

UV-B 辐射对大豆和黄瓜幼苗 某些生理特性的影响 *

侯扶江 贲桂英¹

(甘肃草原生态研究所 兰州 730020)

(¹中国科学院西北高原生物研究所 西宁 810001)

摘要 在植物生长室中,UV-B 辐射明显降低黄瓜幼苗的根系活力,抑制程度随辐射时间的延长而增强。黄瓜和大豆幼苗的叶绿素和可溶性蛋白含量减少与 UV-B 辐射时间长短呈正相关,但是类胡萝卜素减少幅度不大。UV-B 对 Chl b 的破坏较 Chl a 严重,导致 Chl a/b 比值增大。UV-B 虽增加大豆幼苗的 SOD 活性,但降低大豆幼苗的 NR 活力及其对温度变化的敏感性。分析认为,Chl a/b 比值和 SOD 活性升高,有助于植物对 UV-B 的适应。

关键词 UV-B 辐射; 根系活力; SOD 活性; NR 活力; 大豆; 黄瓜

中图法分类号 Q945 ◇ Q682 + Q55

EFFECT OF UV-B RADIATION ON PHYSIOLOGICAL PROPERTIES IN SOYBEAN AND CUCUMBER SEEDLINGS

HOU Fujiang & BEN Guiying¹

(Gansu Grassland Ecological Research Institute, Lanzhou 730020)

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining 810008)

Abstract Root activity of cucumber seedling was inhibited by UV-B and the inhibition degree increased with increasing of UV-B radiation time. UV-B significantly reduced the contents of soluble protein and chlorophyll, and the reduced scope depended on UV-B radiation time. Carotenoid content was slightly reduced by UV-B. UV-B made Chl b damaged more seriously than Chl a and caused the increase in Chl a/b ratio. UV-B radiation enhanced SOD activity in soybean seedlings, but reduced NR activity and its sensitivity to variation of temperature. It was considered that the increase in both of Chl a/b ratio and SOD activity might play an important role in adaptability of plant to UV-B radiation.

Keywords UV-B radiation; root activity; SOD activity; NR activity; soybean; cucumber

大气臭氧减少,导致地面的太阳紫外线 B 辐射(Ultraviolet-B radiation, $\lambda = 280 \sim 320 \text{ nm}$) 增强^[1~3],对地球上的动植物和人类产生一定危害^[4,5]。UV-B 能够降低豇豆叶片 RubisCO 的活性^[6],抑制田间生长的大豆等植物的光合作用^[7],促进类黄酮等一些次生代谢产物的合成^[8]。但是,有关 UV-B 对植物超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响,尤其是 UV-B 对硝酸还原酶(NR)活性和根系活力的影响,报道尚不多见。本文简单报道在植物生长室中增加 UV-B 辐射,对黄瓜和大豆幼苗的根系活力、可溶性蛋白、叶绿体色素、SOD 活性和 NR 活性的影响,旨在为阐明 UV-B 辐射的植物效应作有益补充。

1 材料与方法

1.1 植物培养和 UV-B 辐射处理

在植物生长室中,黄瓜(*Cucumis sativus*)和大豆(*Glycine max* Merr.)种子经挑选、消毒、浸种 24 h 后播种,土

收稿日期: 1998-12-14 接受日期: 1999-03-31

* 国家自然科学基金资助(No:39570129)

质为混合的草甸泥炭土和田间熟土($V/V = 1:1$)。幼苗出土后,用40 W Phillips 可见光源进行光合有效辐射($\text{PAR} = 400 \sim 700 \text{ nm}$), $= 300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$,昼/夜长度12 h/12 h(北京时间8:00~20:00)。待黄瓜第1片真叶或大豆第1片3出复叶完全展开,保留生长状况较为一致的幼苗,随后人工UV-B光源照射, $= 280 \sim 320 \text{ nm}$, $= 0.24 \text{ J m}^{-2} \text{s}^{-1}$,照射时间与PAR光源同步。CK/处理光源分别为PAR/PAR+UV-B,实验期间,保持植物顶部与光源之间距离恒定,昼/夜温度为(25 ± 1)/(15 ± 1),定期浇灌Hoagland全营养液。

1.2 生理指标测试

选用叶龄相近的大豆第2片3出复叶和黄瓜的第2片真叶为试材。对黄瓜幼苗,测定根系活力、可溶性蛋白和叶绿体色素含量。对大豆幼苗测定可溶性蛋白和叶绿体色素含量、SOD活性和NR活性。

根系活力用-萘胺法测定^[9]。硫酸氨基分级沉淀法提取叶片可溶性蛋白,751型分光光度计比色^[10]。叶绿体色素用Moran(1982)的方法提取,751型分光光度计比色^[11]。SOD活性用氧电极测定^[12]。体内测定法分别在夜15和昼30测定叶片硝酸还原酶(NR)活性^[13]。以上测定重复3次,取平均值。

2 结果与分析

2.1 UV-B 辐射对黄瓜幼苗根系活力的影响

图1显示,UV-B辐射7 d和16 d,处理黄瓜幼苗的根系活力分别比CK减少17.9%和21.9%($P < 0.05$)。这表明UV-B对黄瓜幼苗根系活力的抑制随UV-B辐射延长而增强。UV-B对根系的影响,目前仅有在温室或田间增加UV-B辐射降低大豆根系干重的报道^[14,15]。植物地上部分,尤其是叶片,是接收UV-B辐射的主要器官,根系生长和生理活动的变化只是UV-B辐射间接作用的结果,说明UV-B辐射可能对植物地上和地下部分之间的物质分配、生理信号的传递产生一定影响。

2.2 UV-B 辐射对黄瓜和大豆叶片可溶性蛋白的影响

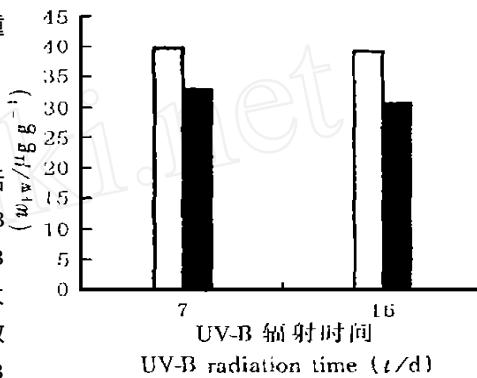


图1 UV-B 对黄瓜幼苗根系活力(w_{rw})的影响
Fig. 1 Effect of ultraviolet-B radiation on root activity (w_{rw}) of cucumber seedlings

CK 处理 Treatment (下同 The same below)

图2显示,UV-B辐射7 d,黄瓜和大豆幼苗,处理植株的可溶性蛋白分别比CK减少15.00%和25.19%。UV-B处理16 d,与CK相比,处理植株的可溶性蛋白质量分数(w)分别下降37.75%和39.62%。结果表明,UV-B辐射降低植物可溶性蛋白 w ,UV-B辐射时间越长,减少幅度越大。光合作用关键酶RubisCO占植物叶片可溶性蛋白的50%以上,叶片可溶性蛋白大幅度减少,可能与UV-B破坏RubisCO有关^[15]。

2.3 UV-B 辐射对黄瓜和大豆幼苗叶绿体色素的影响

UV-B处理6 d,黄瓜幼苗Chl a和Chl b的面积质量(A)比CK分别下降9.8%和17.8%,而Chl a/b比值增加10.0%(图3A)。与CK相比,处理大豆幼苗Chl a和Chl b分别减少9.7%和21.8%,Chl a/b比值升高15.5%(图3B)。可见,UV-B降低两种植物幼苗的叶绿素 A ,Chl b降低幅度高于Chl a,致使Chl a/b比值升高。叶绿素在植物体内通常以叶绿素-蛋白质复合物的形式存在,图2的结果显示UV-B对蛋白有破坏作用,所以叶绿素含量减少可能与UV-B破坏色素蛋白复合物有关。图3还显示,UV-B使黄瓜和大豆幼苗的类胡萝卜素含量分别减少4.0%和2.8%,差异不显著($P > 0.05$)。

UV-B辐射增强容易引起光合作用的光抑制^[16],过多的光能对光合机构有损伤作用。叶绿素,尤其是捕光色素Chl b

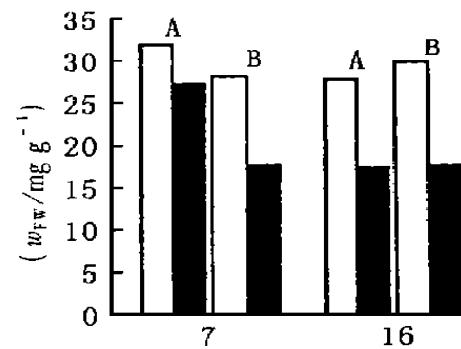


图2 UV-B 对黄瓜幼苗(A)和大豆幼苗(B)可溶性蛋白质量分数(w)的影响
Fig. 2 Effect of UV-B radiation on soluble protein mass fraction (w) in leaves of cucumber seedlings (A) and soybean seedlings (B)

减少,一定程度上能够减少光能吸收,从而避免或减轻光抑制伤害。

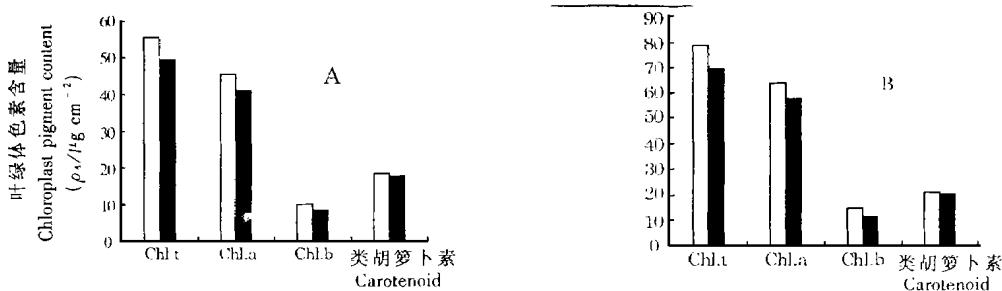


图 3 UV-B 辐射对黄瓜(A)和大豆(B)幼苗叶绿体色素含量的影响

Fig. 3 Effect of UV-B radiation on chloroplast pigment content (A) in cucumber (A) and soybean (B) seedlings

2.4 UV-B 辐射对大豆幼苗 SOD 活性的影响

SOD 是植物保护酶系统的关键酶之一,其活性高低与植物的抗逆能力有很大关系。从图 4 可以看出,UV-B 辐射 7 d, 处理植物的 SOD 活性比 CK 增加 65.3%; UV-B 辐射 15 d, 处理植物的 SOD 活性上升 64.3%, 表明, UV-B 增强大豆幼苗的 SOD 活性。因为,UV-B 辐射增强能够加快植物体内活性氧的产生速率^[17], 所以, SOD 活性增强有助于植物清除体内的活性氧物质, 可能是 UV-B 辐射增强诱导的一种保护反应。

2.5 UV-B 辐射对大豆幼苗 NR 活性的影响

NR 是植物营养代谢中非常重要的一个酶, 实验结果显示(图 5), UV-B 辐射 15 d, 在夜间 15 测定 NR 活性, 处理植株的 NR 活性比 CK 降低 47.4%。在白天 30 测定 NR 活性, 处理的 NR 活性比 CK 减少 75.4%(图 5)。NR 活性的适宜温度在 25 ~ 30, CK 植物在 30 时的 NR 活性比 15 时增加 3.8 倍, UV-B 处理植物则仅升高 1.3 倍。说明 UV-B 抑制大豆幼苗的 NR 活性, 抑制程度与温度有关。而且 UV-B 辐射条件下, NR 活性对温度变化的敏感性降低。

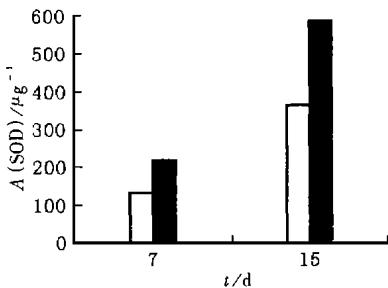


图 4 UV-B 辐射对大豆幼苗叶片 SOD 活性的影响

Fig. 4 Effect of UV-B radiation on SOD activity in leaves of soybean seedlings

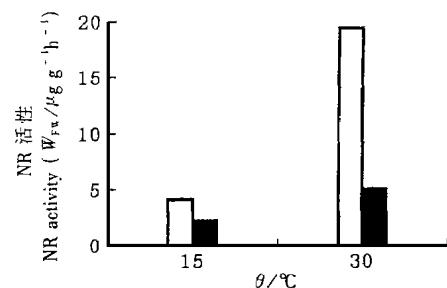


图 5 UV-B 辐射对大豆幼苗 NR 活性的影响

Fig. 5 Effect of UV-B radiation on NR activity of soybean seedlings

3 讨论

Agrawal (1992) 对绿藻的研究表明, UV-B 对 Chl a 的破坏较 Chl b 严重^[18], Deckmynhe 和 Impens (1997) 用不同强度的 UV-B 处理多茎黑麦 (*Secale cereale*), 认为 UV-B 对 Chl a/b 比值没有明显影响^[19]。本文结果与此不同, 原因可能是 UV-B 的植物效应存在种间差异, 特别是藻类和高等植物之间, 另一方面, 因为发育阶段与植物对 UV-B 的敏感程度密切相关^[14], 植物(或叶片)发育阶段不同也会产生这种差异。UV-B 辐射抑制植物地上部分光合物质生产以及光合产物向根系的运输分配, 将影响根系发育^[15], 可能对根系活力产生不利影响。UV-B 辐射阻碍植物对 N 的吸收利用^[20]。NR 是一种底物诱导酶, 分析认为 UV-B 可能在底物水平抑制 NR 活性。

研究显示, O_3 、 SO_2 和 UV-B 三者对编码 SOD 等保护酶的 mRNA 积累有相似的作用效果^[21], 说明三种不同

类型的胁迫对 SOD 存在相似的作用机制,据此分析,SOD 活性升高可能是植物对不同类型胁迫存在交叉适应的生理基础之一。PAR 和黑暗对 UV-B 辐射的伤害有一定的恢复作用^[16],可以尝试使用较高的 PAR/UV-B 比率,或 UV-B 辐射后给予足够的黑暗期,也可用外加保护剂的方法,在作物栽培的某些时期进行 UV-B 锻炼,以提高作物整体抗逆能力。

参考文献

- 1 Stolarski R, Bojkov R, Bishop L, Zerefos C, Staehelin J, Zawodny J. Measured trends in stratospheric ozone. *Science*. 1992, **256**:342 ~ 349
- 2 Kerr L, McElroy B. Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion. *Science*. 1994, **262**:1032 ~ 1034
- 3 Guo S(郭松), Zhou XJ(周秀骥), Zhang XC(张晓春). Primary analysis on the observed results of atmosphere and ultraviolet-B radiation in Qinghai Plateau. *Chinese Science Bulletin(科学通报)*. 1994, **39**(1):30 ~ 53
- 4 Bothwell ML, Sherbot DM, Pollock CM. Ecosystem response to solar ultraviolet-B radiation: influence of trophic-level interactions. *Science*. **265**:97 ~ 100
- 5 Victore R, Krupa. The impact of UV-B radiation and ozone on terrestrial vegetation. *Environ Pollut.* 1994, **83**(1-2):191 ~ 213
- 6 Nedunchezian N, Kwandaivelu G. Effect of UV-B enhanced radiation on ribulose-1,5-bisphosphate-carboxylase in leaves of *Vigna sinensis* L. *Photosynthetica*. 1991, **25**(3):431 ~ 435
- 7 Yang ZM(杨志敏), Yan JY(颜景义), Zheng YF(郑有飞). Effect of ultraviolet radiation on the photosynthesis and growth of soybean. *Acta Ecologica Sinica(生态学报)*. 1996, **16**(2):154 ~ 159
- 8 Lin ZF(林植芳), Lin GZ(林桂珠), Peng CL(彭长连), Kong GH(孔国辉). The accumulation of UV-B-absorbing compounds in leaves of subtropical plants. *Acta Ecologica Sinica(生态学报)*. 1998, **18**(1):90 ~ 95
- 9 华东师范大学生物系植物生理教研组编.植物生理学实验.人民教育出版社,1980,68 ~ 73
- 10 R F 施夫,P C 温辛克著.分子生物学实验方法.人民卫生出版社.1985:68 ~ 97
- 11 Moran M. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-dimethylformamide. *Plant Physiol.* 1982, **74**:475 ~ 480
- 12 Li WJ(李文杰), Cheng F(程枫), Wu WS(吴文士). A new method for the rapid determination of superoxide dismutase activity by the polarographic oxygen electrode. *Acta Biochimica Biophysica Sinica(生物化学与生物物理学报)*. 1986, **18**(2):185 ~ 192
- 13 Zhou S(周树), Zheng XM(郑相穆). Discuss on the analytic method of NR *in vitro*. *Plant Physiol Commun.(植物生理学通讯)*. 1985, (1):47 ~ 49
- 14 Teramura AH, Sullivan JH. Soybean growth responses to enhanced leaves of ultraviolet-B radiation under greenhouse conditions. *Amer J Bot.* 1987, **74**(7):975 ~ 979
- 15 Hou FJ(侯扶江), Ben GY(贲桂英), Yan JY(颜景义), Han F(韩发), Shi SB(师生波), Wei J(魏捷). Effects of supplemental ultraviolet radiation on the photosynthesis and growth of soybean grown in field. *Acta Phytocologica Sinica(植物生态学报)*. 1998, **22**(3):256 ~ 261
- 16 Chow WS, Strid A, Anderson JM. Short-term treatment of pea plants with supplementary ultraviolet-B radiation: Recovery time-courses of some photosynthetic functions and components, In: Murata N. (ed.), Research in Photosynthesis, Vol. 4, Tokyo: Kluwer Academic Publishers, 1992, 361 ~ 364
- 17 Balakumar T, Vincent VHB, Palivai K. On the interaction of UV-B radiation (280~315nm) with stress in crop plants. *Physiol Plant.* 1993, **87**(2):217 ~ 222
- 18 Agrawal SB. Effects of supplemental U.V.-B radiation on photosynthetic pigment, protein and glutathione contents in green algae. *Environ Experi Bot.* 1992, **32**(2):137 ~ 143
- 19 Deckmyn G, Impens I. The ratio UV-B/Photosynthetically active radiation (PAR) determines the sensitivity of rye to increased UV-B radiation. *Environ Experi Bot.* 1997, **37**(1):3 ~ 12
- 20 Doehler G. Uptake of nitrogen-15-aminonium and nitrogen-15-nitrate by *Antarctic diatoms*: dependence on the daytime and effects radiation. *Biochem Physiol Plant.* 1991, **187**(5):347 ~ 355
- 21 Hilde W, Camp WV, Montagu MV, Inze D, Langebartels C, Sandermann H. Ozone, Sulfur dioxide and ultraviolet-B have similar effects on mRNA accumulation of antioxidant genes in *Nicotiana plumbaginifolia* L. *Plant Physiol.* 1994, **106**:1007 ~ 101