade; ultraviolet radiation stress; injury threshold value; injury value; resistance

自 20 世纪 70 年代以来, 国内外科学家对紫外辐射增强的环境植物学效应进行了广泛而深入研究^[1~3], 研究内容偏重于伤害机理; 研究对象集中于草本或经济作物^[4], 抗性指标取自于微观(不可见伤害的生理、生化指标)体系。然而, 无论在自然生态系统, 还是城市生态系统中, 木本植物皆以其巨大的生态效能参与系统的构建, 主导着功能的发挥乃至系统的演替方向。同样与植物叶片的不可见伤害指标相比, 叶片可见伤害更不失为一种简便、直观的特征物种抗性强弱的良好形态指标。有鉴于此, 本文采用室内模拟紫外辐射 (UV-BC) 增强的植物叶片实验法^[5,6], 遴选 47 种常见的城市绿化植物为试材, 以叶片可见伤斑为依据并佐以叶绿素含量参数, 研究了供试植物对紫外辐射增强的差异反应, 并依其叶片伤害值之大小, 对其抗紫外

辐射胁迫能力进行排序。

1 材料与方法

1.1 试验材料

47 种植物材料分别取自苏州市郊上方山国家森林公园和与之比邻的苏州铁道师范学院内。选择树龄、长势近于一致, 同向、同节位枝条的叶片为试材, 其中裸子植物 7 种, 被子植物 40 种(木本 44 种, 草本 3 种)。

1.2 处理方法

(1) 植物叶片的处理 采当年生无虫斑、色泽一致的成熟叶片, 洗净、晾干, 沿主脉对称侧剪取 $1 \times 1 \text{ cm}^2$ 叶片(针叶截取 $1 \sim 2 \text{ cm}$ 叶段), 用

基金项目: 国家计委基金资助项目(0110062); 江苏省高新技术项目(BG2001045); 江南大学工业生物技术教育部重点实验室基金项目。

作者简介: 周青(1957~), 男, 教授, 研究方向为污染生态学。
收稿日期: 2001-05-31; 修订日期: 2001-11-19

作对照与处理材料,置于直径为 10cm、内盛 1/2 Hoagland 营养液的培养皿内,每皿放置 10 片,正面朝上悬浮于营养液之中,室内光照强度(可见光)控制在 8000lx,每日光照 12h,昼夜温度为 32℃/22℃.

(2) 紫外辐射处理 处理光源由 4 只 40 W 的 UV-B (313nm) 和 2 只 40 W 的 UV-C (231nm) 构成,将其并排悬挂于实验材料上方,发射的 UV-BC 强度经 UV-B 双通道紫外辐照计(北京师范大学光电仪器厂)测定,调整灯管与受试材料间的距离以达到设定的紫外辐射强度.实验中设置:0(CK)、0.20(T_1)、0.40(T_2)、0.60(T_3)、0.80(T_4) W/m^2 5 种紫外辐射强度,相当于苏州地区夏季自然紫外辐射量的 14%、28%、42%、56%.每天照射 7h(7:30~14:30),连续照射 6d.紫外辐射计量采用“辐射强度(T_n)×辐射时间(d)”二指标体系.

1.3 测定方法

(1) 叶片伤害面积确定 以透明方格坐标纸(1cm×1cm)测得叶片锈斑面积^[7],并以处理叶片与对照叶片中出现的锈斑面积差值表征叶片的伤害面积.

(2) 叶绿素含量测定 按文献[8]方法于处理后第 6d 测定,以处理叶片叶绿素含量(mg/g 鲜重)较对照叶片叶绿素含量(mg/g 鲜重)下降的百分比(%)表示.

(3) 叶片紫外辐射伤害阈值确定 叶片紫外辐射伤害阈值是以相应的辐射强度(T_n)×该辐射强度下叶片产生 5%伤害面积所需的时间(h)表示^[9].

2 试验结果

2.1 远紫外辐照胁迫对植物叶片的伤害

叶片可见伤斑是表征植物抗紫外辐射胁迫能力的良好形态指标.实验中发现,在紫外辐射胁迫下,植物叶片出现锈色伤斑,且同种植物的伤斑面积随紫外辐射剂量($T_n \times d$)的增加而增大,不同物种间伤斑大小明显不同,反映出物种间对紫外辐射胁迫的抗性差异(表 1).以不同生活型而言,裸子植物叶片伤害面积明显小于被子植物;被子植物中,一般又以叶片质地厚或

具附属物(如大叶黄杨、小叶黄杨、构骨、悬铃木等)的物种抗紫外辐射胁迫能力较强.

2.2 紫外辐射胁迫对植物叶绿素含量的影响

表 2 数据显示,植物叶片的叶绿素含量明显受紫外辐射胁迫影响,具体表现为,不同物种在同一紫外辐射剂量胁迫下,叶片叶绿素降幅不同,存在明显的抗性差异(因种而异);同一物种在不同紫外辐射剂量胁迫下,叶绿素降幅也不一致(因量而变),且与紫外辐射剂量呈正相关.两者之变律同前述叶片的伤害面积(表 1)及植物抗性等级(表 4)一致.

2.3 植物在紫外辐射胁迫下的伤害阈值

伤害阈值是反映植物对紫外辐射伤害敏感性高低的量化指标.在实验所设定的紫外辐射剂量($T_n \times h$)范围内,绝大多数植物的伤害阈值可被测定,惟有黑松、圆柏、柳杉、日本柳杉、棕榈、大叶黄杨、小叶黄杨 7 种植物,在紫外辐射的最高剂量($0.8 W/m^2 \times h$)下,叶片仍未出现 5%的伤害面积,即本实验条件下无法确定其伤害阈值.此也反映出这 7 种植物具有极强的抗紫外辐射伤害之能力(表 3).

2.4 紫外辐射胁迫下植物抗性等级的划分

实验中每天紫外照射 7h,连续照射 6d.6d 后统计 0.4 W/m^2 辐射强度下,处理植物的伤害叶数百分比和叶片伤害面积百分比,并按下式计算伤害值^[9]:

$$\text{伤害值}(\%) = [\text{伤害叶数}(\%) + \text{伤害面积}(\%)]/2$$

其中,伤害叶数(%)是伤害面积达 5%以上的叶片数占处理总叶片数的百分比.以 30%的伤害值作为伤害等级差,划分为 3 个伤害等级^[9]: I 级:抗性树种,伤害值 $\leq 30\%$,

II 级:抗性中等树种,伤害值 30%~60%,

III 级:敏感树种,伤害值 $> 60\%$.

表 4 统计显示,本实验遴选的 47 种植物中,抗性植物占 17 种,抗性中等植物 14 种,敏感植物 16 种.抗性植物中,裸子植物占参试裸子植物的 86%,被子植物仅占同类实验植物的 25%,显示出不同生活型植物抗紫外辐射能力的明显差异.

表 1 植物叶片伤害程度与紫外辐射 ($T_n \times d$) 胁迫的关系

Table 1 The relation between blade injury degree and ultraviolet radiation ($T_n \times d$) stress

植物	辐射强度 / $W \cdot m^{-2}$	照射时间/ d						植物	辐射强度 / $W \cdot m^{-2}$	照射时间/ d					
		1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6
雪松	T_1	0	0	0	0	0	-	大叶黄杨	T_1	0	0	0	-	-	-
<i>Cedrus</i>	T_2	0	0	0	0	0	-	<i>Euonymus</i>	T_2	0	0	0	-	-	-
<i>deodara</i>	T_3	0	0	0	0	0	-	<i>japonica</i>	T_3	0	0	0	-	-	-
	T_4	0	0	0	0	0	+		T_4	0	0	0	-	-	-
黑松	T_1	0	0	0	0	0	0	棕榈	T_1	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus</i>	T_2	0	0	0	0	0	0	<i>Trachycarpus</i>	T_2	0	0	0	0	0	0
<i>Thunbergii</i>	T_3	0	0	0	0	0	0	<i>fortunei</i>	T_3	0	0	0	0	0	0
	T_4	0	0	0	0	0	0		T_4	0	0	0	0	0	0
柳杉	T_1	0	0	0	0	0	-	山茶	T_1	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptomeria</i>	T_2	0	0	0	0	0	-	<i>Camellia</i>	T_2	-	-	-	-	-	-
<i>fortunei</i>	T_3	0	0	0	0	0	-	<i>japonica</i>	T_3	Δ	-	-	-	-	-
	T_4	0	0	0	0	0	-		T_4	+	-	-	-	-	-
日本柳杉	T_1	0	0	0	0	0	0	杨梅	T_1	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptomeria</i>	T_2	0	0	0	0	0	0	<i>Myrica</i>	T_2	-	-	-	-	-	-
<i>japonica</i>	T_3	0	0	0	0	0	0	<i>rubra</i>	T_3	-	-	-	-	+	+
	T_4	0	0	0	0	0	0		T_4	-	-	-	Δ	+	+
圆柏	T_1	0	0	0	0	0	0	紫藤	T_1	-	-	0	-	-	Δ
<i>Sabina</i>	T_2	0	0	0	0	0	0	<i>Wisteria</i>	T_2	-	-	-	-	-	++
<i>chinensis</i>	T_3	0	0	0	0	0	0	<i>sinensis</i>	T_3	-	-	-	-	-	++
	T_4	0	0	0	0	0	0		T_4	-	-	-	-	-	+++
水杉	T_1	0	0	0	0	Δ	+	爬山虎	T_1	-	-	-	-	-	+
<i>Metasequoia</i>	T_2	0	0	0	0	0	++	<i>Parthenocissus</i>	T_2	-	-	-	-	-	++
<i>Glyptostro-</i>	T_3	0	0	0	0	0	++	<i>tricuspidata</i>	T_3	-	-	-	+	+	++
<i>boides</i>	T_4	0	0	0	0	0	+++		T_4	Δ	+	+	+	++	++
银杏	T_1	0	0	0	-	-	-	木犀	T_1	-	-	-	-	-	-
<i>Ginkgo</i>	T_2	0	0	0	-	-	-	<i>Osmanthus</i>	T_2	-	-	-	-	+	++
<i>biloba</i>	T_3	0	0	0	-	-	-	<i>fragrans</i>	T_3	-	-	Δ	+	- ?	+
	T_4	0	0	0	-	+	+		T_4	+	+	+	++	++	++
海桐	T_1	0	0	0	0	0	-	紫薇	T_1	0	0	-	-	+	+
<i>Pittosporum</i>	T_2	0	0	0	0	0	-	<i>Lagerstroemia</i>	T_2	0	0	-	Δ	+	+
<i>tobira</i>	T_3	0	0	0	0	0	Δ	<i>indica</i>	T_3	0	0	-	+	+	++
	T_4	0	0	0	0	0	-		T_4	0	0	-	+	+	++
悬铃木	T_1	0	0	0	-	-	-	槿木	T_1	-	-	-	Δ	+	+
<i>Platanus</i>	T_2	0	0	0	-	-	-	<i>Loropetalum</i>	T_2	-	-	+	+	+	+
<i>Acerifolia</i>	T_3	0	0	0	-	-	-	<i>chinensis</i>	T_3	-	-	+	+	+	+
	T_4	0	0	0	Δ	+	+		T_4	-	-	+	+	+	++
栀子花	T_1	-	-	-	-	-	-	紫荆	T_1	-	0	Δ	++	++	++
<i>Gardenia</i>	T_2	-	-	-	Δ	+	+	<i>Cercis</i>	T_2	-	-	++	++	+++	+++
<i>jasmminodes</i>	T_3	-	+	+	+	+	+	<i>chinensis</i>	T_3	-	+	++	+++	++	+++
	T_4	-	-	-	+	++	++		T_4	-	-	++	+++	++	+++
小叶黄杨	T_1	0	0	0	-	-	-	美人蕉	T_1	0	-	+	+	++	+++
<i>Buxus</i>	T_2	0	0	-	-	-	-	<i>Canna</i>	T_2	0	-	Δ	++	++	+++
<i>parvifolia</i>	T_3	0	0	-	-	-	-	<i>indica</i>	T_3	0	-	+	++	++	+++
	T_4	0	0	-	-	-	-		T_4	0	+	++	+++	++	++++
构骨	T_1	0	-	-	-	+	+	朴树	T_1	0	-	-	Δ	+	++
<i>Ilex</i>	T_2	0	-	-	Δ	+	+	<i>Celtis</i>	T_2	0	-	-	+	++	++
<i>Cornuta</i>	T_3	0	-	-	+	+	+	<i>sinensis</i>	T_3	0	-	-	++	+++	+++

续表 1

植物		辐射强度		照射时间/ d				植物		辐射强度		照射时间/ d								
		/ W• m ⁻²		1	2	3	4	5	6			/ W• m ⁻²		1	2	3	4	5	6	
榆	T ₄	0	-	-	++	++	++			刺槐	T ₄	0	-	-	++	+++	+++			
	T ₁	0	-	△	++	++	++				T ₁	0	△	+	++	++	++			
	Ulmus	T ₂	0	-	+	++	+++	++++				Robinia	T ₂	0	+	+	++	++	++	+++
	pumila	T ₃	0	-	++	+++	++++	++++				pseudoacacia	T ₃	0	++	++	++	+++	+++	
香樟	T ₄	0	-	++	+++	++++	++++			T ₄	0	++	++	++	+++	+++				
	T ₁	-	-	+	++	++	++			女贞	T ₁	0	-	-	-	-	-			
	Ginnamomum	T ₂	-	-	++	++	++	++			Ligustrum	T ₂	△	+	+	+	+	+	+	
	camphora	T ₃	0	-	△	+	+	+			lucidum	T ₃	+	+	+	+	+	+	++	
石楠	T ₄	0	-	++	++	+++	+++			T ₄	+	++	++	++	++	+	?	++		
	T ₁	-	-	△	+	+	+			广玉兰	T ₁	-	-	-	-	-	-	+		
	Photinia	T ₂	-	-	+	++	++	++			Magnolia	T ₂	-	-	-	+	+	+	+	
	serrulata	T ₃	+	++	++	++	++	++			grandiflora	T ₃	-	△	+	++	+	+	+	
白玉兰	T ₄	-	?	++	+++	++++	++++			T ₄	+	+	++	++	++	++	++	++		
	T ₁	-	△	+	+	+	+			孝顺竹	T ₁	0	-	+	++	++	++	++	++	
	Magnolia	T ₂	+	+	++	+++	+++	+++			Bambusa	T ₂	0	-	++	++	++	++	++	
	denudata	T ₃	+	+	++	+++	+++	+++			multiplex	T ₃	0	△	++	++	+++	++++		
日本晚樱	T ₄	+	++	++	+++	++++	++++			T ₄	0	+	++	++	++	+++	++++			
	T ₁	-	-	-	++	++	++			沙梨	T ₁	-	-	△	++	+++	+++			
	Prunus	T ₂	-	+	+	++	++	++			Pyrus	T ₂	-	-	-	++	+++	+++		
	Serrulata Var.	T ₃	△	++	++	+++	+++	+++			pyrifolia	T ₃	-	-	+	++	+++	+++		
楝树	T ₄	-	++	++	+++	+++	+++			T ₄	+	+	++	+++	++++	++++	++++			
	T ₁	-	-	△	++	+++	++++			珊瑚	T ₁	-	△	+	+	+	+	+		
	Melia	T ₂	-	-	+	+++	+++	+++			Viburnum	T ₂	-	++	++	++	++	++	++	
	Azedarach	T ₃	-	-	+	++++	++++	++++			awabuki	T ₃	-	+	+	+	+	+	++	
木绣球	T ₄	-	-	-	++++	++++	++++			T ₄	-	+	+	+	+	+	+++			
	T ₁	-	-	△	++	++	++			含笑	T ₁	△	+	+	+	+	++	++		
	Viburnum	T ₂	-	-	++	++	++	+++			Michelia	T ₂	++	++	++	++	++	++	++	
	Macrocephalum	T ₃	-	+	++	++	+++	+++			figo	T ₃	++	++	++	++	++	++	+++	
金钟花	T ₄	-	+	++	+++	+++	++++			T ₄	++	++	++	++	++	+++	+++			
	T ₁	-	-	++	++	++	++			八角金盘	T ₁	-	△	+++	+++	+++	+++	+++		
	Forsythia	T ₂	-	+	++	+++	+++	+++			Fatsia	T ₂	-	++	+++	++++	++++	++++	++++	
	Viridissima	T ₃	△	+	+++	+++	+++	++++			japonica	T ₃	+	++	++++	++++	++++	++++	++++	
垂柳	T ₄	+	++	+++	+++	++++	++++			T ₄	++	++++	++++	++++	++++	++++	++++			
	T ₁	-	△	++	++	++	++			石榴	T ₁	-	-	++	+++	+++	+++	+++		
	Salix	T ₂	-	+	++	+++	+++	+++			Punica	T ₂	-	△	++	+++	+++	+++	+++	
	Babylonica	T ₃	-	++	+++	++++	++++	++++			granatum	T ₃	-	-	++	++	+++	+++	+++	
白丁香	T ₄	-	++	++++	++++	++++	++++			T ₄	++	++	+++	+++	+++	++++	++++			
	T ₁	-	-	-	++	++	+++			瑞香	T ₁	-	△	++	++	+++	+++	+++		
	Syringa	T ₂	-	-	△	++	+++	+++			Daphne	T ₂	+	++	++	++	+++	+++	+++	
	oblata var.	T ₃	-	-	+	+++	+++	+++			odora	T ₃	+	++	++	++	+++	+++	+++	
枸树	T ₄	-	-	++	+++	++++	++++			T ₄	+	++	++	+++	++++	++++	++++			
	T ₁	△	++	++	++	++	+++			卫矛	T ₁	-	-	+	++	+	+	++		
	Broussonetia	T ₂	+	++	++	++	+++	+++			Euonymus	T ₂	-	△	++	++	++	++	++	
	Papyrifera	T ₃	+	++	+++	+++	+++	+++			alatus	T ₃	-	-	++	++	+++	+++	+++	
腊梅	T ₄	++	+++	+++	+++	+++	++++			T ₄	-	+	++	++	++	+++	+++	+++		
	T ₁	-	-	+++	+++	+++	+++													
	Chimonanthus	T ₂	-	-	+++	+++	+++	+++												
	praecox	T ₃	-	-	+++	++++	++++	++++												
	T ₄	△	+	+++	++++	++++	++++													

0 :伤害面积 = 0 ; - :0 % ~ 5 % ; △ : = 5 % ; + :5 % ~ 10 % ; ++ :10 % ~ 30 % ; +++ :30 % ~ 50 % ; ++++ : ≥ 50 %

表 2 紫外辐射 (UV-BC)胁迫对植物叶片叶绿素含量的影响¹⁾/ %

Table 2 Effect of ultraviolet radiation(UV-BC) stress on the chlorophyll content of plants

植物	紫外辐射强度/ W• m ⁻²				植物	紫外辐射强度/ W• m ⁻²			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
雪松	3.69	2.48	2.98	1.63	紫藤	17.65	21.72	26.24	28.51
黑松	1.68	3.52	3.07	4.10	爬山虎	9.02	10.25	11.07	18.03
柳杉	6.59	19.65	17.13	21.59	木犀	6.77	7.59	9.18	12.28
日本柳杉	7.72	11.29	19.10	13.95	紫薇	8.33	10.25	12.09	15.88
圆柏	12.97	10.62	17.25	19.55	檉木	13.69	15.15	15.39	17.97
水杉	7.26	15.26	22.28	35.67	紫荆	17.41	25.93	40.26	46.19
银杏	11.14	10.82	15.87	18.58	美人蕉	24.75	25.65	23.40	30.44
海桐	8.19	11.16	20.13	22.68	构骨	2.21	2.57	5.93	10.47
悬铃木	5.46	7.12	9.83	11.68	榆	34.90	36.99	53.34	58.38
栀子花	3.79	8.76	15.35	36.63	香樟	6.09	10.35	10.52	35.34
小叶黄杨	11.0	13.50	24.0	26.50	石楠	8.65	11.71	15.38	26.07
大叶黄杨	9.87	13.16	20.84	21.29	朴树	8.29	8.57	16.54	17.73
棕榈	1.04	1.13	1.56	0.0	刺槐	25.0	25.20	30.69	52.86
山茶	2.64	2.96	3.60	4.88	女贞	2.16	8.44	12.53	16.44
杨梅	2.91	6.63	6.63	7.60	广玉兰	8.28	11.09	17.24	21.26
白玉兰	11.91	13.53	20.52	18.85	卫矛	7.15	15.88	21.92	20.23
沙梨	5.90	12.67	25.72	30.27	腊梅	40.59	48.29	47.56	53.25
楝树	32.86	34.64	44.29	41.79	垂柳	23.32	25.59	27.0	37.49
珊瑚	14.42	13.14	20.19	16.35	日本晚樱	12.49	18.84	21.79	25.95
木绣球	10.65	25.55	28.69	35.52	八角金盘	10.34	25.64	30.96	28.37
金钟花	4.69	11.72	18.65	19.68	桑树	13.35	7.51 ?	25.57	26.03
石榴	13.27	13.85	16.84	19.24	瑞香	21.45	24.71	30.08	32.84
白丁香	9.91	11.57	23.18	25.14	含笑	7.21	9.02	13.01	15.16
孝顺竹	21.98	34.87	44.70	51.76					

1) 比对照下降百分比(%)

表 3 植物在紫外辐射 (UV-BC)胁迫 (W m² × h) 下的伤害阈值

Table 3 The injury threshold values of plants under ultraviolet radiation(UV-BC) stress

植 物	伤害阈值	植 物	伤害阈值	植 物	伤害阈值	植 物	伤害阈值
雪松	0.60 × 42	棕榈 ¹⁾		香樟	0.60 × 21	白丁香	0.40 × 21
黑松 ¹⁾		山茶	0.60 × 42	石楠	0.20 × 21	孝顺竹	0.20 × 14
柳杉 ¹⁾		杨梅	0.80 × 28	朴树	0.20 × 28	卫矛	0.40 × 14
日本柳杉 ¹⁾		紫藤	0.20 × 42	刺槐	0.20 × 14	紫荆	0.20 × 2
圆柏 ¹⁾		爬山虎	0.80 × 7	女贞	0.40 × 7	腊梅	0.20 × 7
水杉	0.20 × 35	金钟花	0.60 × 7	广玉兰	0.40 × 21	垂柳	0.20 × 14
银杏	0.80 × 28	木犀	0.40 × 28	白玉兰	0.20 × 14	日本晚樱	0.20 × 14
海桐	0.60 × 42	紫薇	0.40 × 28	沙梨	0.20 × 14	八角金盘	0.20 × 14
悬铃木	0.80 × 28	檉木	0.20 × 28	楝树	0.20 × 14	桑树	0.20 × 7
栀子花	0.40 × 28	榆	0.20 × 14	珊瑚	0.20 × 14	瑞香	0.20 × 14
小叶黄杨 ¹⁾		美人蕉	0.40 × 14	石榴	0.20 × 14	含笑	0.20 × 21
大叶黄杨 ¹⁾		构骨	0.40 × 28				

1) 照射 6d 后,叶片伤斑面积仍未达到 5 %以上.

3 讨论

本实验结果表明,在紫外辐射胁迫下的 47

种绿化植物中,除黑松、日本柳杉、圆柏和棕榈未受伤害、体现较强的抗紫外辐射能力外,其余

表 4 紫外辐射 (UV-BC)胁迫下植物抗性等级的划分

Table 4 The resistance grading of plants under ultraviolet radiation(UV-BC) stress					
I		II		III	
植 物	伤害值 / %	植 物	伤害值 / %	植 物	伤害值 / %
黑松	0.0	檫木	38.9	八角金盘	62.1
日本柳杉	0.0	爬山虎	39.9	孝顺竹	62.8
圆柏	0.0	水杉	40.3	瑞香	63.1
棕榈	0.0	广玉兰	40.8	日本晚樱	63.1
柳杉	0.3	石楠	46.2	金钟花	63.7
雪松	5.6	木犀	47.6	含笑	63.8
海桐	7.4	珊瑚	49.8	白丁香	65.3
大叶黄杨	10.2	紫藤	50.0	刺槐	65.8
悬铃木	10.9	朴树	50.7	沙梨	66.1
银杏	17.2	香樟	51.3	桑树	70.0
紫薇	19.6	美人蕉	54.8	白玉兰	70.1
杨梅	20.8	紫荆	56.1	榆	72.5
小叶黄杨	21.2	木绣球	57.8	垂柳	72.6
栀子花	22.8	卫矛	58.7	楝树	73.3
山茶	25.7			腊梅	77.2
女贞	27.0			石榴	83.2
构骨	27.1				

43 种植物的叶片多遭受不同程度的可见伤害,叶绿素含量下降.其规律表现为:不同植物对同一剂量的紫外辐射反应不同(因种而异),其生活型差异(裸子植物与被子植物)尤为明显;同一物种对不同剂量紫外辐射反应也不相同(因量而变),其共性是植物叶片伤斑面积、叶绿素含量之降幅同紫外辐射剂量呈正相关关系.

同紫外辐射伤害造成的植物叶片可见伤斑相比,叶片叶绿素含量的变因更为复杂,即抗性植物与敏感植物间似乎存在着机制上的差异.抗性植物,尤其是叶片未出现表观伤害的抗性植物,叶绿素含量下降可减少植物对光能的吸收,防止过剩的激发能对光合机构的损伤^[5,10],故可视为功能上的适应性下调;而敏感植物,伴随着叶片大面积伤斑发生背景下的叶绿素含量降低,似应视为光合器官器质性破坏导致的光

合色素的被动降解^[11].至于裸子植物抗紫外辐射胁迫能力优于被子植物的原因,可能同裸子植物叶片外具蜡质及较小叶面积(针叶、鳞叶)有关,使其叶片接受的紫外辐射剂量少于被子植物.当然其深层生理生化反应机制的差异或许更为重要,此是后续研究中需揭示的问题.总之,本文除得到 47 种植物抗紫外辐射能力差异并予之排序的结果外,其方法亦可为快速鉴定木本植物抗紫外辐射能力提供参考.

参考文献:

1 Caldwell MM, Teramura HT, Tevini E et al. Effect of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial plants[J]. AMBIO,1995 ,24(3) :165 ~ 172.

2 Ensvinger PA. Control of development in plants and fungi by far-UV radiation. Physiol plant,1993 ,88 :501 ~ 508 .

3 杜英君,靳月华.紫外辐射对紫杉幼苗针叶膜脂过氧化及内源保护酶系统的影响[J].应用生态学报,2000 ,11(5) :660 ~ 664 .

4 Teramura AH. Effect of ultraviolet-B on radiation on the growth and yield of crop plants[J]. Physiol Plant , 1983 , 58: 415 ~ 427 .

5 林植芳,彭长连,林桂珠.不同光合途径植物叶圆片对光氧化作用响应的比较[J].植物学报,1998 ,40(8) :721 ~ 728 .

6 王建华,徐同.模拟酸雨对棉花子叶圆片膜保护酶活性和膜脂过氧化作用的影响[J].生态学报,1993 ,13(3) :228 ~ 234 .

7 刘荣绅,胡艳,李永政.沈阳陨石山森林公园 SO₂ 污染现状与植物反应的研究[J].生态学杂志,1998 ,17(2) :26 ~ 31 .

8 邹琦 主编.植物生理生化试验指导[M].北京:中国农业出版社,1995 .36 ~ 39 .

9 陈树元,徐和宝,谢明云,张福珠,苗鸿,张宏瑞.酸雨和 SO₂ 暴露对一些不同抗性幼树的影响[J].生态学杂志,1998 ,17(2) :20 ~ 25 .

10 侯扶江,贲桂英,颜景义,韩发,师生波.田间增加紫外线(UV) 辐射对大豆幼苗生长和光合作用的影响[J].植物生态学报,1998 ,23(3) :256 ~ 261 .

11 Day TA, Howells BW, Ruhl CT. Changes in growth and pigment concentrations with leaf age in pea under modulated UV-B radiation field treatments[J]. Plant Cell and Environment ,1996 ,19(1) :101 ~ 108 .