

# UV-B 辐射增加对燕麦产量及其构成因素影响研究

王生耀<sup>1,2</sup>, 王 堃<sup>1\*</sup>, 赵永来<sup>2</sup>, 辛有俊<sup>2</sup>

- 1. 中国农业大学动科院草地研究所, 北京 100094
- 2. 青海省草原总站, 青海 西宁 810008

**摘要** 在大田条件下通过采用人工 UV-B 灯管模拟来增加太阳光辐射量 5% 和 10% 对燕麦品种-巴燕 4 号的有关性状的影响进行了研究。结果表明, UV-B 辐射增加能显著降低燕麦种子产量, 产量下降的主要原因是每穗粒数和单位面积穗数下降, 粒重的变化未达到显著水平。比较燕麦同一花位的粒重, UV-B 辐射增加导致燕麦粒重显著下降, 同时导致粒重较低的高花位籽粒数减少。青藏高原上来自太阳紫外辐射量的增加可能会影响燕麦的繁殖能力。

**关键词** UV-B 辐射; 燕麦; 花位; 粒重

**中图分类号:** O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2009)08-2236-04

## 引言

近年研究证实青藏高原上空出现“臭氧低谷”区域, 对太阳短波辐射的吸收将减小, 从而会导致较多的辐射到达地表, 致使 UV-B 辐射增加成为全球第二强地区<sup>[1-9]</sup>。但在青藏高原大田条件下, 进行饲草辐射处理试验的文献至今还没有发现。本试验在大田栽培条件下, 研究了 UV-B 增加对燕麦产量、产量结构及粒重的影响, 并分析了 UV-B 增加对燕麦不同小穗、不同花位籽粒个数和粒重的影响, 为进一步分析 UV-B 增加对燕麦产量及其构成因素的影响, 以便为减少 UV-B 增加对燕麦产量影响的研究提供依据。

## 1 实验方法

试验于 2007 年 7~8 月在同德牧草良种繁殖场(青藏高

原东北部)试验田和实验室内进行。供试材料燕麦品种为巴燕 4 号。试验设两个紫外辐射水平处理: 分别为在自然紫外光强基础上人工增加 UV-B 辐射强度为  $0.50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  (T1) 和  $1.00 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  (T2), 增加的 UV-B 强度分别相当于青藏高原地区 6—7 月份 UV-B 辐射量的 5%、10%。在整个燕麦生育期内每天增加紫外辐射光照 8 h(8:00-16:00)。人工增加 UV-B 辐射处理是用可移动的 UV-B 紫外灯管(发射光谱波长范围在 280~400 nm)分别架在离燕麦植株顶上 0.5 和 1 m 处, 照射强度通过 UV-B 紫外线测定仪(北京师范大学仪器厂生产)进行校正。随着植株长高每星期对灯管进行调整。试验处理设对照 CK, 采用自然紫外光强。各组重复 3 次。

收获种子: 收获后烘干, 粒重大于 4 mg 作为有效粒统计。燕麦籽粒的粒位用小穗位及花位表示, 因为对照与处理的结实小穗数不同, 本文中穗位以每穗中结实小穗的中部穗位为 0, 向上穗位递增, 向下穗位递减; 花位根据每小穗中不同结实籽粒分别由下向上顺序编号。麦穗在  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , 36 h

**Table 1** Effects of enhanced UV-B irradiation on grain yield and yield components of oat

项目	粒重( $\text{mg} \cdot \text{粒}^{-1}$ )	穗粒数	穗数/(穗 $\cdot \text{m}^{-2}$ )	种子产量/( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )
对照组 ck	34.15±4.51	45.22±5.72	390.72±10.34	603.10
处理组 1 treated 1 T1/CK(%)	35.54±3.12 (104.12)	29.31±4.23** (64.30)	366.31±7.15* (93.25)	381.52** (63.25)
处理组 2 treated 2 T2/CK(%)	34.19±3.16 (100.01)	22.04±4.08** (48.74)	342.22±6.19* (87.60)	257.78** (42.74)

注: \* 和 \*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著

收稿日期: 2007-10-08, 修订日期: 2008-01-12

基金项目: 国家“973”项目(2007CB106805)资助

作者简介: 王生耀, 1970 年生, 中国农业大学动科院草地研究所博士研究生 e-mail: wangshyao8@163.com

\* 通讯联系人 e-mail: wangkun@cau.edu.cn

Table 2 Effect of enhanced UV-B irradiation on seed weight of different location in the ear of oat

花位	ck	处理 1	下降幅度/%	处理 2	下降幅度/%
1	34.32±3.31	33.03±2.35	3.75	32.19±3.01*	6.49
2	32.26±2.02	29.88±2.02*	7.37	28.10±2.91**	12.89
3	27.41±4.94	21.08±2.71**	14.51	18.12±3.24**	33.98
4	20.23±3.82	16.00±3.24**	20.10	10.54±2.11**	48.99

注：\* 和 \*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著

烘干至恒重，逐穗逐粒剥取，按麦穗不同穗位和不同花位分别逐粒测定粒重，用精度为 0.1 mg 的电子天平测定粒重，每处理重复 10 次。试验数据用 SPSS 12.0 软件进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 UV-B 增加对燕麦产量及其构成因素的影响

在本试验条件下，在 UV-B 辐射分别增加 5% 和 10% 能使燕麦种子产量显著降低，由  $603 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  分别下降到  $381.52$  和  $257.78 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ，下降率分别为 36.75% 和 57.26% (表 1)；UV-B 增加对燕麦产量构成因素的影响程度为穗粒数 > 单位面积穗数 > 粒重，UV-B 辐射分别增加 5% 和 10% 的条件下，燕麦的穗粒数分别下降 35.70% 和 51.26%；而穗数由原来的  $390.72 \text{ 穗} \cdot \text{m}^{-2}$  下降到  $366.31$  和  $342.22 \text{ 穗} \cdot \text{m}^{-2}$ ；而粒重的变化不明显。由此说明 UV-B 增加后穗粒数和穗数的下降是燕麦产量降低的主要原因。

从籽粒分布看，对照与处理的粒重均表现为接近正态分布，但 UV-B 增加导致粒重范围在 20~40 mg 的籽粒数占总粒数的百分率增加，而粒重很低的籽粒 (<20 mg) 和粒重很大的籽粒 (>45 mg) 的籽粒数占总粒数的百分率显著下降，分别为 3.8% 和 4.0% (图 1)。由此表明，UV-B 增加虽然对

燕麦粒重无显著影响，但改变了燕麦不同粒重籽粒个数的分布。

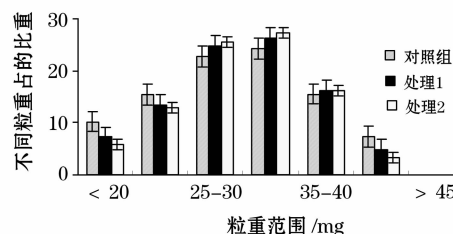


Fig. 1 Effect of enhanced UV-B irradiation on the grain number distribution of different weight range of wheat grain

### 2.2 UV-B 增加对燕麦不同小穗位、花位籽粒粒重的影响

通过对不同小穗位、花位比较，发现不同 UV-B 辐射量照射下，燕麦粒重分布规律是一致的，即穗位中、下部花位籽粒较重，并且处在低花位 (1, 2 位) 的粒重大于高花位 (3, 4 位) 的粒重。其中，T1 处理下第 1, 2 花位粒重与 CK 的值差异不显著；但在 T2 处理中第 1, 2 花位粒重差异显著，第 3, 4 花位的粒重在 T1 和 T2 下均表现差异显著 (表 2)。因此，同一花位相比，UV-B 增加降低了绝大部分小穗位籽粒的粒重 (图 2)。

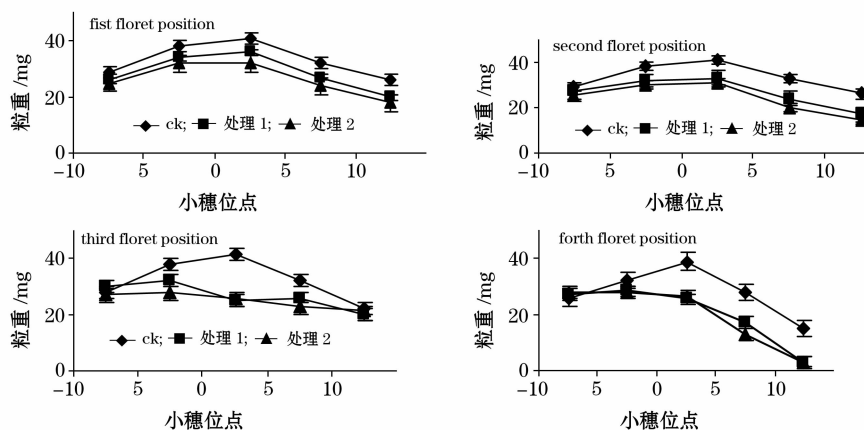


Fig. 2 Effect of enhanced UV-B irradiation on oat seed weight of different spikelets and floret position

虽然同一花位相比，UV-B 增加显著降低了燕麦粒重，但对燕麦平均粒重的影响未达到显著水平 (表 1)，这是因为平均粒重是每穗不同花位籽粒粒重的平均值，即粒重不仅与不同花位籽粒的粒重相关，还与不同花位籽粒占总粒数的百分率相关。表 3 显示，UV-B 的增加减少了每穗第 3、第 4 花位籽粒个数，与对照相比，差异达到了极显著水平。而第 3、

第 4 花位 (高位花) 的籽粒粒重显著小于第 1、第 2 花位 (低位花)，UV-B 的增加使同一花位籽粒粒重下降，导致平均粒重下降，但同时粒重较轻的高位花籽粒相对个数减少，粒重较重的低位花籽粒相对个数增加，又使得平均粒重增加，两种影响有相互抵消的作用，所以，UV-B 增加对作为不同粒重的籽粒个数与粒重的加权平均数即最终平均粒重的影响未达

**Table 3** Effect of enhanced UV-B irradiation on the number of grains at the counterpart position in the ear

花位	ck	处理 1	下降幅度/%	处理 2	下降幅度/%
1	17.14±2.1	17.20±1.9	0.35	15.83±2.11	7.64
2	15.06±1.1	13.90±1.8	7.71	12.42±2.32	17.52
3	10.12±2.3	6.12±3.0	39.52	4.14±1.71	59.09
4	4.50±3.0	2.06±2.5	54.22	1.65±2.50	63.33

注：下降幅度： $(T-CK)/CK \times 100\%$

到显著水平。同时，随着辐射剂量的加大，对同花位种子个数的影响也明显加强。

### 3 讨论与结论

UV-B 辐射增加能导致燕麦种子产量显著下降。燕麦产量的下降主要是穗粒数和单位面积穗数的下降造成的，粒重的变化对产量的影响很小。结果与王传海等<sup>[10, 11]</sup>在小麦和张荣刚<sup>[12]</sup>在玉米上的试验结果相同。Van 等<sup>[13]</sup>研究表明，UV-B 增加能显著抑制植物的光合电子传导作用，同时也减少叶绿素 a 的含量，细胞膜和蛋白质的损害<sup>[14, 15]</sup>，另外 UV-B 增加穗茎节间大维管束的减少，茎节间缩短，叶面积指数

下降，降低燕麦光合合成效率和物质传导能力，导致燕麦营养生长期处于弱势，穗部发育发生变化的一个重要原因<sup>[16-20]</sup>。王传海<sup>[10]</sup>认为在植物生育期进行 UV-B 辐射的处理会导致植物灌浆期缩短，产量受损。

从试验结果看，UV-B 增加对燕麦不同花位的粒重有显著或极显著的影响，而且高花位的籽粒个数受影响较大。因此，在抗 UV-B 胁迫燕麦品种的育种工作中，应筛选穗粒数多，且每穗小穗数多，而高位粒数较少的燕麦品种可能有利于减少 UV-B 增加对燕麦粒数及产量的影响。在栽培措施上，加强燕麦幼穗伸长期，即决定在孕穗阶段的燕麦田间管理，也有可能减少 UV-B 增加对燕麦产量的影响。

### 参 考 文 献

- [1] GUO Song, ZHOU Xiu-yi(郭松, 周秀骥). Chinese Science Bulletin(科学通报), 1994, 39(1): 17.
- [2] ZHOU Xiu-yi, LUO Chao, LI Wei-qi(周秀骥, 罗超, 李维奇). Chinese Science Bulletin(科学通报), 1995, 40(15): 1396.
- [3] WANG Chuan-hai, ZHENG You-fei, WAN Chang-jian(王传海, 郑有飞, 万长建). Agricultural Environment Conservation(农业环境保护), 2000, 19(4): 221.
- [4] LI Yuan, WANG Xun-ling(李元, 王勋陵). Academic of Environment Science(环境科学学报), 1998, 18(5): 44.
- [5] WANG Chuan-hai, YAN Pei-jun(王传海, 严培君). Chinese Agricultural Science Bulletin(中国农学通报), 2004, 20(3): 80.
- [6] YAN Bin, DAI Qiu-jie(晏斌, 戴秋杰). Academic of Plant Physiology(植物生理学报), 1996, 22(4): 35.
- [7] LI Shao-shan(李韶山). Academic of Laser Biology(激光生物学报), 2000, 9(1): 61.
- [8] Caldwell M M, Flint S D. Climatic Change, 1994, 28(4): 375.
- [9] LIU Yu, LI Wei-liang(刘煜, 李维亮). Acta Meteorologica Sinica(气象学报), 2001, 59(1): 23.
- [10] WANG Chuan-hai, ZHENG You-fei, HE Yu-hong(王传海, 郑有飞, 何雨红). Journal of Nanjing Institute of Meteorology(南京气象学院学报), 2000, 23(2): 12.
- [11] WANG Chuan-hai, ZHENG You-fei, HE Du-liang(王传海, 郑有飞, 何都良). Journal of Agro-Environment Science(农业环境科学学报), 2003, 22(2): 147.
- [12] ZHANG Rong-gang, HE Yu-hong, ZHENG You-fei(张荣刚, 何雨红, 郑有飞). Chinese J. of Agrmeteorology(中国农业气象), 2003, 24(2): 24.
- [13] Van T K. Crop Science, 1976, 16: 715.
- [14] LI Yuan, WANG Xun-ling(李元, 王勋陵). Academic of Environment Science(环境科学学报), 1998, 18(5): 504.
- [15] LU Feng, XIAO Jie, LIN Pei-ying, et al(陆峰, 肖杰, 林培英, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱与光谱分析), 2004, 24(1): 82.
- [16] LI Yuan, HE Yong-mei, ZU Yan-qun(李元, 何永美, 祖艳群). Chinese Journal of Applied Ecology(应用生态学报), 2006, 17(1): 123.
- [17] ZHAO Ping, ZENG Xiao-ping, SONG Gu-chou(赵平, 曾小平, 孙谷畴). J. Appl. Environ. Biol.(应用与环境生态学报), 2004, 10(1): 122.
- [18] Zu Y Q, Li Y, Chen H Y. Environmental and Experimental Botany, 2004, 50: 87.
- [19] Searles P S, Flint S D, Diaz S B, et al. J. Ecology, 2002, 90(2): 704.
- [20] REN Wei-bo, HAN Jian-guo, ZHANG Yun-wei, et al(任卫波, 韩建国, 张蕴徽, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱与光谱分析), 2008, 28(2): 303.

# Effect of Strengthening Solar Ultraviolet B Band Irradiation on Oat (*Avena Sativa* L. )Yield and Its Components in Qing Tibetan Plateau

WANG Sheng-yao<sup>1,2</sup>, WANG Kun<sup>1\*</sup>, ZHAO Yong-lai<sup>2</sup>, XIN You-jun<sup>2</sup>

1. The Institute of Grassland Research of Animal Scientific College of China Agricultural University, Beijing 100094, China

2. The General Station of Grassland of Qinghai Province, Xining 810008, China

**Abstract** Stratospheric ozone depletion occurs mainly over polar regions during the spring when the solar Ultraviolet B-band (280-315 nm, UV-B) radiation is most intense in a year, but over the Qing Tibetan Plateau region, the highest intensity is from June to September when the amount of UV-B radiation reaching the regions is more than that in the adjacent areas lying in the same latitude by 10%. From June to September is just the time of plant's germination, development, and reproduction in the alpine region. UV-B radiation may alter the reproduction of the forage plant, oat (*Avena sativa*.), which plays the vital role in developing indigenous herdsman's animal husbandry industry. The responses of oat yield and its components to the enhanced ultraviolet B band irradiation under the field condition were surveyed. The effect shows that the grain yield is decreased significantly by strengthened UV-B irradiation, and at the same time the main consequence is the decrease in both the number of ears per square meter and the number of grains per ear, but the weight of 1 000 grains appears not significantly different. Compared with the same respective location in a spikelet, the grain weight is decreased significantly under the treated condition, mostly because of the decreases in the number of the third and fourth floret grain and the grain weight at those respective positions, and the percentage of the first and second floret grain and their weight are evidently approved on the contrary.

**Keywords** Enhanced UV-B irradiation; Oat(*Avena sativa* L.); Grain location; Grain weight

(Received Oct. 8, 2007; accepted Jan. 12, 2008)

\* Corresponding author