

紫外辐射增加后麦田的小气候特征研究(I)

郑有飞, 何雨红, 甘思旧

(南京气象学院环境科学系, 江苏 南京 210044)

摘要: 利用小麦灌浆期作物群体小气候观测资料, 分析研究了过量紫外线照射后农作物群体小气候(总辐射、紫外辐射、温度等)的时空分布特征, 发现紫外辐射(UV-B)增强使小麦群体中下部的总辐射高于对照区(CK), 不同处理组下部的总辐射日振幅不同: CK(无UV-B区) > T1(UV-B增强3.8%) > T2(UV-B增强11.4%); 小麦群体的紫外辐射强度在各个层次上均大于对照区; 小麦群体的中下部温度明显高于对照区的温度, 中上部反之, CK处理气温梯度远大于T2处理气温梯度。

关键词: 小麦; 紫外辐射; 小气候; 时空分布

中图分类号: S131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2002)05-0406-04

Features of Micro-climate in Wheat Field Under Enhanced UV-B Radiation

ZHENG You-fei, HE Yu-hong, GAN Si-jiu

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

Abstract: The temporal and spatial distributing characteristics of micro-climate in a wheat field under enhanced UV-B radiation were evaluated with observations. It has been shown that the total solar radiation on middle and low parts of the wheat under enhanced UV-B radiation was more than that of the wheat under normal radiation. The daily amplitude of the total solar radiation varied with the treatments. The UV-B radiation at every level in the wheat was stronger than that of the wheat under normal radiation. The temperatures of the middle, - low parts of the wheat were remarkably higher than those in the normally treatment area, while the temperature of the middle - high part of the wheat were lower than those under the control area. The gradient of the temperature under the control exceeds that under T2.

Keywords: wheat; UV-B radiation; macro-climate; temporal and spatial distribution

大气平流层臭氧的耗减使到达地球表面的紫外辐射(UV-B)强度增加, 已引起越来越多人的重视, 同时也开展了大量的研究工作。目前, 主要集中在紫外辐射增加对植物个体的生理生化、生长发育的影响上^[1], 而对农田小气候特征影响的研究尚属空白。有研究发现^[2-4], 小麦经紫外辐射后, 其株型、生理活动及生物学产量均会受到不同程度的影响, 尤其是农田的群体结构发生了一系列的变化, 这种改变必将影响作物群体内小气候状况, 小麦群体内的总辐射、紫外辐射、温度状况直接影响小麦植株的蒸腾效率、光合强度和冠层内的能量交换^[5], 所以观测紫外辐射下作物群体的小气候的时空变化规律, 不仅有助于全面理解紫外线-B增加对农田生态系统的影响机理, 还可对此提出防御对策, 以克服或减弱紫外辐射对农作物

及其生态系统的不良影响。本文通过田间试验观测资料, 客观了解紫外辐射增强条件下灌浆期小麦群体内的小气候特征及其时空变化规律, 并对其影响原因进行了初步探讨, 为研究紫外辐射增强对作物的影响提供基本的事实依据。

1 资料和方法

试验于1998—1999年及2000—2001年两次在南京气象学院农气试验站内小麦试验小区里进行。供试品种为扬麦158, 植株密度大约为600万·hm⁻², 试验田土壤肥力中等偏上, 按常规方法进行田间管理。1998年及2000年11月1日播种, 出苗后即进行UV-B辐射处理至收获。

试验分3个水平处理, CK、T1(弱)、T2(强), CK为自然光照, T1、T2为在自然光照基础上增加UV-B辐射, 采用了国产“黑一光”灯, 其光谱为280—400nm(宽波段紫外辐射, UV-AB), 强度为0.25和0.75W·m⁻², 分别相当于南京地区夏天日平均紫外辐射

收稿日期: 2001-09-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40175029)

作者简介: 郑有飞(1959—), 江苏南京人, 南京气象学院环境科学系主任, 教授, 博士生导师, 一直从事紫外辐射增加对农田生态系统影响的研究。

强度的 103.8% 和 111.4%，每日照射(07-17)10h。观测时间是 1998 年 4 月 29 日(晴)和 2001 年 4 月 13 日(晴)，此时，小麦处于灌浆期。观测时间为从 6:00 到 18:00，每隔 1h 观测 1 次。具体观测项目如下：

(1) 总辐射和紫外辐射：用两台美国 EPPLY 实验室制造的紫外辐射仪和总辐射仪分别观测小麦群体高度的 1/3 处、2/3 处及顶部的紫外辐射和总辐射，测量精度为 $\pm 2\%$ 。

(2) 温度：用通风阿斯曼干湿表测小麦基部、小麦群体高度的 1/3 处、2/3 处及顶部的干球温度。

2 结果与分析

紫外辐射的增加对作物的群体结构有着重要的

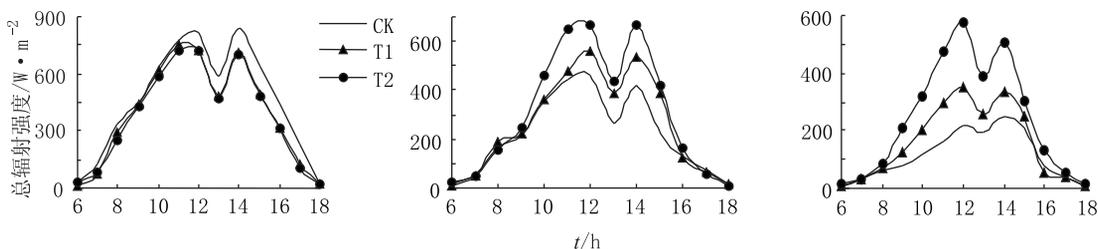


图 1 UV-B 增加对小麦群体顶部(左)、2/3 处(中)、1/3 处(右)总辐射的影响

Figure 1 The effect of enhanced UV-B on the total solar radiation of top (left graph), two-thirds (middle graph) and one third (right graph) of wheat height

总辐射强度不断增加，到 12:00 达到最大值，之后太阳辐射呈下降趋势(13:00 时天空有云，遮挡了部分太阳辐射)。在群体的顶部，CK 处理的总辐射大于 T1、T2 的总辐射，如 14:00 时 CK 顶部的总辐射强度比 T1、T2 分别高 15%、16.4%。而在群体 2/3 处和 1/3 处 CK、T1、T2 的总辐射大小顺序正好与群体上部相反，即 $T2 > T1 > CK$ 。这是由于在强 UV-B 辐射下，T2、T1 处理的小麦植株矮化，叶片变短、变窄，太阳辐射透射到中下部较多；而 CK 处理的小麦相对长得高，群体叶面积指数也较高，太阳辐射透射到中下

影响，王传海^[3]等研究表明 UV-B 增强会导致小麦植株变矮，茎变细，叶面积变小，密度变稀，叶基角变小。而群体结构的变化又会影响到群体内部的小气候因子(温度、光照强度等)，因此 UV-B 辐射增加会影响作物群体的小气候。如株高高时，农田中的气温偏高，中午前湿度较自然群体结构下的低，而午后较高；叶面积大小不同，对光照的遮蔽度不同，进行光合作用的能力、速率和干物质积累都不同。以下对小麦进行分层观测后的小气候数据做一分析。

2.1 总辐射的时空分布特征

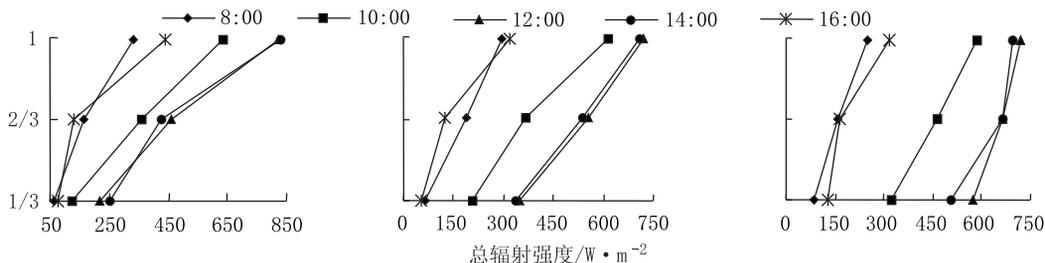
2.1.1 小麦群体不同高度层总辐射强度的时间变化

小麦群体各层的太阳辐射强度，其日动态在晴天均是以中午为最高点的正态分布^[6](图 1)。午前，太阳

部的较少。

2.1.2 各处理组总辐射的垂直变化

观测结果表明，小麦群体中各垂直高度上的总辐射强度随太阳高度角的增大而增强(图 2)，其中顶部辐射的日振幅最大，越到下部，辐射的日振幅越小。另外，不同处理组下部的总辐射日振幅也不同，具体表现为： $T2 > T1 > CK$ 。顶部的总辐射大于 2/3 处和 1/3 处的总辐射，但不同处理组增大的百分率不同，例如：CK 处理 14:00 的顶部总辐射比 2/3 及 1/3 处分别大 49%、70%；T1 处理比 2/3 处及 1/3 处分别大



注：1——顶部，2/3——2/3 处，1/3——1/3 处

图 2 UV-B 增加对小麦群体 CK(左)、T1(中)、T2(右)处理总辐射的影响

Figure 2 The effect of enhanced UV-B on the total solar radiation of the control (left graph), T1 (middle graph) and T2 (right graph)

24%、53%；而 T2 处理仅比 2/3 处及 1/3 处分别大 5%、27%。这是因为小麦群体顶部几乎没有什么遮蔽物遮挡太阳辐射，而在 2/3 处和 1/3 处，由于小麦叶子和麦穗的遮挡，只有部分的太阳辐射到达 2/3 处和 1/3 处，因而不论是在 CK 处理还是在 T1、T2 处理，顶部的总辐射都是最大的。又因为 UV-B 增加处理下，处理 T2、T1 的小麦群体叶面积指数仅为 CK 的 59%、41%，以致与 CK 相比，透射到 T2、T1 群体下部的总辐射显著增大，导致群体下部日振幅在各处理间存在显著差异。

2.2 紫外辐射的时空分布规律

2.2.1 小麦群体不同高度层紫外辐射强度的时间变化

UV-B 增加对紫外辐射的影响(图 3)有如下特

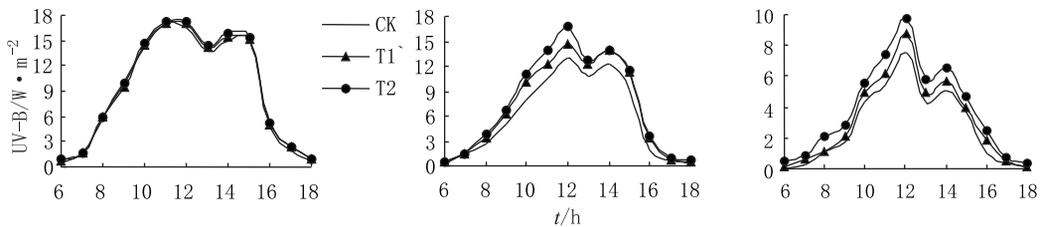


图 3 UV-B 增加对小麦群体顶部(左)、2/3 处(中)、1/3 处(右)紫外辐射的影响

Figure 3 The effect of enhanced UV-B on the UV-B radiation of top (left graph), two-thirds (middle graph) and one third (right graph) of wheat height

CK、T1、T2 三个处理的紫外辐射垂直变化是一致的(图 4)，均是顶部 > 2/3 处 > 1/3 处，如 12:00 时

T2 顶部的 UV-B 比 2/3 处的 UV-B 大 3.21%，比 1/3 处的 UV-B 大 4.32%。紫外辐射的这种垂直日

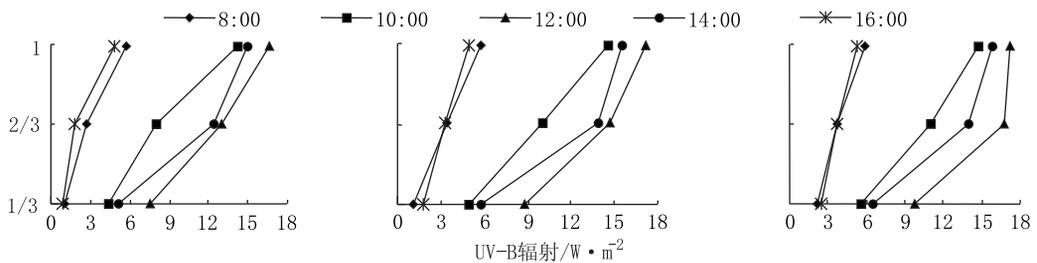


图 4 UV-B 增加对小麦群体 CK(左)、T1(中)、T2(右)处理紫外辐射的影响

Figure 4 The effect of enhanced UV-B on the UV-B radiation of the control (left graph), T1 (middle graph) and T2 (right graph)

注: 1——顶部, 2/3——2/3 处, 1/3——1/3 处

变化原因与总辐射垂直分布原因一致。

2.3 温度的时空分布规律

2.3.1 小麦群体不同高度层温度的时间变化

(1) 小麦群体各层气温变化趋势基本一致，大致呈一正弦曲线变化(图 5)。其日动态明显受太阳辐射的影响，日出后，各层气温随太阳辐射的增强而升高，最大值出现在午后 13:00—14:00 左右，比太阳辐射的峰值迟滞 2 h 左右。从顶部到基部，各高度层的最

高气温出现时间逐渐延迟。

(2) 顶部和 2/3 处的温度: CK > T1 > T2，这种温度差异在 8:00 之前较小，8:00 之后逐渐增大，到 12:00 差异达最大，这是因为随着太阳辐射增强，作物蒸腾作用加快，植株体温迅速上升，植株周围的空气温度也在迅速上升，而 T2、T1 经过量的紫外辐射照射之后，小麦株高变矮，叶片变小，蒸腾作用小于对照处理，所以对照处理的中上部因蒸腾升温而大于 T1

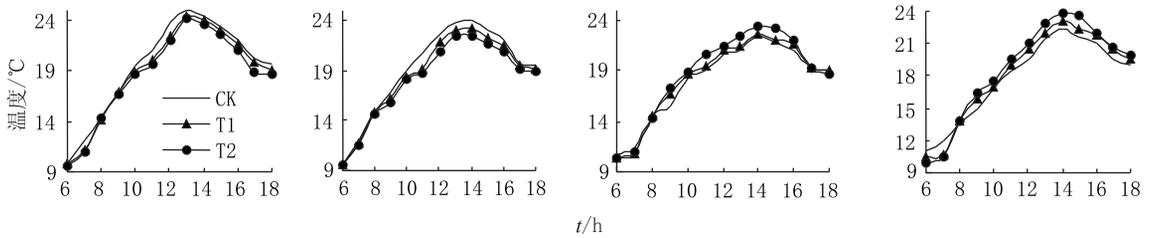


图 5 UV - B 增加对小麦群体顶部(左 1)、2/3 处(左 2)、1/3 处(左 3)和基部(右)温度的影响

Figure 5 The effect of enhanced UV - B on the air temperature of top (left one graph), two - thirds (left second graph), one third (left third graph) and bottom (right) of wheat height

和 T2 处的温度。

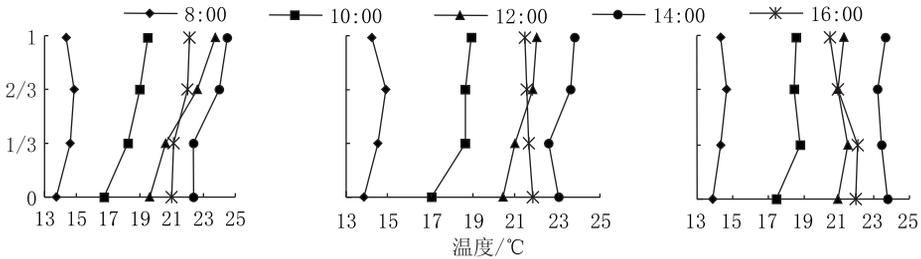
(3) 小麦群体高度 1/3 处及基部的温度为 CK < T1 < T2。12:00—14:00 之间, CK 与 T1、T2 温度相差最大, 如基部 12:00 时 T2、T1 温度分别比 CK 高 7.14%、4.1%。这是由于 T2 处理的紫外辐射强度最大, 小麦受到的紫外辐射影响最大, 其植株最矮, 叶片又最小, 群体最稀疏, 所以, 阳光透过叶片到达小麦底部最多, 太阳辐射的增多直接导致 T2 处理作物底部温度的升高, 因而在 1/3 处和基部的温度变化趋势正好与顶部、2/3 处相反。

(4) 作物群体各处理间温度差异在 12:00—

14:00 为:基部> 1/3 处> 2/3 处> 顶部, 如 14:00 时基部 T2 处温度比基部 CK 升高达 6.3%、而顶部 T2 处温度比 CK 下降 3.3%。这是由于 T1 和 T2 植株较对照稀疏, 随着太阳辐射增大, 透过 T1 和 T2 小麦冠层的辐射比较多, T1 和 T2 处理组下部升温比 CK 要快得多, 虽然顶部各处理也因蒸腾作用大小而存在温差, 但这种温差远小于基部由太阳辐射造成的直接差异。

2.3.2 各处理组温度的垂直变化

小麦群体中上层气温在白天高于群体下层, 一般由上至下逐渐变小(图 6)。在 12:00—14:00 时 CK、



注: 1—顶部, 2/3—2/3 处, 1/3—1/3 处, 0—基部

图 6 UV - B 增加对小麦群体 CK(左)、T1(中)、T2(右)处理温度的影响

Figure 6 The effect of enhanced UV - B on the air temperature of the control (left graph), T1 (middle graph) and T2 (right graph)

T1、T2 处理气温垂直梯度存在明显变化, CK 处理气温梯度大, T2 处理气温梯度小, 在 CK 处理, 顶部的气温与基部最大可相差 4.2℃, 在 T1 和 T2 处理仅相差 1.9℃、0.8℃。

3 结论与讨论

(1) UV - B 辐射下小麦群体的中下部的总辐射强度高于对照区, 小麦群体的光照增加有利于中下部的光合作用, 能进一步提高小麦群体中下部的光能利用率, 这可能将部分抵消 UV - B 增加对群体产量的负面影响。

(2) 小麦群体的紫外辐射强度在各个层次上均大于对照区。UV - B 的增加, 影响小麦的正常生长, 使得小麦植株矮化, 茎秆变细, 叶子变少, 减少小麦群体

的光合作用, 最终影响小麦的生物产量。

(3) UV - B 的增加, 造成小麦群体的结构产生变化, 最终导致小麦群体的中下部温度明显高于对照区的温度, 而中上部的温度低于对照区的温度。

参考文献:

[1] 何雨红, 郑有飞, 何都良. 紫外辐射对农田生态系统的影响研究综述[J]. 中国农业气象, 2002, 23(1): 47 - 52.
 [2] 郑有飞, 杨志敏, 颜景义, 等. 作物对太阳紫外辐射增加的生物效应及其评估[J]. 应用生态学报, 1995, 6(3).
 [3] 郑有飞, 颜景义, 万长建, 等. 紫外辐射增加对农作物的影响及其对策[J]. 中国农业气象, 1996, 17(4): 50 - 53.
 [4] 王传海, 郑有飞, 何雨红, 等. 紫外辐射增加对小麦群体结构的影响[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(2): 204 - 210.
 [5] 申双和, 吴洪颜, 等. 棉花冠层小气候特征研究[J]. 气象科学, 1999, 19(1): 50 - 56.
 [6] 常杰, 潘晓东, 葛滢, 等. 青冈常绿阔叶林内的小气候特征[J]. 生态学报, 1999, 19(1): 68 - 75.