

韩艳<sup>1,2</sup> 娄运生<sup>1</sup> 李萌<sup>1</sup> 胡程达<sup>3</sup> 刘荣花<sup>3</sup>

# UV-B 辐射增强对河南省夏直播花生产量及品质的影响

## 摘要

在大田条件下,研究了模拟地表UV-B辐射增强对花生(开农49号)的产量及品质的影响。UV-B辐射设3个水平,即对照、增强20%和增强40%。结果表明:UV-B辐射增强能显著降低花生产量,产量下降的原因主要是由单位面积产量、株荚果数、百仁重减少造成的;花生品质受UV-B影响较为复杂,UV-B增强20%时,花生脂肪质量分数为51.02%,蛋白质质量分数为22.34%,油酸/亚油酸质量比为1.19,较对照组提高了0.02;UV-B增强40%时,花生脂肪质量分数为51.82%,蛋白质质量分数为22.56%,油酸/亚油酸质量比为1.28,较对照组提高了0.11。研究认为,UV-B辐射增强,不足以对花生的品质产生显著影响,这可能与设定的UV-B辐射强度、试验设计方案及花生的品种有关。

## 关键词

UV-B辐射;花生;产量;品质

中图分类号 S162.5

文献标志码 A

收稿日期 2013-06-27

资助项目 中国气象局/河南省农业气象保障与应用技术重点开放实验室基金(AMF201102)

## 作者简介

韩艳,女,博士生,主要从事农业气象研究工作.hanyanhd@163.com

娄运生(通信作者),男,博士,教授,研究方向为全球变化与农田生态系统。

yunshlou@yahoo.com.cn

## 0 引言

大气平流层臭氧损耗引起地面紫外辐射剧增<sup>[1]</sup>。研究表明,大气平流层臭氧每减少1%,地表紫外辐射(UV-B)将增加2%<sup>[2]</sup>。紫外辐射具有强烈的生物学和生态学效应,当过量的紫外辐射进入到生物圈,将会使农田生态系统乃至整个全球生态系统都会受到不同程度的影响<sup>[3]</sup>。

地表紫外辐射能量占太阳总辐射能的3%~5%。紫外辐射根据其生物效应分为短波紫外辐射(UV-C,200~280 nm)、中波紫外辐射(UV-B,280~320 nm)和长波紫外辐射(UV-A,320~400 nm)。UV-C对生物有强烈影响,但它在平流层中基本上被臭氧分子全部吸收而不能到达地面。UV-A可促进植物生长,一般情况下无杀伤作用,它很少被臭氧吸收。从生态学角度分析,UV-B是非常重要的。臭氧能吸收部分UV-B,其吸收程度随波长不同而异,波长越短,吸收量越大<sup>[4]</sup>。从生物学角度分析认为对地球生物造成直接影响的紫外辐射是UV-B辐射<sup>[5]</sup>。如今,UV-B辐射增强对农业作物造成的影响已成为研究热点。目前已研究了约150种植物,其中近100种为农作物,涉及小麦、水稻、玉米、大豆等,研究内容涉及作物生理生化、生长发育、形态结构、产量构成、品种遗传差异等方面<sup>[6-10]</sup>。我国是农业大国,花生不仅是我国重要的经济和油料作物,还是我国为数不多的具有国际出口竞争力的大宗农产品。我国花生种植面积近 $4.667 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,占世界花生面积的近20%,花生总产达到 $1.4437 \times 10^7 \text{ t}$ ,占世界总产的40%。虽然花生种植面积仅为全国油料作物种植面积的32%,产量却占油料作物总产量的48.9%,成为全国第一大油料作物。有关UV-B辐射胁迫对花生光合作用及其生态系统的研究鲜见报道。开展UV-B辐射增强对花生生长发育及产量品质的影响研究,对于筛选抗紫外辐射的花生品种,以增强花生生产的抗逆能力,进一步完善UV-B辐射增强条件下生态风险评价的内容、指标和体系等方面具有重要的理论和实践意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试花生品种为花生(开农49号),种子由河南省开封市农林科

1 南京信息工程大学 应用气象学院,南京,210044

2 河南大学 环境与规划学院,开封,475004

3 中国气象局/河南省农业气象保障与应用技术重点开放实验室,郑州,450003

学研究院提供.

## 1.2 实验设计

本试验于2012年6月20日—2012年10月26日在郑州农业气象试验站(113°39'E, 34°43'N, 海拔110.40 m)大田内进行. 试验地耕作、施肥后, 将花生进行播种, 播种量为18万穴/hm<sup>2</sup>, 每穴2粒, 大田常规管理. 紫外辐射处理采用可升降式的UV-B灯架, 将UV-B灯管(光谱为280~320 nm)置于作物上方70 cm, 用于模拟UV-B辐射增强. 采用国产紫外辐照计(BNU297, 北京)测定297 nm条件下植株顶部辐射强度. 于2012年6月26日开始播种, 7月5号开始照射. 处理分为对照(CK)、紫外辐射强度增加20%(T1)和紫外辐射强度增加40%(T2). 处理期间不断调整灯管的高度, 以保证植株接受一定剂量的紫外线B辐射强度. 每日辐照时间为8:00—16:00, 共8 h, 阴雨天停止照射, 直到成熟.

## 1.3 测定项目及方法

### 1.3.1 花生产量的测定

待花生成熟收获后, 将每个处理的所有花生全部采摘, 数出每株荚果数, 晒干、称重, 得出理论产量, 再除以总株数, 得出株荚果质量; 再从每个处理挑出2仁饱果100颗, 称重, 得出百果重, 去壳后从中挑选出100粒饱仁, 称重, 得出百仁重(百仁质量, 下同).

### 1.3.2 花生品质的测定

由河南省开封市农业科学研究所提供的花生品质分析仪测得, 检验项目包括: 脂肪、蛋白质、油酸、亚油酸及其比值.

## 2 结果与分析

### 2.1 UV-B辐射增强对花生产量及其构成因素的影响

#### 2.1.1 UV-B辐射增强对花生荚果理论产量的影响

从如图1可以看出, 在UV-B辐射逐渐增强的条件下, 花生开农49号的单位面积理论产量均呈现下降趋势, 对照组(CK)为394 g/m<sup>2</sup>, 处理T1为392.45 g/m<sup>2</sup>, 处理T2为380.88 g/m<sup>2</sup>, 处理组较对照组分别下降了1.55和13.12 g/m<sup>2</sup>, 对照组与处理组差异及UV-B辐射间差异均达到显著水平( $P>0.05$ ). 结果表明, UV-B辐射增强造成花生单位面积理论产量下降, 且随着UV-B辐射强度增强, 降幅随之增大.

#### 2.1.2 UV-B辐射增强对花生株荚果质量的影响

由图2可以看出, 在UV-B辐射增强条件下, 花生单株荚果质量呈下降趋势, 对照组单株荚果质量为15.76 g, 处理T1为15.69 g, 处理T2为15.23 g,

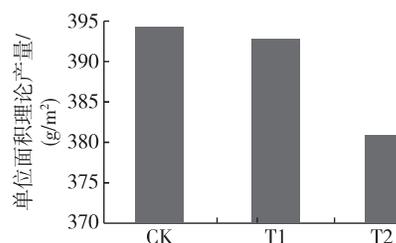


图1 UV-B对花生单位面积理论产量的影响

Fig. 1 Effect of enhanced UV-B radiation on theoretical yield

处理组T1较对照组下降0.07 g/株, 处理T2较对照组下降0.53 g/株, 但均未通过显著性检验( $P>0.05$ ), 表明UV-B辐照强度增大, 对花生单株荚果质量有影响, 但不显著, 且随着UV-B辐射增强, 花生单株荚果质量下降幅度增大.

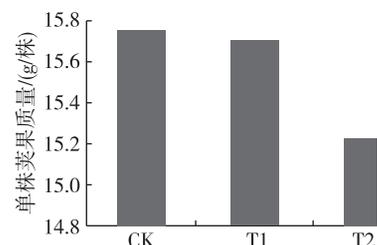


图2 UV-B对花生单株荚果质量的影响

Fig. 2 Effect of enhanced UV-B radiation on pod number

#### 2.1.3 UV-B辐射增强对花生百仁重的影响

图3表明, 在UV-B辐射增强条件下, 不同强度的UV-B辐照水平对花生百仁重的影响是有差异的. 对照组花生百仁重为64.37 g, 处理T1为69.78 g, 处理T2为62.75 g. 由此可见, UV-B辐射增强20%, 花生百仁重较对照组增加5.41 g, 差异达到极显著水平( $P<0.01$ ); UV-B增强40%, 较对照组百仁重减少1.62 g, 差异不显著( $P>0.05$ ). 以上结果表明, 不同的UV-B辐照水平, 对花生百仁重的影响是极显著的( $P<0.01$ ), 且UV-B辐射处理间差异也达到了极显著水平( $P<0.01$ ), 差异值为7.03 g, 因此, 适量UV-B辐射增强, 对花生百仁重有明显促进作用, 而UV-B辐射过大, 则对花生百仁重起到抑制作用.

由此可见2种不同的辐照强度对花生产量影响不同. 特别是UV-B辐射增强20%时, 花生百仁重增加明显, UV-B辐射进一步增强, 就会抑制花生果实大小, 使百仁重减少, 进而使得花生的总生物量的下降. UV-B辐射增强导致作物生物量下降的原因, 主要是和叶片的光合能力有关<sup>[11]</sup>. 因为UV-B会破坏光合系统, 抑制光系统II的反应活性, 使光能转换成

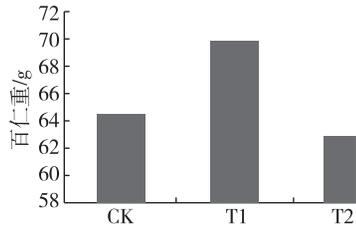


图3 UV-B 对花生百仁重的影响  
Fig. 3 Effect of enhanced UV-B radiation on hundred-grain weight

化学效率下降,导致光合能力的下降,所以就造成了作物的减产。

## 2.2 UV-B 辐射增强对花生品质的影响

### 2.2.1 UV-B 辐射增强对花生脂肪质量分数的影响

用途不同对花生品质要求不同,一般作食用花生制品的,要求蛋白质质量分数高,油酸与亚油酸之质量比大,耐贮存,用于提炼食用油的,要求含油率高,出口花生在色泽、形状大小、油酸与亚油酸比值等方面有更高要求<sup>[12]</sup>。

辐射增强下,花生脂肪质量分数呈现出上升趋势,对照组为 50.43%,处理组 T1 和 T2 分别为 51.02% 和 51.82%,较对照组分别提高了 0.59 和 1.39 个百分点,差异未达到显著水平 ( $P>0.05$ )。试验结果表明,UV-B 辐射增强,对花生脂肪质量分数有促进作用,但促进作用并不明显,且随着辐射强度增大,脂肪质量分数有所提高。

### 2.2.2 UV-B 辐射增强对花生蛋白质质量分数的影响

由表 1 可以看出:UV-B 辐射增强处理后,对花生蛋白质质量分数有影响,且随 UV-B 辐射增强,蛋白质质量分数增加,增幅在 0.56%~0.78% 之间,但增高幅度不明显 ( $P>0.05$ )。试验结果表明,UV-B 辐射增强条件下,花生蛋白质质量分数增大,但增大趋势不明显。

### 2.2.3 UV-B 辐射增强对花生油酸及亚油酸质量分数的影响

由表 1 可以看出,UV-B 辐射增强条件下,花生的

油酸质量分数呈现增加趋势,处理组 T1 油酸质量分数较对照组(CK)上升 0.28 个百分点,处理组 T2 较对照组上升 2.78%,但上升趋势不显著 ( $P>0.05$ )。

与对照组相比,UV-B 辐射增强条件下,亚油酸质量分数却呈现下降趋势,下降趋势不明显 ( $P>0.05$ ),处理组 T1 较对照组(CK)下降 0.12 个百分点,处理组 T2 较对照组(CK)下降 0.90 个百分点。以上分析表明,UV-B 辐射增强,对花生品质有一定的影响,且随着辐射强度增大,降幅增大,进而导致花生品质受到影响,但影响不显著。因此,UV-B 辐射增强,花生油脂稳定性及花生加工制品耐储藏性增强,亚油酸质量分数偏低,使得营养品质下降。综合耐储藏性和营养品质,UV-B 增强对花生耐储藏性提高,营养品质下降。

## 3 讨论

植物形态特征变化和生物量变化可敏感地反映外界环境对植物的影响。研究表明,UV-B 辐射增强对花生的产量和品质均产生影响,尤其是对花生产量构成因素的影响是不同的。UV-B 辐射增强对单位面积理论产量和单株荚果质量影响不明显,对百仁重的影响达到极显著水平 ( $P<0.01$ ),说明 UV-B 辐射增强主要是通过百仁重对花生产量造成影响,且适量的 UV-B 辐射,能够促进花生百仁重的增加,而辐射强度进一步增大时,却抑制花生百仁重的增加。

花生产量决定于 3 个因素:群体光合物质生产能力、产量形成期所生产的光合产物分配到荚果中的比率和产量形成期的长短。试验结果表明,UV-B 辐射增强明显抑制花生生长,在形态上表现为植株矮化,叶面积减少,最终导致花生生物量下降。UV-B 辐射增强造成花生产量下降,其原因与花生叶片的光合能力下降有关。UV-B 辐射影响光合作用的原因很多。UV-B 辐射可以破坏类囊体光系统,尤其是捕光色素系统,导致叶绿体吸收光能减少,光能转换效率下降,致使花生叶片净光合速率下降,光合作用受

表 1 UV-B 辐射增强对花生品质的影响

Table 1 Effect of enhanced UV-B radiation on peanut quality

处理	脂肪质量分数/%	蛋白质质量分数/%	油酸质量分数/%	亚油酸质量分数/%	油酸与亚油酸质量比
CK	50.43±0.23a	21.78±0.58a	43.07±0.47a	36.67±0.34a	1.18±0.019a
T1	51.02±0.17a	22.34±0.48a	43.35±0.88a	36.55±0.07a	1.19±0.024a
T2	51.82±0.48a	22.56±0.27a	45.85±1.63a	35.77±1.08a	1.28±0.068a

注:表 1 中数据为 3 次重复平均值±标准误差;同列中标记相同字母代表处理间差异未达到显著水平 ( $P>0.05$ )。

抑制,减少了物质的合成,最终导致生物量和籽粒产量下降。

本研究对花生品质主要进行了脂肪、蛋白质、油酸、亚油酸的质量分数及油酸与亚油酸的质量比进行了分析,结果发现 UV-B 辐射增强,对花生脂肪、蛋白质、油酸、亚油酸的质量分数均有影响,但差异不大,说明 UV-B 辐射增强,对花生品质的影响不明显,花生品质间的差异,主要来自于种质资源差异。

#### 4 结论

1) UV-B 辐射增强,主要是通过花生百仁重减少使产量下降,单位面积理论产量和株荚果质量有不同程度的下降,但下降趋势不明显。

2) 从试验结果看,UV-B 增加对花生品质有一定影响,但不明显。其中,当 UV-B 辐照强度为 40% 时,可以提高花生的耐储藏性而使营养品质下降,当 UV-B 辐照强度为 20% 时,营养品质最高,但耐储藏性最差。

本试验为花生产量和品质对 UV-B 辐射的响应方面提供了基本的大田数据。有关花生对 UV-B 辐射响应的生理生态指标及对 UV-B 与其他环境因子复合作用的响应还有待进一步研究。

#### 参考文献

##### References

- [ 1 ] Kerr J B, McElroy C T. Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion [ J ]. *Science*, 1993, 262( 5136 ): 1032-1034
- [ 2 ] 郑有飞, 颜景义, 万长建, 等. 未来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 ): 50-54  
ZHENG Youfei, YAN Jingyi, WAN Changjian, et al. Effects of enhanced ultraviolet radiation on crops and its countermeasures [ J ]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 1996, 17( 4 ): 50-54
- [ 3 ] 王传海, 郑有飞, 何都良, 等. 南京地区近地面紫外辐射 UV-B 强度对小麦生长及产量影响的评估 [ J ]. *农业环境科学学报*, 2003, 22( 2 ): 147-149  
WANG Chuanhai, ZHENG Youfei, HE Duliang, et al. Effects of natural ultraviolet radiation at earth's surface on growth and production of wheat [ J ]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2003, 22( 2 ): 147-149
- [ 4 ] 王少彬, 苏维瀚, 魏鼎文. 太阳紫外线的生物有效辐射与大气臭氧含量减少的关系 [ J ]. *环境科学学报*, 1993, 13( 1 ): 114-120  
WANG Shaobin, SU Weihang, WEI Dingwen. Biologically effective radiation of solar ultraviolet radiation and the depletion of ozone layer [ J ]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1993, 13( 1 ): 114-120

- [ 5 ] 武君, 娄运生, 李永秀, 等. UV-B 辐射增强对大麦生理生态的影响 [ J ]. *农业环境科学学报*, 2010, 29( 6 ): 1033-1038  
WU Jun, LOU Yunsheng, LI Yongxiu. Effect of enhanced ultraviolet-B radiation on physiological and ecological parameters in barley [ J ]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29( 6 ): 1033-1038
- [ 6 ] 吴杏春, 林文雄, 黄忠良. UV-B 辐射增强对两种不同抗性水稻叶片光合生理及超显微结构的影响 [ J ]. *生态学报*, 2007, 27( 2 ): 554-564  
WU Xingchun, LIN Wenxiong, HUANG Zhongliang. Influence of enhanced ultraviolet-B radiation on photosynthetic physiologies and ultrastructure of leaves in two different resistivity rice cultivars [ J ]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27( 2 ): 554-564
- [ 7 ] Mohammed A R, Tarpley L. Morphological and physiological responses of nine southern U.S. rice cultivars differing in their tolerance to enhanced ultraviolet-B radiation [ J ]. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, 70( 2/3 ): 174-184
- [ 8 ] 李雪梅, 张利红, 马莲菊, 等. 不同 UV-C 辐射时间对豌豆幼苗光合特性及抗氧化酶活性的影响 [ J ]. *生态与农村环境学报*, 2006, 22( 1 ): 34-37  
LI Xuemei, ZHANG Lihong, MA Lianju, et al. Effects of duration of UV-C radiation on photosynthetic characteristics and activity of antioxidant enzyme in pea seedlings [ J ]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2006, 22( 1 ): 34-37
- [ 9 ] Xu K, Qiu B S. Response of superhigh-yield hybrid rice Liangyoupeijiu to enhancement of ultraviolet-B radiation [ J ]. *Plant Science*, 2007, 172( 1 ): 139-149
- [ 10 ] 刘兵, 王程, 金剑, 等. UV-B 辐射增强对大豆等植物生理生态特性的影响 [ J ]. *大豆科学*, 2009, 28( 6 ): 1097-1100  
LIU Bing, WANG Cheng, JIN Jian, et al. Responses of soybean and other plants to enhanced UV-B radiation [ J ]. *Soybean Science*, 2009, 28( 6 ): 1097-1100
- [ 11 ] 唐莉娜, 林文雄, 吴杏春, 等. UV-B 辐射增强对水稻生长发育及其产量形成的影响 [ J ]. *应用生态学*, 2002, 13( 10 ): 1278-1282  
TANG Lina, LIN Wenxiong, WU Xingchun, et al. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation on growth development and yield formation in rice (*Oryza sativa* L.) [ J ]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13( 10 ): 1278-1282
- [ 12 ] 于振文. 作物栽培学各论 [ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 327-329  
YU Wenzhen. *Crop cultivation monograph* [ M ]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 327-329
- [ 13 ] 侯扶江, 贲桂英, 颜景义, 等. 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, 22( 3 ): 256-261  
HOU Fujiang, BEN Guiying, YAN Jingyi, et al. Effects of supplemental ultraviolet (UV) radiation on the growth and photosynthesis of soybean growing in the field [ J ]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22( 3 ): 256-261
- [ 14 ] Takeuchi Y, Kubo H, Kasahara H, et al. Adaptive alterations in the activities of scavengers of active oxygen in cu-

- cumber cotyledons irradiated with UV-B [ J ]. Journal of Plant Physiology, 1996, 147(5) :589-592
- [ 15 ] 郑有飞, 颜景义, 万长建. 紫外辐射增加对农作物的影响及对策 [ J ]. 中国农业气象, 1996, 17(4) :50-53

ZHENG Youfei, YAN Jingyi, WAN Changjian. Effects of enhanced ultraviolet radiation on crops and its counter-measures [ J ]. Agricultural Meteorology, 1996, 17 ( 4 ) : 50-53

## Effect of enhanced UV-B radiation on the quality and yield of summer sowing peanut in Henan Province

HAN Yan<sup>1,2</sup> LOU Yunsheng<sup>1</sup> LI Meng<sup>1</sup> HU Chengda<sup>3</sup> LIU Ronghua<sup>3</sup>

1 School of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004

3 Key Laboratory of Agrometeorological Safeguard and Applied Technique, CMA, Zhengzhou 450003

**Abstract** The influence of enhanced surface ultraviolet-B (UV-B) radiation on yield and quality of peanuts (Kainong 49) were simulated under cropland conditions. Three UV-B radiation treatments, namely control group, enhanced by 20% and enhanced by 40%, were set up based on UV-B level in sunlight. The result showed that UV-B radiation enhancement can reduce the peanut yield significantly, which was due to the reduction of pod number as well as hundred-grain weight. The influence of UV-B radiation enhancement on peanut quality was not significant in this study. When UV-B radiation was enhanced by 20%, fat content and protein content of the peanut were 51.02%, 22.34%, respectively, and ratio of oleic acid to linoleic acid was 1.19, which was improved by 0.02 compared with the control group. When UV-B radiation was enhanced by 40%, fat content was 51.82%, protein content was 22.56%, and ratio of oleic acid to linoleic acid was 1.28, which was improved by 0.11 compared with the control group. The research result suggested that the enhanced UV-B radiation was not enough to have obvious impact on the peanut quality, which might be related to the UV-B radiation level, experiment design or peanut variety.

**Key words** UV-B radiation; peanut; yield; quality