

UV – B 增加对几种不同作物影响程度的种间比较

王传海¹, 郑有飞¹, 闵锦忠², 何都良¹, 胡 磊¹

(1. 南京气象学院环境科学系, 江苏 南京 210044; 2. 南京气象学院 江苏省气象灾害和环境变化重点开放实验室, 江苏 南京 210044)

摘 要:采用大田群体试验方法,研究了 UV – B 增加对小麦、大豆、棉花及玉米生长和产量的影响。结果表明,UV – B 强度增加 $1.00\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,不同作物对紫外线 UV – B 增加的敏感性存在很大的差异。作物的产量和反应指数均表明,作物对紫外线增加的敏感性为棉花> 大豆> 小麦> 玉米。初步分析了不同作物对紫外线敏感差异的区别。

关键词:UV – B; 作物; 产量; 反应指数

中图分类号:S131.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 – 2043(2004)04 – 0646 – 03

Differences in Sensitivity to Enhanced UV – B Radiation of Several Different Crops

WANG Chuan-hai ZHENG You-fei MIN Jin-zhong HE Du-ling HU Lei

(Department of Environmental Sciences, Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044, China)

Abstract: During the past two decades significant reductions in the stratospheric ozone layer, caused by contamination with man – made chlorouorocarbons, nitrous oxides, methyl bromide and methane, have occurred over much of the earth, including temperate latitudes of the Northern Hemisphere, and it is expected that this reduction will increase in magnitude into the next century. The resulting increase in UV – B radiation at the Earth’s surface has potentially deleterious consequences for agricultural production and natural plant ecosystems. Since wheat,soybean, cotton and maize are important crop worldwide, and wheat,soybean and cotton are sensitive to enhanced UV – B radiation, only very few studies concerning their differences in sensitivity to enhanced UV – B radiation have been done under field conditions, it is of interest to gain new data about responses of different crops to elevated UV – B radiation. In the present study, we assessed the crop plant response in terms of morphological, physiological parameters and response index under field conditions. Differences in sensitivity to enhanced UV – B radiation of wheat, maize, cotton and soybean were evaluated. The growth index and response index indicated that the sensitivity of different crops to enhanced UV – B radiation show great difference, and based on the extent of yield decrease and response index, the sensitivity of crops to enhanced UV – B radiation is cotton> soybean> wheat> maize. The yield loss of wheat and soybean in response to enhanced UV – B radiation are mainly attributed to the decrease of biomass, while cotton is mainly attributed to the decrease of economic coefficient. The differences of several indicators such as plant height; leaf area, biomass and economic yield in respond to enhanced UV – B radiation is also discussed. The result provide valuable reference to the yield loss assessment of different crops under the condition of enhanced UV – B radiation in the near future, and redound to bring forward measures such as suitable crop arrangement to alleviate the yield loss in response to enhanced UV – B radiation.

Keywords: UV – B enhancement; crops; yields; response index; sensitivity

由于大气臭氧层变薄, 导致到达地表的 UV – B 辐射量的增加, 对作物产生了广泛的影响, UV – B 增加对植物生长、发育及生态影响的研究已成为全球的研究热点之一。国内外研究了约 400 种植物对 UV –

B 辐射的响应, 目前已证明紫外线对绝大多数的植物有不同程度的伤害, 相当一部分集中于 UV – B 增加对植物伤害机理的研究^[1], 也有部分关于 UV – B 增加对作物产量及产量形成过程影响的研究^[2, 3]。总的来说, 多数为实验室内研究 UV – B 增加对作物的伤害机理, 为进一步深入研究提供了宝贵的资料。作者认为, 与室内的单株研究伤害机理相结合, 补充室外大田条件下的研究更能说明 UV – B 增加对作物影响

收稿日期: 2003 – 11 – 17

基金项目: 国家自然科学基金资助(40175029); 江苏省“333 工程”资助

作者简介: 王传海(1966—), 男, 副教授, 主要从事生态环境的研究。

的真实情况和程度，且研究 UV-B 增加对作物产量和品质的影响有利于更准确地评估 UV-B 增加对农业生产的影响程度。

从 1997 年开始，陆续研究了 UV-B 辐射增加对小麦、大豆、棉花及玉米的生长和产量的影响^[4]，UV-B 辐射增加对这些作物的生长和产量的影响程度是不同的。还有资料表明，在大田条件下，UV-B 辐射增加对有些作物如水稻的生长和产量无显著影响^[5]。本文比较了 UV-B 辐射增加对小麦、大豆、棉花及玉米生长和产量影响的程度，为更准确地评估大田条件下 UV-B 增加对几种主要农作物影响有多大程度，比较几种主要农作物在 UV-B 增加条件下的产量损失大小，以及在未来 UV-B 增加条件下更合理的作物布局提供参考依据。

1 材料与方法

试验在南京气象学院农业气象试验站和环境科学试验园内大田条件下进行。数据采用我们于 1998—2003 年对大豆、小麦、棉花和玉米的研究资料。供试材料大豆品种为宁镇 2 号，小麦品种为宁麦 2 号，棉花品种为 310(转基因抗虫棉品系)，玉米品种为掖单 2 号。大田种植，土壤肥力中等。试验处理设对照 CK，采用自然紫外光强；处理分别为在自然紫外光强基础上人工增加 UV-B 辐射强度为 0.50 W·m⁻²(T₁)、1.00 W·m⁻²(T₂)，增加的 UV-B 强度分别相当于南京地区 4~5 月份 UV-B 辐射量的 5.8%、11.4%。增加 UV-B 处理用可移动的紫外灯管架于作物植株冠层顶部上方 1 m 处，在整个作物生育期内每天增加紫外辐射光照 8 h(8:00-16:00)。重复 3 次。在株高为植株达到最高时，测定株高、叶面积；在收获时测定单株生物产量和经济产量。

紫外线 UV-B 增加对作物影响程度的比较方法采用反应指数 RI (response index, Dai et al. 1994)^[6]，计算公式为：

$$RI = [(PH_t - PH_c) / PH_c + (LA_t + LA_c) / LA_c + (BM_t - BM_c) / BM_c] + (EY_t - EY_c) / EY_c \times 100\%$$

式中：PH 为株高；LA 为叶面积；BM 为生物产量；EY 为经济产量；c、t 分别为对照和处理。

2 结果与分析

2.1 UV-B 增加对几种作物产量影响的比较

UV-B 增加对几种作物产量都有不同程度的影响，4 种作物的产量下降幅度为 7.40%~66.87%，见

表 1。作物产量对紫外线增加的敏感性为：棉花>大豆>小麦>玉米，几种作物的产量下降幅度差异倍数达到近 10 倍，说明不同作物对紫外线的抗性存在很大的差异。经济作物棉花和大豆对紫外线的敏感程度大于粮食作物小麦和玉米，经济作物对紫外线的敏感性是否普遍大于粮食作物这一结论还需要进一步增加试验作物的种类。

表 1 UV-B 增加对作物经济产量的影响(g·株⁻¹)
Table 1 Effects of enhanced UV-B radiation to economic yield of crops

作物	CK	T ₁	T ₂	(CK-T ₁)/CK	(CK-T ₂)/CK
小麦	1.48	1.37	1.01	7.40%	31.56%
棉花	67.8	47	18.7	30.68%	72.42%
玉米	100.0	94.0	92.5	6.04%	7.54%
大豆	11.5	7.65	3.81	33.48%	66.87%

另外，T₂ 增加的紫外线 UV-B 强度是 T₁ 的近一倍，作物产量下降幅度并不都是增加 1 倍，棉花和大豆接近 1 倍，而小麦产量损失增加了约 4 倍，玉米产量损失仅增加约 25%。这可能与试验误差有一定的关系，但更主要的因素可能是不同作物对紫外线有不同的适宜范围和不同的反应敏感性，这方面的研究目前还很少，而该研究有助于理解紫外线对作物产量影响的机理和提出可能的减少作物产量损失的途径。

2.2 紫外线 UV-B 增加对作物几种反应指标影响的比较

除了产量外，作物的株高、叶面积和生物产量也是作物生长的常用指标。比较 UV-B 增加对作物的几种指标，结果表明，作物的几种不同指标对 UV-B 增加反应的敏感性差异的顺序基本一致，作物的株高、叶面积、经济产量以及生物产量之间的相关系数均达到了极显著水平。但作物也有一些指标下降的幅度有较大的区别，如棉花的产量下降幅度大于大豆，而生物产量下降幅度小于大豆，这是因为紫外线增加导致大豆产量下降的主要原因是由于生物产量的下降，而棉花的产量下降主要是由于经济系数的下降。是否是因为 UV-B 增加影响了棉花的花蕾形成或花蕾脱落是值得进一步研究的。

UV-B 增加对作物的几种指标影响程度有显著的差异。UV-B 增加对生物产量、叶面积的影响幅度相近，不同作物下降的幅度约为 12%~50%，株高下降幅度较小，约为 3%~35%。一般 UV-B 增加对作物影响的一个主要方面是株高下降，试验数据的比较结果是叶面积和生物产量的下降幅度还大于株高的

下降。试验中观察到 UV - B 增加,作物如小麦和玉米叶片的长度也是下降的,见表 2 ~ 表 5。

表 2 UV - B 增加对作物生物产量的影响(g · 株⁻¹)
Table 2 Effects of enhanced UV - B radiation to biomass of crops

作物	CK	T ₁	T ₂	(CK - T ₁)/CK	(CK - T ₂)/CK
小麦	3. 48	3. 2	2. 41	8. 05%	30. 75%
棉花	167. 8	147. 8	110. 3	11. 92%	34. 27%
玉米	477. 2	399. 0	338. 2	16. 38%	29. 12%
大豆	21. 2	14. 3	10. 4	32. 55%	50. 94%

表 3 UV - B 增加对作物叶面积的影响(cm²/株⁻¹)
Table 3 Effects of enhanced UV - B radiation to leaf area of crops

作物	CK	T ₁	T ₂	(CK - T ₁)/CK	(CK - T ₂)/CK
小麦	94. 4	92. 4	61. 8	2. 11%	34. 54%
棉花	3709. 2	3000. 2	2625. 8	19. 11%	29. 21%
玉米	8395. 0	7532. 9	7390. 0	10. 27%	11. 97%
大豆	612. 1	371. 3	316. 3	39. 34%	48. 33%

表 4 UV - B 增加对作物株高的影响(cm)
Table 4 Effects of enhanced UV - B radiation to plant height of crops

作物	CK	T ₁	T ₂	(CK - T ₁)/CK	(CK - T ₂)/CK
小麦	85. 4	77. 2	71. 8	9. 66%	15. 93%
棉花	86	68	56	20. 93%	34. 88%
玉米	254. 5	229. 7	247. 4	9. 74%	2. 79%
大豆	86. 4	81. 16	83	6. 06%	3. 94%

表 5 UV - B 增加条件下作物生长和产量指标的相关系数
(n = 12)
Table 5 Correlation between growth parameters and yield under the condition of enhanced UV - B radiation

项目	生物产量	叶面积	株高
经济产量	0. 967 3	0. 978 8	0. 857 4
生物产量		0. 992 7	0. 907 4
叶面积			0. 898 9

2. 3 紫外线 UV - B 增加对几种作物反应指数影响的比较

产量变化是作物营养生长和生殖生长对外界环境反应的最终结果,反应指数体现了 UV - B 对作物增加的综合影响,所以反应指数能更全面地反应作物对 UV - B 增加的敏感性大小。表 6 说明,作物对 UV - B 增加的反应指数均为负值,说明 UV - B 增加

对几种作物都有不同程度的抑制效应。在 T₂ 处理水平下,反应指数说明作物对 UV - B 增加的敏感性为棉花> 大豆> 小麦> 玉米,与产量的反应一致,在 T₁ 处理水平下,作物对 UV - B 增加的敏感性为大豆> 棉花> 玉米> 小麦。总之,大豆和棉花对 UV - B 增加的敏感性远远大于小麦和玉米。

表 6 几种作物对紫外线 UV - B 增加反应指数的比较
Table 6 The response index of several crops to enhanced UV - B radiation

作物	T ₁	T ₂
小麦	- 27. 20%	- 112. 80%
棉花	- 82. 60%	- 170. 80%
玉米	- 42. 40%	- 51. 40%
大豆	- 111. 40%	- 170. 10%

T₁ 和 T₂ 条件下作物反应的差异可能与作物对不同强度的 UV - B 增加反应不同有关,但试验误差也是一个重要原因,因为在大田试验条件下,作物生长不如在实验室内整齐,植株间有一定的差异;而且本文中研究的几种作物的试验是在 1998—2003 年不同年份进行的,不同年份之间的条件不同可能也是试验误差的来源之一。

参考文献:

[1] Cline M G. Plant response to solar ultraviolet radiation[A]. In: Large A L. eds. Physiological Plant Ecology[C]. Encyclopedia of Plant Physiology (new Series). Berlin: Springer, 1981, 169 - 197.
[2] 李元, 王勋陵. 紫外辐射增加对春小麦生理产量和品质的影响[J]. 环境科学学报. 1998, 18(5): 504 - 509.
[3] 王传海, 何都良, 郑有飞, 等. 群体条件下 UV - B 增加对小麦衰老及灌浆的影响[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(4): 391 - 393.
[4] 郑有飞, 杨志敏. 作物对紫外辐射增加的生物学效应及其评估[J]. 应用生态学报, 1996, 7(1): 107 - 109.
[5] Dai Qiujie (IRRI), Peng Shaobing, Chavez A Q, et al. Supplemental ultraviolet - B radiation does not reduce growth or grain yield in rice[J]. Agronomy Journal, 1997, 89 5: 793 - 799.
[6] Dai Q J, Peng S B, Chavez A Q, Vergara B S, Intra - specific responses of 188 rice cultivars to enhanced UV - B radiation[J]. Environ Exp Bot, 1994, 34: 422 - 433.