

张令瑄, 谢婷婷, 王 瑾, 等. 大田条件下 UV-B 辐射增强对大豆根际土壤相关指标的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(1): 118-122.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.01.018

## 大田条件下 UV-B 辐射增强对大豆根际土壤相关指标的影响

张令瑄<sup>1</sup>, 谢婷婷<sup>1</sup>, 王 瑾<sup>2</sup>, 张文会<sup>1</sup>, 吕志伟<sup>1</sup>

(1. 聊城大学生命科学学院, 山东 聊城 252059; 2. 聊城大学建筑工程学院, 山东 聊城 252059)

**摘要:** 为了研究 UV-B 辐射增强对田间大豆根际土壤相关指标的影响, 在大田条件下, 通过模拟 UV-B 辐射增强, 对大豆根际土壤微生物数量、根际土壤有机质含量、总氮含量以及根际土壤脲酶和转化酶活性进行测定。结果表明, 在分枝期、花期及鼓粒期, UV-B 辐射增强使脲酶的活性分别下降 17.9%、1.7% 和 5.7%; 转化酶的活性分别下降 23.5%、6.1% 和 13.2%; 细菌的数量显著降低 40.1%、38.2% 和 26.1%; 好氧固氮菌的数量显著降低 72.2%、33.3% 和 35.7%。放线菌的数量只在分枝期和花期显著降低 36.3% 和 50.0%, 真菌的数量只在分枝期显著降低; UV-B 辐射增强对土壤有机质、总氮含量没有显著影响。说明 UV-B 辐射增强可对大豆根际微生物的数量及土壤酶的活性产生比较明显的抑制作用。

**关键词:** UV-B; 大豆; 根际微生物; 土壤酶;

**中图分类号:** S154 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)01-0118-05

## Soybean rhizosphere soil parameters in response to enhanced UV-B radiation under field condition

ZHANG Ling-xuan<sup>1</sup>, XIE Ting-ting<sup>1</sup>, WANG Jin<sup>2</sup>, ZHANG Wen-hui<sup>1</sup>, LÜ Zhi-wei<sup>1</sup>

(1. School of Life Sciences, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China; 2. School of Architecture & Civil Engineering, Liaocheng University, Liaocheng 252059, China)

**Abstract:** Soybean variety Xihuang 27 was exposed to enhanced UV-B radiation, under field condition, and rhizosphere soil parameters including soil microorganisms, content of organic matter, total nitrogen, activities of soil urease and invertase were measured during soybean development. At branching period, flowering period and seed-filling period, enhanced UV-B radiation significantly inhibited the activities of soil urease by 17.9%, 11.7% and 5.7%, respectively and invertase by 23.5%, 6.1% and 13.2%, respectively. The amount of bacteria was decreased by 40.1%, 38.2% and 26.1%, respectively and the amount of aerobic azotobacter dropped by 72.2%, 33.3% and 35.7%, respectively. The amount of actinomycete was decreased by 36.3% and 50.0% only at branching and flowering whereas the amount of fungi

was significantly decreased by 59.0% only at branching. No significant inhibition was found on the content of organic matter and total nitrogen. In conclusion, enhanced UV-B radiation could reduce the amounts of rhizosphere soil microorganisms and soil enzyme activities.

**Key words:** UV-B; soybeans; soil microorganisms; soil enzyme

收稿日期: 2015-04-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(31200387); 山东省自然科学基金项目(2009ZRB01762)

作者简介: 张令瑄(1988-), 女, 山东聊城人, 硕士研究生, 研究方向为植物分子生态学。(E-mail) zhanglingxuan2009@163.com。  
谢婷婷为共同第一作者。

通讯作者: 吕志伟, (Tel) 0635-8230714; (E-mail) laolv327@126.com

20 世纪以来,臭氧层的变薄使到达地表的 UV-B(中波紫外线,Ultraviolet-b)辐射增强,UV-B 辐射的持续增强(逆境)以及由此带来的一系列的气候变化,对生物生长产生了重要影响<sup>[1-2]</sup>。大豆作为重要的经济作物,研究其对 UV-B 辐射增强的响应具有重要的理论及现实意义。

环境胁迫对植物的影响是复杂的,除了直接影响植物体之外,对地下部根际环境也可能产生影响。根际微生物是指受植物根系直接影响的根际内生长繁殖的微生物,与非根际微生物相比有显著差异。根际微生物一方面能促进植物的生长和植物对土壤养分的吸收利用,另一方面也受植物根系的影响。外部环境的变化势必影响植株的生理性状,通过根系分泌物的量和成分的改变进而作用于根际微生物,影响其数量与群体多样性<sup>[3-4]</sup>。因此,对根际微生物数量和多样性的相关研究,有助于更好地了解植株地上部对外界环境变化所产生的响应机制。

目前,UV-B 辐射增强对大豆地下部影响方面的研究极少<sup>[4]</sup>。在前期工作中,本课题组在人工气候室内,研究了 UV-B 辐射增强对大豆根际微生物数量及土壤酶活性的影响。结果表明,UV-B 辐射增强处理降低了细菌和放线菌的数量,对真菌的数量没有显著影响;UV-B 辐射增强对土壤酶活性存在一定的抑制作用。但是,大豆在室内的生长状态与在田间有明显不同<sup>[4-5]</sup>,在研究因臭氧层被破坏导致的 UV-B 辐射增强对大豆的影响时,采用田间试验是一种更加客观真实的方法。

因此,本课题选择在中国北方聊城地区,利用大田试验,研究了 UV-B 辐射增强对大豆根际土壤微生物数量、根际土壤有机质、总氮含量以及土壤酶活性影响,为进一步阐明 UV-B 辐射增强对植株地上部以及根部的影响机制提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

大豆品种齐黄 27,由聊城大学植物生理实验室提供。

### 1.2 试验设计

试验于 2013 年 5 月初开始在聊城大学校内试验田内进行。采用大田行播,小区种植模式。行距 0.4 m,株距为 0.2 m,常规管理,但不施加肥料。待长出第 1 对真叶后间苗,同时进行 UV-B 辐射增强

处理。

UV-B 灯管选自北京电光源研究所,将灯管悬挂在植株上方,灯管周围(距灯管约 5~8 cm)用双醋酸纤维素膜包裹,以除去 290 nm 以下的短波光。由于双醋酸纤维素膜会老化,使透光性减弱,每 2 周更换 1 次。对照(CK)只悬挂灯座不照射 UV-B,大豆叶片只接受自然光照;处理组 UV-B 灯每天照射 5 h,调节灯管高度,使大豆叶片额外受到灯管的 UV-B 照射强度为  $15 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (即相当于在太阳 UV-B 辐射基础上再增加  $15 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  额外辐射)<sup>[5-6]</sup>。用北京师范大学生产的 UVB/UVC 双通道紫外辐照计测定。CK 和 UV-B 辐射增强处理各设 3 个重复小区。

### 1.3 测定方法

播种后分别于大豆的分枝期、花期及鼓粒期取根际土样进行测定。

**1.3.1 土壤酶活性的测定** 脲酶活性的测定采用靛酚比色法,酶活性单位(U)定义为每 1 d 生成  $1 \text{ mg NH}_4^+-\text{N}$  为 1 个酶活性单位。转化酶(蔗糖酶)活性的测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法,酶活性单位(U)定义为 1 d 生成  $1 \text{ mg}$  葡萄糖为 1 个酶活性单位<sup>[7]</sup>。

**1.3.2 土壤有机质和总氮的影响** 土壤有机质含量的测定采用重铬酸钾氧化法,土壤总氮含量的测定采用凯氏定氮法<sup>[7]</sup>。

**1.3.3 根际微生物数量的测定** 根际细菌、真菌和放线菌的数量参照肖玲等<sup>[8]</sup>的方法进行测定。细菌、放线菌和真菌的数量分析采用稀释平板表面涂沫法,培养基分别为牛肉膏蛋白胨培养基、改良高氏一号培养基和查氏培养基。好氧固氮菌的测定按照许光辉等<sup>[7]</sup>的方法进行,采用的培养基为改良瓦克斯曼(Waksman)77 号培养基。结果计算公式为:每克干土中菌数=(菌落平均数×稀释倍数)/干土质量(g)。

### 1.4 数据分析

每个样品均重复测定 5 次,采用 SPSS 13.0 进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 UV-B 辐射增强处理对根际土壤脲酶和转化酶活性的影响

本试验对 UV-B 辐射增强处理下田间大豆根际

土壤中的脲酶和转化酶活性进行了检测,结果如表 1 所示。在大豆不同的生育期,脲酶和转化酶的活性并不一致,基本呈现先下降后升高的变化趋势,花期脲酶和转化酶活性均较低。与对照相比,在 UV-B 辐射增强处理下,3 个时期的脲酶和转化酶活性均

显著下降( $P<0.05$ ),其中,脲酶在分枝期、花期及鼓粒期的活性分别比对照下降 17.9%, 11.7% 和 5.7%;转化酶的活性分别比对照下降 23.4%, 6.1% 和 13.5%。

表 1 UV-B 辐射增强处理对田间大豆根际土壤脲酶和转化酶活性的影响

Table 1 Effects of enhanced UV-B on the activities of soybean rhizosphere soil urease and invertase under field condition

生育期	脲酶活性(U/g,干土)		转化酶活性(U/g,干土)	
	对照(CK)	UV-B	对照(CK)	UV-B
分枝期	2.500±0.074	2.052±0.058 *	18.8±0.1	14.4±0.9 *
花期	2.061±0.098	1.819±0.090 *	14.7±0.1	13.8±0.0 *
鼓粒期	2.234±0.002	2.106±0.055 *	20.0±0.1	17.3±1.2 *

\* 表示 UV-B 辐射增强处理和对照差异达 0.05 显著水平。

## 2.2 UV-B 辐射增强处理对根际土壤有机质和总氮含量的影响

UV-B 辐射增强处理下,田间大豆根际土壤中

的有机质含量和总氮含量与对照相比,均没有显著变化。但是,对照组及 UV-B 辐射增强处理组的有机质含量随着大豆的生长而呈现升高趋势(表 2)。

表 2 UV-B 辐射增强处理对田间大豆根际土壤有机质和总氮的影响

Table 2 Effects of enhanced UV-B on organic matter and total nitrogen in the soybean rhizosphere soil under field condition

生育期	有机质(g/kg)		总氮(g/kg)	
	CK	UV-B	CK	UV-B
分枝期	19.3±1.9b	20.1±2.0b	1.15±0.11a	1.07±0.12a
花期	20.2±0.9b	21.3±0.6b	1.17±0.20a	1.05±0.13a
鼓粒期	25.2±2.3a	24.2±1.3a	1.16±0.14a	1.10±0.09a

同一列数据后不同小写字母表示不同生育期差异达 0.05 显著水平。

## 2.3 UV-B 辐射增强处理对根际微生物数量的影响

影响根系代谢、根系活性及根系生物量的地上部生态因子一般会直接或间接地影响根际微生物数量。试验检测发现,UV-B 辐射增强处理对大豆根际细菌、真菌、放线菌和好氧固氮菌的数量有不同影响(表 3)。由表 3 可知,在不同的生育期,大豆根际细菌的数量变化整体呈现先下降再升高的趋势,花期时数量较低。UV-B 辐射增强处理下,根际细菌数量在分枝期、花期、鼓粒期分别比 CK 显著降低 40.1%、38.2% 和 26.1% ( $P<0.05$ )。大豆根际土壤中真菌的数量较低( $10^3 \sim 10^4$  CFU/g,干土),其不同生育期的变化趋势与细菌类似,也是花期时数量较低。与对照相比,UV-B 辐射增强处理下根际真菌数量在分枝期显著降低了 59.0%,花期和鼓粒期则无显著变化( $P<0.05$ )。

大豆根际土壤中放线菌的数量比细菌低(表 4),但高于真菌( $10^5 \sim 10^6$  CFU/g,干土),其不同生育期的变化趋势同样是花期时数量较低。在 UV-B 辐射增强处理下,与对照相比,根际放线菌数量在分枝期比 CK 显著降低了 36.3%,花期显著降低 50.0%,鼓粒期无显著降低( $P>0.05$ )。豆科作物和根瘤菌具有共生结瘤固氮特性,大豆根际土壤中好氧固氮菌的数量随着大豆的生长发育呈显著增加的趋势。在 UV-B 辐射增强处理下,与对照相比,根际好氧固氮菌数量在分枝期显著降低了 72.2%,花期显著降低 33.3%,在鼓粒期显著降低 35.7% ( $P<0.05$ )。

以上结果表明,UV-B 辐射增强对大豆根际细菌、放线菌、真菌和好氧固氮菌生长均有不同程度抑制作用,在分枝期的影响均比较显著。

表 3 UV-B 辐射增强处理对田间大豆根际土壤细菌和真菌数量的影响

Table 3 Effects of enhanced UV-B on the amounts of bacteria and fungi in the soybean rhizosphere soil under field condition

生育期	细菌 ( $\times 10^7$ CFU/g, 干土)		真菌 ( $\times 10^4$ CFU/g, 干土)	
	CK	UV-B	CK	UV-B
分枝期	5.54 $\pm$ 0.52	3.32 $\pm$ 1.07 *	3.32 $\pm$ 0.35	1.36 $\pm$ 0.43 *
花期	3.22 $\pm$ 0.15	1.99 $\pm$ 0.22 *	0.20 $\pm$ 0.06	0.21 $\pm$ 0.02
鼓粒期	6.02 $\pm$ 0.22	4.45 $\pm$ 1.01 *	0.93 $\pm$ 0.13	0.87 $\pm$ 0.06

\* 表示 UV-B 辐射增强处理和对对照差异达 0.05 显著水平。

表 4 UV-B 辐射增强处理对田间大豆根际土壤放线菌和固氮菌数量的影响

Table 4 Effects of enhanced UV-B on the amounts of azotobacter and actinomycete in the soybean rhizosphere soil under field condition

生育期	放线菌 ( $\times 10^6$ CFU/g, 干土)		好氧固氮菌 ( $\times 10^6$ CFU/g, 干土)	
	CK	UV-B	CK	UV-B
分枝期	1.46 $\pm$ 0.06	0.93 $\pm$ 0.12 *	0.97 $\pm$ 0.04	0.27 $\pm$ 0.04 *
花期	0.42 $\pm$ 0.05	0.21 $\pm$ 0.04 *	1.38 $\pm$ 0.01	0.92 $\pm$ 0.04 *
鼓粒期	1.00 $\pm$ 0.21	0.76 $\pm$ 0.13	2.58 $\pm$ 0.58	1.66 $\pm$ 0.25 *

\* 表示 UV-B 辐射增强处理和对对照差异达 0.05 显著水平。

### 3 讨论

UV-B 辐射能抑制大豆的株高和地上部生物量,也对大豆的根系生物量产生抑制作用<sup>[4,9]</sup>,进而可能对根系分泌物产生影响,使根际土壤酶活性产生不同程度的降低<sup>[4-5]</sup>。本试验结果证实了 UV-B 辐射增强处理使脲酶和转化酶活性在分枝期、花期及鼓粒期分别显著下降,这种下降趋势与课题组之前在室内试验获得的结果一致<sup>[5]</sup>。

由于 UV-B 辐射对土壤的穿透能力很弱,根际微生物不能直接接受 UV-B 辐射,因此,根系微生物对 UV-B 辐射的响应是间接的<sup>[10-13]</sup>。本课题组之前在室内试验的结果证实,UV-B 辐射增强抑制了根际细菌和放线菌的数量,但对真菌的抑制作用不明显<sup>[4]</sup>。本研究在大田条件下得到的试验结果与室内试验结果类似,UV-B 辐射增强同样使大豆根际微生物(细菌、真菌、放线菌和好氧固氮菌)数量受到比较显著影响。这种抑制可能是由于在 UV-B 辐射增强的情况下,植物体内黄酮、丹宁、木质素等次生代谢物的含量增加,使微生物种群的数量和多样性受到显著影响<sup>[14-15]</sup>。相关报道指出 UV-B 辐射增强能显著降低根际细菌总数以及放线菌和真菌数量<sup>[3]</sup>,同时还对好氧性自生固氮菌产生显著的影响<sup>[16]</sup>。如 UV-B 辐射增强能影响割手密无性系土壤微生物种群的数量和多样性<sup>[17]</sup>。UV-B 辐射增强

也显著影响了糖槭(*Acer saccharum*)根际土壤中的真菌、细菌等微生物的活性<sup>[18]</sup>。另外,植物生物量、产量的降低所导致的土壤中营养成分的变化也会对根际微生物的种类和数量产生影响<sup>[19]</sup>。

值得注意的是在此次田间试验中 UV-B 辐射增强对真菌的抑制作用不如细菌、放线菌和固氮菌明显,可能与试验所用土壤中真菌数量本身较低有关。由于本研究的对象是根际微生物数量及土壤酶活性,为了避免第三方因素的影响及提高结果可靠性,在大豆种植时,没有施加任何外源肥料(包括有机肥和无机肥);同时试验田本身的土质养分含量较低,2 种因素累加使土壤本身的微生物含量较低,也使土壤有机质及总氮含量没有出现显著变化。

综上所述,UV-B 辐射增强通过间接作用对根际微生物数量及土壤酶活性产生了比较明显的抑制。

### 参考文献:

- [1] MUNAKATA N, CORNAIN S, KANOKO M, et al. Biological monitoring of solar UV radiation at 17 sites in Asia, Europe and South America from 1999 to 2004 [J]. Photochemistry and Photobiology, 2006, 82: 689-694.
- [2] 邓祥元,成 婕,周伟华,等. UV-B 辐射对聚球藻 7942 生长及生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(5): 281-283.
- [3] 李 元,杨济龙,王勋陵,等. 紫外辐射增加对春小麦根际土壤微生物种群数量的影响[J]. 中国环境科学,1999,19(2): 157-160.



- [4] 张文会,刘立科,苗秀莲,等. CO<sub>2</sub>倍增及UV-B增强对大豆植株生长和根际微生物的影响[J]. 西北植物学报,2009,29(4): 724-732.
- [5] 吕志伟,万国峰,张朋,等. CO<sub>2</sub>倍增和UV-B辐射增强对大豆根际氨氧化细菌数量及土壤酶活的影响[J]. 大豆科学, 2012,31(1):69-72.
- [6] 周新明,张振文,惠竹梅,等. UV-B辐射增强对葡萄光合作用日变化的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(3):209-212.
- [7] 许光辉,郑洪元. 土壤微生物学分析手册[M]. 北京:农业出版社,1986:120-121,249-291.
- [8] 肖玲,王开运,张远彬. CO<sub>2</sub>浓度和温度升高对红桦根际微生物的影响[J]. 生态学报,2006,26(6):1701-1708.
- [9] 张文会,张朋,刘立科,等. 紫外线B辐射增强对大豆生长及光合作用相关指标的影响[J]. 大豆科学,2009,128(12): 229-232.
- [10] AVERY L M, LEWIS SMITH R I, WEST H M. Response of rhizosphere microbial communities associated with Antarctic hairgrass (*Deschampsia antarctica*) to UV radiation [J]. Polar Biol, 2003, 26(8): 525-529.
- [11] JOHNSON D, CAMPBELL C D, LEE J A, et al. Arctic microorganisms respond more to elevated UV-B radiation than CO<sub>2</sub> [J]. Nature, 2002, 416: 82-83.
- [12] STARK J M, HART S C. Nitrogen storage (communication arising): UV-B radiation and soil microbial communities [J]. Nature, 2003, 423: 137-138.
- [13] ROBSON T M, PANCOTTO V A, BALLARÉ C L, et al. Reduction of solar UV-B mediates changes in the *Sphagnum capitulum* microenvironment and the peatland microfungus community [J]. Oecologia, 2004, 140: 480-490.
- [14] PANCOTTO V A, SALA O E, ROBSON T M, et al. Direct and indirect effects of solar ultraviolet-B radiation on long-term decomposition [J]. Global Change Biol, 2005, 11: 1982-1989.
- [15] 蒋静艳,胡正华,牛传坡. UV-B辐射增强对小麦秸秆化学成分及其施用后土壤N<sub>2</sub>O排放的影响[J]. 应用生态学报,2010, 21(10):2715-2720.
- [16] 瞿先能,陈宗瑜,郭世昌,等. UV-B辐射的增强对作物形态及生理功能的影响[J]. 中国农业气象,2006,27(2):102-106.
- [17] 祖艳群,魏兰芳,杨济龙,等. 紫外辐射增加对40个割手密无性系土壤微生物种群数量动态和多样性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2005,24(1):6-11.
- [18] KLIRONOMOS J N, ALLEN M F. UV-B-Mediated changes on below-ground communities as associated with the roots of *Acer saccharum* [J]. Functional Ecol, 1995, 9: 923-930.
- [19] 刘芷宇. 根际微域环境的研究[J]. 土壤, 1993, 25(5): 225-230.

(责任编辑:陈海霞)