

紫外线辐射增加对棉花生长的影响

宋玉芝¹⁾ 郑有飞¹⁾ 万长建²⁾ 王传海¹⁾ 张富存²⁾

(1) 南京气象学院环境科学系; 2) 南京气象学院气象台, 南京 210044)

摘要: 在田间试验中观测到经过量紫外线(UV) 辐射处理过的棉花, 其株形、生理活动及产量都受到不同程度的影响, 其影响程度随 UV 辐射强度的强弱而异。本文通过对棉花受不同程度 UV 辐射处理的研究, 得出其在各项指标上的受影响程度, 结果对了解气候变化对农作物生产的影响具有一定的意义。

关键词: 紫外辐射; 棉花; 影响

中图分类号: S129

文献标识码: A

大气臭氧层的破坏造成了地面太阳紫外线辐射的增加, 而紫外线辐射的增加造成人类和动物发病率上升, 同时严重影响农业生产^[1~3]。迄今, 科学家对两百多种植物在过量 UV 辐射后发现 2/3 以上的植物受到不同程度的伤害^[4]。因此, 国际学术界对此进行了广泛的研究, 但 UV 辐射的增强对棉花的可能影响未见报道。棉花是重要的经济作物, 既是纺织工业的主要原料, 又是轻工、食品、化学、医药和国防工业的重要原料, 是我国市场上目前的国家统购产品。中国是世界第二大棉花出口国, 棉花及其纺织品已是我国出口创汇极为重要的物资, 而棉花产量及品质直接关系到棉花及纺织品的出口量。所以, 对于棉花生产的研究, 在国民经济中具有十分重要的地位。

本试验模拟自然 UV 辐射, 研究棉花在田间状况下受过量 UV 辐射后生长和生理反应, 分析了 UV 辐射增强对棉花产量的影响。这对于了解未来到达地表的紫外辐射对棉花产生的可能影响具有重要意义, 也可作为气候变化对棉花的影响研究及其对策提供理论依据。

1 材料和方法

试验于 1998 年在南京气象学院农业气象试验站内进行, 试验小区面积约为 400 m², 土壤肥力中等偏上, 按常规方法进行田间管理。供试品种为 310 (转基因抗虫棉品系)。1998 年 4 月 2 日营养钵内播种, 4 月 15 日炼苗, 4 月 19 日移栽, 密度为 75 000 株/hm², 7 月 3 日打顶。移栽后开始接受 UV 处理直至收获结束。

试验分 3 个水平处理, Ck、UV₁(弱)、UV₂(强)。Ck 为自然光照, UV₁、UV₂ 为在自然光照基础上增加 UV 辐射, 采用了国产“黑—光”灯, 其光谱为 280~400 nm(阔波段紫外辐射, UV-A-B), 强度为 0.32 W·m⁻²和 0.61 W·m⁻², 分别相当于南京地区夏天日平均紫外辐射强

度的3.8 %和6.9 %,每日照射8 h(08时– 16时)。定时采样测定干鲜重、叶面积、叶绿素等指标,并计算净同化率、相对生长率等数据。

2 结果分析

2.1 UV 辐射增加对棉花生长的影响

UV 辐射增强能抑制棉花的株高(图1)。在本试验中,不同强度的UV 辐射处理的棉花植株高度不同,其顺序为Ck>UV₁>UV₂,经强紫外辐射(UV₂)处理的棉花株高只有对照(Ck)的65 %,而弱紫外辐射(UV₁)处理过的植株为对照(Ck)的79 %,说明UV 辐射对植株的矮化作用随UV 辐射强度增强而加大。另外,从图1上可以看出UV 辐射对棉花株高的影响表现在不同的发育期,在苗期,各种处理的株高差别不明显,从现蕾期(移栽后60 d)开始,UV 辐射对棉花的株高的抑制作用才开始明显。

受UV 照射后,棉花长势变差,叶面积减小,强紫外辐射(UV₂)处理后的棉花叶面积下降了近30 %、弱紫外辐射(UV₁)处理后的棉花叶面积下降了近20 %(表1)。在花铃期(移栽后90 d),纵向分层切割叶片结果可以看出,在上、中、下三个层次中,随着UV 辐射增强,棉花群体下层叶面积指数降低更多、更显著,表现叶层分布重心向上偏移,下层叶片少而且早衰(表2),我们认为这是由于下部叶片均为早生叶片,紫外线具有加速叶片衰老的特性^[4],同时由于光合产物少,因而叶片早衰。

表1 不同UV 影响后,棉花各项指标测值与对照比值

Table 1 Ratios of biological measurements treated with UV to those without UV

	株高	叶面积	净同化率	相对生长率	生物学产量	经济产量	经济系数
	cm	cm ² ·株 ⁻¹	g·m ⁻² ·d ⁻¹	g·d ⁻¹	g·株 ⁻¹	g·株 ⁻¹	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Ck	86	3 709.2	8.3	6.8×10 ⁻²	167.8	67.8	40.41
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)
UV ₁	68	3 000.2	5.2	4.8×10 ⁻²	147.8	47	31.97
	(79)	(80.9)	(62.7)	(70.6)	(88.1)	(69.3)	(79.1)
UV ₂	56	2 625.8	4.8	4.4×10 ⁻²	110.3	18.7	16.95
	(65)	(70.8)	(57.8)	(64.7)	(65.7)	(27.6)	(41.9)

注:株高、叶面积、净同化率及相对生长率为现蕾期测值,其余为收获期测值

表2 不同UV 影响后对棉花叶面积分布的影响(大田切片法,花铃期)

Table 2 Leaf area index's profile distribution in canopy
experiencing UV treatments in flower-bell stage

	总叶面积指数	上层		中层		下层	
		叶面积指数	对照(%)	叶面积指数	对照(%)	叶面积指数	对照(%)
Ck	4.19	2.06	49.15	1.24	29.59	0.895	21.36
UV ₁	2.16	0.72	33.33	1.06	49.07	0.38	17.59
UV ₂	2.00	1.16	58.00	0.83	41.50	0.017	0.85

2.2 UV 增加对棉花生理活动的影响

UV 辐射增加对作物生理活动产生影响,表现为光合速率下降、气孔开度减小,蒸腾速率

减弱^[2,4]。UV 辐射增强对棉花的生理活动也产生影响, 主要对光合作用产生影响, 表现在净同化率及相对生长率的下降, 其受影响的程度随辐射强度的增强而加大(表 1), 与 Ck 组相比, UV₁ 处理组的净同化率下降了 37 %、相对生长率下降 29 %, 而 UV₂ 处理组净同化率则下降了 42 %、相对生长率下降了 35 %。紫外辐射对棉花植株叶片中叶绿素的含量亦有影响, UV 辐射的增强, 叶绿素的含量(加权平均值)减少(表 3)。此外, 我们在试验中发现, 受过量 UV 辐射的影响, 棉花叶绿素的减少表现在棉株生长发育的中后期, 在前期减少并不显著, 但对各处理组不同层次的叶绿素的含量影响还是能看出, 这说明, 紫外辐射增加可加速叶绿素的分解, 这也是导致叶片早衰的原因之一^[4]。

一般认为, 紫外辐射对作物光合作用的影响主要是因为 UV 辐射增强使得作物气孔开度减小, 进入作物体内 CO₂ 含量减少所致^[4]。但在本次试验中, 观测到当 UV 增加时, 作物的叶绿素含量减少, 这势必影响作物的光合作用。因此可说明叶绿素含量减少是 UV 辐射增强对作物光合速率影响的又一个原因。

表 3 UV 辐射对棉花叶绿素含量的影响

Table 3 Impact of UV on chlorophyll in cotton

mgchl/g(dw)

UV 处理	叶绿素含量 (加权平均)	上层	中层	下层
Ck	280.2	303.9	367.6	236.1
UV ₁	275.2	216.4	294.8	280.9
UV ₂	253.3	325.9	163.2	0

2.3 UV 辐射对棉花产量的影响

由于过量 UV 辐射的作用, 棉花株高、叶面积及同化率等均出现了不同程度的下降, 其结果肯定要对棉花的干物质等产量结构产生不利影响(表 1)。试验观测结果表明: UV 辐射增强对棉花干物质积累影响较大。随着 UV 辐射强度的增加, 干物质积累量下降(图 2), 到生育后期, UV₁ 处理组的棉花干物重下降了 11.9 %, 而 UV₂ 组的干物重下降了 34.3 %。UV 辐射对棉花干物重的影响随着生育进程而加大, 但不同时期 UV 影响量是不同的。在整个苗期, Ck 与 UV₁ 处理, 干物质差别不大。从蕾期开始, 这种差异才开始显著。而对于 UV₂ 来说, 在现蕾期, 干物质累积量的减少就已显示出来。这也表明: 在苗期, 棉花植株忍受 UV 辐射的量是有一定范围的。当 UV 辐射的量超过这一范围时, 其干物质的积累会受到明显的影响, 本试验中紫外辐射强度较弱, 可设想若紫外辐射强度增加, 对干物质累积的影响势必更早。

UV 辐射对棉花经济产量有较大的影响。随着 UV 辐射强度的增加, 棉花生物学产量及经济系数都明显的减少(表 1), 这种减少量随着 UV 辐射的增强而迅速加大, 尤其经济系数减少量较大(UV₂ 组的经济系数仅为对照 Ck 组的 41.9 %), 这说明当紫外辐射量增加到一定值时, UV 辐射对经济产量的影响较对生物学产量的影响大, 表明了 UV 辐射的增强对生殖生长和生殖器官还有较大幅度的影响, 这与其他作物一致^[2,3]。

3 结论

前人研究指出, 紫外辐射强度增加能导致多种植物的生物学或经济学产量的减少^[4], 植物

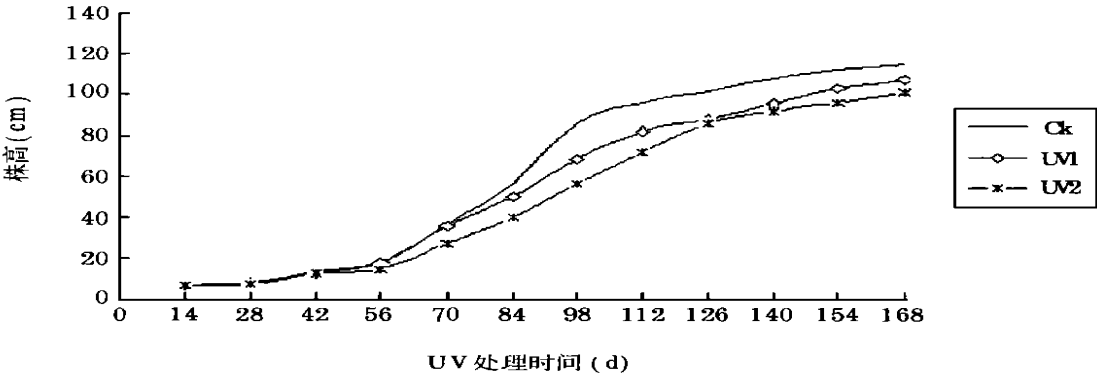


图 1 不同强度 UV 处理后, 棉花株高变化

Fig.1 Variation of plant height with UV

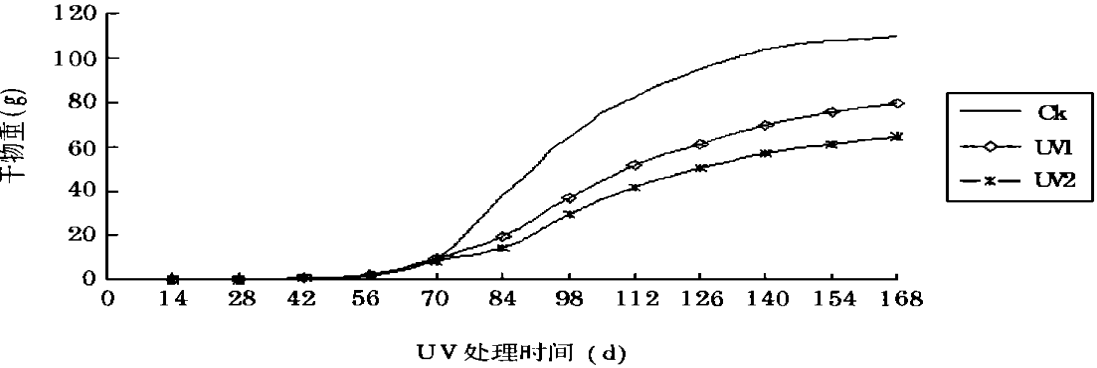


图 2 不同强度 UV 处理后, 干物重变化

Fig.2 Variation of dry matter weight with UV

对 UV 辐射是否产生响应及响应的程度如何, 取决于植物的种类、UV 辐射的强度及植物的生态环境状况。由于紫外辐射增加对棉花生长发育及产量形成的研究鲜见报道, 使得我们对棉花的紫外生物学效应所知甚少, 根据我们的试验可知, 棉花是一种对 UV 辐射增强较为敏感的植物。

紫外线辐射增加对棉花生长发育产生的不利影响表现在植株矮化, 叶片数量、叶面积以及叶内叶绿素含量减少, 光合速率减弱, 最终导致棉花生物产量的减少, 产量下降。

需要指出的是, 国外已有的紫外辐射增加对植物的影响试验一般都在较强的紫外辐射条件下(如 UV 增加 10 % ~ 20 %, 甚至更强)进行的, 而本试验设置的 UV 辐射量则小得多。然而, 即使在较低的 UV 辐射增量条件下, 棉花的生长仍受到明显的抑制。这意味着未来大气臭氧减少, 到达地表的紫外辐射量增加将对棉花产生较大负面影响, 这应引起人们的高度重视。

参 考 文 献

[1] 王春乙, 郭建平, 郑有飞. 二氧化碳、臭氧和紫外辐射与农作物生产[M]. 北京: 气象出版社, 1997

[2] 颜景义, 郑有飞, 杨志敏, 等. 地表太阳紫外线辐射强度变化对小麦影响的初步研究[A]. 南京气象学院学报, 1995, 18 (3): 416- 420

[3] 郑有飞, 颜景义. 大豆植株经紫外辐照后生长分析的数学模型[A]. 南京气象学院学报, 1996, 19(1): 57- 62

[4] 郑有飞, 万长建, 颜景义, 等. 未来紫外辐射增加对农作物影响及其对策[A]. 中国农业气象, 1996, 17(4): 50- 54

IMPACT OF INTENSIFIED ULTRAVIOLET ON COTTON GROWTH

SONG Yu-zhi¹⁾ ZHENG You-fei¹⁾ WAN Chang-jian²⁾
WANG Chuan-hai¹⁾ ZHANG Fu-cun²⁾

(1) Dept. of Environmental Science; 2) Meteorological Observatory, NIM, Nanjing 210044)

Abstract: It is found from the field observations of cotton crop treated with excessive ultraviolet(UV) that the shape of plant, physiological activity and yield are all influenced to different extent which depends on how strong the UV is, and then the influence is investigated in detail in this paper. Results are of significance in understanding climatic effects on crop growth.

Keywords: ultraviolet; cotton; impact