

地表太阳紫外辐射强度变化对小麦影响的初步研究*

颜景义¹⁾ 郑有飞¹⁾ 杨志敏¹⁾ 陆许凤^{2)**}

(1)南京气象学院应用气象学系,南京 210044,2)南京葛塘农业科技站,南京 210036)

摘要 研究表明,紫外辐射强度的增大,对小麦的生长、生理活动及产量的形成,均有不同程度的影响。紫外辐射增加的这些效应又和小麦的各种其他环境条件(如光、热、水等)存在着一定的关系,当某些环境条件处于胁迫状态时,则可能对紫外辐射的植物效应产生一定程度的遮掩作用,减弱其抑制强度。

关键词 紫外辐射,环境条件,冬小麦

分类号 S314

由于大气层污染的加剧,特别是氯氟烃(CFC)浓度不断增大,使大气平流层中的臭氧(O₃)层逐年变薄,从而导致地表紫外辐射的增强。据估算,未来 70 年内,大气臭氧含量将减少 2%~10%^[1],地表紫外辐射强度则将增强 4%~20%^[2]。此外,预计到 2030 年,CO₂ 含量将提高到 600PPM^[3],全球年平均温度上升 2.9℃^{***},主要农业区降水量大大减少,出现干旱天气^[3]。这些,都将对农业生产产生极大的影响。

小麦,是全球主要粮食作物之一。研究表明,在过量紫外线影响下,作物生长受到抑制,许多生理活动受到伤害,产量有所下降。但这些研究,一般都着眼于紫外线单独地对作物的直接伤害。而对紫外线和作物的其他环境条件同时作用于作物时会产生什么影响重视不够,而且在试验中多采用紫外线的某一段进行处理,因而其结果与实况有异,有其一定的局限性。本文设计的试验,是在大田中用接近自然条件的过量 VU-B 和 UV-A 的复合形式 UV-AB(290~400nm)去处理作物,研究生长在自然环境中的小麦受过量紫外线照射后所产生的反应(同时辅以人工控制环境试验),探讨紫外辐射量增强和环境因子(光、热、水等)的共同作用对小麦的各种复杂影响。

1 材料与方 法

本试验于 1992 和 1993 年在南京气象学院农业气象试验站内进行,供试材料为扬麦 5 号(T. aestivum L. es Yangmai No. 5),采用大田与盆栽相结合,土壤肥力中等,小麦进入拔节期时(3 月 15 日)开始进行人工增强紫外辐射处理,紫外光谱区域为 290~400nm,近似于太阳紫外辐射光谱区域,将可移动式的紫外灯管架于小麦植株顶上的 1m 处,试验设 4 个(CK、T₁、T₂

* 国家气象局气象研究基金资助项目

** 万长建,陈尚前参加本文的部分工作

*** 王绍武. 温室气体增长对气候和社会影响. 气象科技,1989,1:1~6

收稿日期:1994-06-24;改回日期:1995-03-23

和 T₃) 紫外辐射水平处理, CK 为对照组, 用自然紫外光强; T₁、T₂ 和 T₃ 组为在自然紫外光强的基础上每天人工增加 UV 辐射强度分别为 0.25、0.45 和 1.00 (W · m⁻²), 增加的紫外光分别相当于南京地区 4~5 月份平均紫外辐射的 3.0%、5.8% 和 11.4%。每个 UV 处理水平又设水分正常与水分亏缺处理, 此外, 在测试日还在加拿大生产 PGW-36 型人工气候箱中进行变光、变温处理, 以考察变光、变温处理下植物的响应。自 UV 处理日起, 测定植物的株高, 干物重, 倒 3 叶和旗叶的光合速率, 气孔传导率及蒸腾速率。测定仪器: 前两项按常规法测定, 后三项在叶片全展时用美国 Li-COR 公司产 Li-6200 便携式光合分析系统测。

2 结果与分析

2.1 其他气候条件变化正常时, UV 辐射对小麦的影响

就敏感性而言, 小麦对紫外辐射增强的反应属不敏感的植物, 但本试验结果仍表现出紫外辐射增强对小麦的明显影响。

由表 1 可见, UV 增强使小麦株高生产受抑, 发生了矮化现象, UV 辐射强度越高植株的矮化现象越严重, T₃ 处理组的株高仅达 CK 组的 90.1%; UV 辐射的增强也抑制了小麦叶片的扩大, 导致小麦叶面积的减小。

表 1 其他气候条件正常时, UV 辐射对扬麦 5 号的影响及其与 CK 的比值 (%)

Table 1 UVR effect on the study wheat cultivar and its ratio to CK (%), other things being normal

	CK	T ₁	T ₂	T ₃
株高 (cm)	70.5(100)	65.9(93.5)	64.9(92.1)	63.5(90.1)
叶面积 (m ²)	0.3429(100)	0.3369(98.2)	0.3285(95.8)	0.3169(92.4)
光合速率 (μmol · m ⁻² · s ⁻¹)	8.804(100)	7.231(82.0)	6.447(73.5)	5.235(59.4)
气孔传导率 (cm · s ⁻¹)	1.999(100)	1.624(81.24)	1.547(77.4)	1.376(68.8)
蒸腾速率 (mmol · m ⁻² · s ⁻¹)	0.0127(100)	0.0114(89.8)	0.0108(85.0)	0.0102(80.3)
植株干物重* (g)	26.55(100)	23.55(88.7)	21.75(85.9)	20.21(76.1)
每穗粒重* (g)	1.85(100)	1.66(89.7)	1.37(74.1)	1.31(70.8)
每穗粒数* (粒)	55(100)	49(89.1)	42(76.4)	40(72.7)

注: * 者为收获期资料, 余为拔节抽穗期资料

() 为与 CK 的比值 %

() is T_n/CK ratio

* data obtained in the harvesting period and others in the jointing and earing stages

过量的 UV 辐射使小麦的生理活动受阻, 光合速率和蒸腾速率均发生明显下降, 其中尤以光合速率的影响更大, 与 CK 相比, T₃ 处理组的光合速率下降了 40.6%, 而蒸腾速率受到的影响则较小, T₃ 处理组仅下降了 19.7%。说明紫外辐射增强后, 小麦的水分利用效率下降。UV 辐射增强, 小麦气孔阻抗增大, 气孔传导率则会减小。进而又将影响到蒸腾和光合速率, UV 辐射增强对蒸腾与光合速率影响程度的不同, 说明 UV 辐射不仅能通过影响植物的气孔行为, 还可能通过其他途径影响植物的蒸腾和光合速率, 例如根系活力的下降^[4]; 光系统 II 反应中心的失活^[5]; 同光系统 II 联系的电子传递的抑制^[6]; 环式光合磷酸化解偶联作用和 RuBP 羧化酶活性下降以及类囊体膜的破坏^[7]等都能对蒸腾和光合的速率产生不同程度的影响。

紫外辐射强度增加对小麦形态学和生理学上的不利影响, 进而导致了小麦生物学产量和

经济学产量的下降。紫外辐射剂量(辐射强度 \times 时间)增加与小麦的生物学产量之间存在着如下关系

$$Y = 7.82 - 0.95 \lg x \quad (r = 0.986)$$

式中 Y 为单株干物重(g), x 为 UV 辐射剂量增加量(千焦耳)。

显然,当 UV 辐射剂量增大时,小麦的生物学产量成对数下降。未来 70 年内,若不考虑其他因素的作用,可以推算出,紫外线强度增大 10%,小麦产量可能下降 20%以上。

2.2 其他气候条件不利时,UV 辐射对小麦的影响

未来地球大气中,CO₂ 的浓度将不断提高,同时造成全球气温的升高,大部分地区降水量下降,出现干旱天气,因而分析 UV 辐射增强对农作物影响时,还应考虑到 UV 辐射与这些因子一起所产生的综合作用。

紫外辐射增加对小麦光合作用产生的影响会因光强(可见光)、气温的差异而发生变化(图 1、图 2)。由图可见,在光强较弱或较强、气温过低或过高时,不同紫外辐射强度下(CK、T₁、T₂

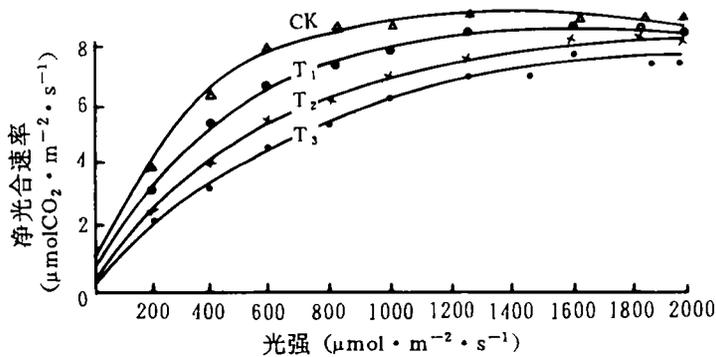


图 1 不同 UV 辐射强度下,小麦叶片光-光合响应曲线
(资料测自控制条件下,抽穗期)

Fig. 1 Light-photosynthesis curves for wheat leaves in a range of UVR levels
(data taken in the earing stage under control conditions)

和 T₃ 组)光合速率差异很小,而在较适宜的光强(400~1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)及较适温度(20~28 $^{\circ}\text{C}$)范围内,不同紫外辐射强度下的光合速率差异较大。由此可以推想到,光的强弱、温度的高低也将会影响到小麦整个生长的紫外线效应。

从表 2 可见,水分亏缺能掩盖紫外辐射对作物的抑制效应。当作物处于水分亏缺状态时,紫外辐射对小麦的伤害被削弱;当作物处于水分充足状态时,T₃ 组的小麦株高比 CK 组的下降了 9.9%,而缺水时,小麦株高仅比 CK 组降低了 5.3%;土壤干旱时,紫外辐射增强对小麦的生理活动也有类似的影响,在供水充足时,T₃ 组的光合速率下降了 40.6%,气孔传导率下降了 31.2%,蒸腾速率下降了 19.7%,而缺水时,T₃ 组光合速率只比 CK 组下降了 36.9%,气孔传导率下降了 20.7%,蒸腾速率下降了 15.4%,因而紫外辐射增强对小麦的生物学产量和经济学产量的危害会因缺水而减弱。

上述试验结果表明,紫外线增强会对农作物产生不利的影响。温度升高,土壤缺水等也会对农作物产生不利影响,当这两类不利因素同时作用于农作物时,它们的不利影响并非累加,

而是互相消减,其共同影响小于两个影响的累加值。

表 2 缺水条件下,UV 辐射对扬麦 5 号的影响及其与 CK 的比值(%)

Table 2 As in Table 1 except for lack of water

	CK	T ₁	T ₂	T ₃
株高(cm)	57.0(100)	55.1(96.7)	54.9(96.3)	54.0(94.7)
叶面积(m ²)	0.309(100)	0.307(94.4)	0.302(97.7)	0.295(95.5)
光合速率($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	6.694(100)	5.630(94.1)	5.042(75.3)	4.223(63.1)
气孔传导率($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	1.756(100)	1.592(90.7)	1.475(84.0)	1.392(79.3)
蒸腾速率($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.0104(100)	0.0097(93.3)	0.0092(88.5)	0.0088(84.6)
每株干物重(g)	22.567(100)	20.83(92.3)	20.13(89.2)	17.896(79.3)
每穗粒重*(g)	1.50(100)	1.40(93.3)	1.23(85.3)	1.20(80.0)
每穗粒数*(粒)	48(100)	45(93.8)	41(85.4)	39(81.3)

说明同表 1

The notes identical to those of Table 1

3 结 论

(1)在过量紫外辐射作用下,小麦的外部形态、生理活动及其产量均将受到影响。尽管本试验中使用的紫外辐射强度并未达到已往常用的强度(过量 10%~20%以上),但仍发现小麦的这些方面均受到了抑制,抑制的程度随紫外辐射强度的增加而加大。因而未来紫外辐射强度的增大对作物生产的影响,应该受到足够的重视。

(2)事实上,植物环境中 UV 辐射以外的其他环境条件,包括气候条件,总是处于不断地变化之中,当其他环境因子(光、热、水等)适宜时,过量的 UV 对小麦的影响明显;当其他环境因子对植物不利时,则过量紫外辐射对小麦的影响幅度被削弱。

未来几十年内,它们的综合作用一方面能表现出各类胁迫因子的相互削弱作用;另一方面,某些其他环境因子,如 CO₂ 浓度的增加,将利于小麦光合速率的提高,从而将减弱 UV 辐射增强及其他一些不利环境条件对小麦的危害。因此,未来 UV 辐射强度增大对小麦可能产生的实际影响,是一个较为复杂的问题,要弄清这一问题,必须对 UV、其他环境因子以及作物本身之间的复杂的定量关系,作进一步深入研究。

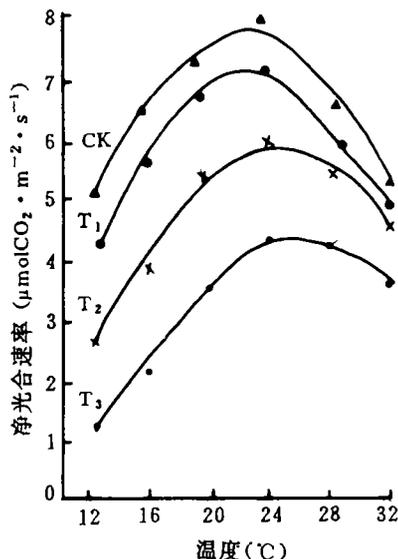


图 2 不同 UV 辐射强度下,小麦叶片光合—温度响应曲线(资料测自控条件下,抽穗期)

Fig. 2 As in Fig. 1 but for photosynthesis—temperature curves

参 考 文 献

- 1 Watson R T. Present state of knowledge of the upper atmosphere. In: An assessment report, NASA Reference Publication 1208, Washington D C: NASA Office of Space Sciences and Application, 1988. 200
- 2 Caldwell M M. The effects of solar UV-B radiation (280~315nm) on higher plants: implications of stratospheric ozone reduction. In: Castellani A eds. Research in Photobiology. New York: Plenum Press, 1977. 335
- 3 赵崇慈. 五个全球大气海洋环流模式模拟 CO₂ 增加对气候变化影响. 大气科学, 1990, 14(11): 118~127
- 4 杨志敏, 颜景义, 郑有飞等. 紫外辐射增强对植物生长的影响. 植物生理学通讯, 1994, 30(4): 241~248
- 5 Oxada M, Kitajima M, Butler W L. Inhibition of photosystem 1 and photosystem 2 in chloroplasts by UV radiation. Plant Cell Physiol, 1976, 17(1): 35~43
- 6 Brandle J R, Campbell W F, Sisson W B, et al. Net photosynthesis, electron transport capacity, and ultrastructure of *pisum sativum* L. exposed to ultraviolet-B radiation. Plant Physiol, 1977, 60(2): 165~169
- 7 Vu C U, Allen L H, Garrard L A. Effects of supplemental UV-B radiation on primary photosynthetic carboxylating enzymes and soluble proteins in leaves of C₃ and C₄ crop plants. Physiol Plant, 1982, 55(1): 11~16

PRELIMINARY STUDY OF EFFECT OF GROUND SOLAR ULTRAVIOLEN RADIATION ON WHEAT GROWTH

Yan Jinyi Zheng Youfei Yang Zhimin

(Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044)

Liu Xufeng

(Nanjing Getang Agricultural Technique Diffusion Station, Nanjing 210036)

Abstract This paper concerns the varying influence of increased ultraviolet radiation (UVR) on wheat growth, physiology and yield formation and the effect associated with UVR enhancement is found to bear relation to such ambient factors as light, heat and water, and while in stress state, some of these factors can produce some amount of screening, or weakening of the UVB impact on wheat growth.

Keywords ultraviolet radiation, ambient factor, winter wheat