

· 研究报告 ·

UV-B辐射对拟南芥种子萌发和幼苗生长的影响

李晓阳, 陈慧泽, 韩榕*

山西师范大学生命科学学院, 临汾 041004

摘要 以哥伦比亚生态型(Columbia-0)拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)为实验材料, 人工模拟UV-B辐照处理拟南芥种子, 统计其发芽势和发芽率, 测定根长、株高、叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白以及丙二醛(MDA)含量, 研究UV-B辐照处理对拟南芥种子萌发和幼苗生长的影响。研究表明, 低剂量的UV-B辐照可以促进拟南芥种子萌发和幼苗生长, 并且最佳辐照剂量为 $1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ($P<0.05$), 此时的发芽势、发芽率、根长、株高、叶绿素、可溶性糖及可溶性蛋白的含量均达到最大, 而丙二醛的含量变化则不明显 ($P>0.05$)。当辐照剂量大于 $1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, 促进作用逐渐变小, 并且随着辐照剂量的增加, 表现出了抑制作用。实验结果表明, 适当剂量的UV-B辐照在一定程度上可以促进拟南芥种子萌发和幼苗生长, 而过高剂量的辐照则对其产生抑制或损伤作用。

关键词 拟南芥, 种子萌发, 幼苗生长, UV-B辐射

李晓阳, 陈慧泽, 韩榕 (2013). UV-B辐射对拟南芥种子萌发和幼苗生长的影响. 植物学报 48, 52–58.

由于臭氧层的侵蚀和破坏日趋加重, 使得到达地表的紫外辐射增强。虽然UV-B辐射(280–320 nm)仅占有到达地球表面电磁光谱的很小一部分, 但却对动植物的形态结构、生理代谢、遗传特性和生长周期等方面会产生显著影响(韩榕等, 2002)。研究表明, 由于臭氧层减薄导致的UV-B辐射增强会使农作物的产量减少10%–35%(Gilbert et al., 2009)。此外, UV-B辐射增强会引发植物抗氧化系统、光合作用、次级代谢产物和叶片气孔导度的改变, 甚至会使DNA受到损伤(Wang et al., 2010)。但是随着研究的深入, 近年来发现UV-B辐射对生物体并不仅仅产生伤害效应, 在一定程度上反而具有促进作用(冯朝等, 2008)。但是迄今为止有关促进作用方面的研究报道还相对较少。

本研究前期以小麦(*Triticum aestivum*)为材料, 从形态、生理生化、染色体、DNA等不同方面研究增强UV-B辐射对小麦的影响, 首次发现增强UV-B辐射会引起小麦体细胞发生异常有丝分裂, 并将其称为“两极分束分裂”(韩榕等, 2002)。增强UV-B辐射会对小麦的细胞骨架造成一定的损伤, 促使小麦的微管骨架和微丝骨架发生解聚(郭爱华等, 2010; 翟菁如

等, 2010)。但是由于小麦基因组过于庞大, 并且基因序列未知, 导致一些机理不易探究。拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)的基因组是目前已知植物基因组中最小的, 只有小麦染色体组长的1/80, 且其生长周期短, 自花授粉, 基因高度纯合, 用理化因素处理突变率较高, 因此成为遗传、细胞、发育等研究的模式植物(陈璋, 1994)。

研究表明, UV-B辐射增强可以延缓拟南芥根尖细胞G1/S期的转变, 并且会促使其根尖细胞内积累大量的环丁烷嘧啶二聚体(王静等, 2009)。过大剂量的UV-B辐照还将引起拟南芥内源 H_2O_2 以及细胞死亡增加(侍福梅和王超, 2009)。但是有关UV-B辐照对拟南芥种子萌发和幼苗生长效应的研究尚未见报道。因此, 本研究选用拟南芥为实验材料, 人工模拟UV-B辐射处理种子, 通过统计发芽势和发芽率, 测定根长、株高、叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白及丙二醛(MDA)的含量, 得出促进拟南芥种子萌发和幼苗生长的UV-B辐射剂量, 进一步探讨UV-B辐射对拟南芥的生长效应, 为阐明UV-B辐照对拟南芥生长发育的作用机理积累资料。

收稿日期: 2012-03-20; 接受日期: 2012-06-25

基金项目: 国家自然科学基金(No.30671061)和山西省自然科学基金(No.20081101)

* 通讯作者。E-mail: hhwsr1@yahoo.com.cn

1 材料与方法

1.1 材料

野生型拟南芥(*Arabidopsis thaliana* L.)为哥伦比亚生态型(Columbia-0)。

1.2 方法

1.2.1 各处理组设置

研究共设置对照组(CK)和实验组(B1、B2、B3、B4、B5)共6个组。UV-B辐射功率为 $55\text{ }\mu\text{J}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$, 辐照强度由紫外辐照计测定。先将拟南芥种子用清水浸泡3小时后, 自然晾干, 然后进行处理。各组处理方法详见表1。

1.2.2 材料培养

拟南芥种子经UV-B辐射处理后, 用1%次氯酸钠消毒8分钟, 并用无菌水漂洗干净, 用移液枪点播在MS培养基上, 4°C 避光春化2–3天。然后移至培养室中培养, 温度 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$, 湿度60%–80%, 光照周期为16小时光照/8小时黑暗, 光照强度为 $100\text{--}120\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

1.3 各项生理指标的测定

1.3.1 萌发和生长指标

种子萌发和生长指标测定参照宋松泉等(2005)的方法进行。从拟南芥种子点播在MS培养基上的第2天开始计数, 每24小时统计1次种子萌发情况。每组统计100粒, 重复3次, 连续统计5天。判断萌发的标准为种子露白。于第3天计算各组发芽势, 第6天计算各组发芽率。发芽势和发芽率分别按照以下公式进行计算:

发芽势(G_e)=(前3天内供试种子的发芽数/供试种子总数) $\times 100\%$;

发芽率(G_r)=(前6天内供试种子的发芽数/供试种子总数) $\times 100\%$ 。

拟南芥种子于MS培养基上培养10天后, 测量根的长度, 每组测量20株。培养3周后测量株高(即莲座叶基部到抽薹顶端的长度), 每组测量20株, 以平均值表示。

1.3.2 幼苗生理指标

叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白和丙二醛(malonaldehyde, MDA)含量等生理指标于培养4周后进行测定。

表1 各处理组的设置及处理程序

Table 1 The establishment and procedure of the different handle groups

Treatments	CK	B1	B2	B3	B4	B5
Time (min)	0	15	30	45	60	75
Dose ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

表2 UV-B辐射处理下拟南芥种子发芽势和发芽率的变化

Table 2 Seed germination potential and germination rate of *Arabidopsis thaliana* with UV-B treatments

Treatments	Germination potential (%)	Germination percentage (%)
CK	59.3 \pm 5.3 c	85.2 \pm 3.2 c
B1	65.8 \pm 1.1 b	89.4 \pm 1.4 b
B2	75.4 \pm 7.6 a	91.4 \pm 2.5 a
B3	57.2 \pm 9.0 c	84.2 \pm 4.2 c
B4	55.6 \pm 4.5 cd	82.1 \pm 3.8 d
B5	52.3 \pm 6.9 d	78.2 \pm 4.0 e

表中数据为平均值 \pm 标准差。同列不同小写字母表示不同处理之间差异显著($P<0.05$, $n=3$); 相同小写字母则表示不同处理之间差异不显著($P>0.05$, $n=3$)。下同。

Data in the table are the means \pm SD. The different normal letters in the same column indicated significant difference among different treatments ($P<0.05$, $n=3$); the same normal letters indicated no significant difference among different treatments ($P>0.05$, $n=3$). The same as follows.

叶绿素和可溶性糖含量的测定参考张志良和瞿伟青(1990)的方法。可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝法(李合生, 2000)。丙二醛含量的测定采用硫代巴比妥酸法(李合生, 2000)。

1.4 数据分析

所有指标均重复测定3次。使用Microsoft Excel 2003软件进行实验数据录入、计算以及图表绘制。使用SPSS Statistics 17.0软件中Post-Hoc(Duncan)进行统计学处理。

2 结果与讨论

2.1 UV-B辐射对拟南芥种子萌发的影响

不同UV-B辐射处理对拟南芥种子萌发的影响结果见表2。从表2可以看出, B1和B2组拟南芥发芽势均高于对照组, 分别上升了6.49%和16.18%, 且都达到了显著水平($P<0.05$); B3和B4组均低于对照组, 发芽势分

别下降了2.11%和3.70%，差异不显著($P>0.05$)；B5组下降了6.95%，差异显著($P<0.05$)。B1和B2组拟南芥发芽率也均高于对照组，分别上升了4.23%和6.17%，且都达到了显著水平($P<0.05$)；B3组则下降0.98%，差异不显著($P>0.05$)；B4和B5组分别下降了3.05%和6.98%，差异显著($P<0.05$)。由此可知，经UV-B辐射处理后，拟南芥的发芽势和发芽率均在辐照剂量为 $1.0\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时最大，低于此剂量时，随辐照剂量增加发芽势和发芽率也逐渐增加，其后随辐照剂量的增加而降低，表现为抑制作用。由此可见，适当剂量的UV-B辐射处理有利于拟南芥种子的萌发，而过大剂量的处理则会抑制种子的萌发。

2.2 UV-B辐射对拟南芥根长的影响

不同UV-B辐射处理对拟南芥根长的影响结果见图1。从图1可以看出，B1和B2组拟南芥根长均高于对照组，分别增加了9.18%和17.39%，且都达到了显著水平($P<0.05$)；B3、B4和B5组的根长都低于对照组，B3组下降了4.83%，差异不显著($P>0.05$)；B4和B5组分别下降了7.73%和15.45%，均达到显著水平($P<0.05$)。由此可知，经UV-B辐射处理后，拟南芥的根长在辐照剂量为 $1.0\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时最长，低于此剂量时，随辐照剂量增加根长也逐渐增加，高于此剂量时，随辐照剂量的增加根长变短。这说明适当剂量的UV-B辐射可以促进拟南芥根的生长。在所设定的处理剂量($0\text{--}2.5\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$)内，最佳辐照剂量是 $1.0\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ，大于此剂量时则会起抑制作用。

2.3 UV-B辐射对拟南芥株高的影响

不同UV-B辐射处理对拟南芥株高的影响结果见图2。从图2可以看出，B1、B2和B3组拟南芥株高均高于对照组，分别增加了21.62%、32.43%和10.81%，且都达到了显著水平($P<0.05$)；B4和B5组的株高都低于对照组，分别降低了13.51%和24.32%，也都达到了显著水平($P<0.05$)。由此可知，经UV-B辐射处理后，拟南芥的株高在辐照剂量为 $1.0\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时最高，低于此剂量时，随辐照剂量增加株高也逐渐增高，在辐照剂量为 $1.5\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时，仍表现为促进作用，其后随辐照剂量的增加而降低。这表明适当剂量的UV-B辐射可以促进拟南芥的生长，在所设定的处理剂量($0\text{--}2.5$

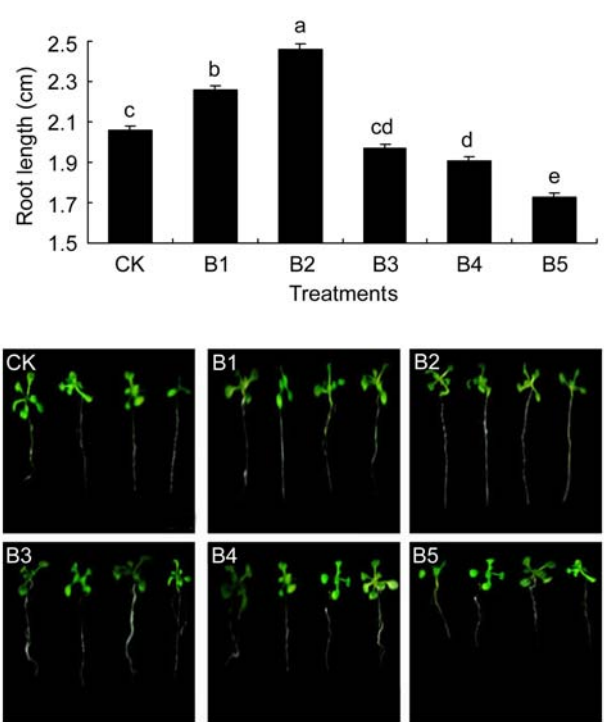


图1 不同UV-B辐射处理下拟南芥根长的变化
图中不同小写字母表示各处理之间差异显著(Duncan's检验, $P<0.05$, $n=3$)。下同。

Figure 1 The root length of *Arabidopsis thaliana* with UV-B treatments
The different normal letters indicated significant difference among different treatments (Duncan's test, $P<0.05$, $n=3$). The same as follows.

$\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$)内，最佳辐照剂量是 $1.0\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ，辐照剂量大于 $1.5\text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时则会起抑制作用，并且随剂量增大抑制作用愈加明显。

2.4 UV-B辐射对拟南芥叶绿素含量的影响

不同UV-B辐射处理对拟南芥叶绿素含量的影响结果见表3。从表3可以看出，B1、B2和B3组的叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素含量均高于对照组，且呈现为先增大后减小的变化趋势，其中B2组增量最大，3个组分别增加了41.79%、47.52%和24.24%，均达到了显著水平($P<0.05$)；B4和B5组的叶绿素a、叶绿素b及总叶绿素含量均低于对照组。另外，经UV-B辐射处理后，叶绿素a和叶绿素b的比值也发生了明显变化。对

表3 UV-B辐射处理下拟南芥叶片叶绿素含量的变化

Table 3 Leaf chlorophyll content of *Arabidopsis thaliana* with UV-B treatments

Treatments	Content of chlorophyll a (mg·g ⁻¹)	Content of chlorophyll b (mg·g ⁻¹)	Content of total chlorophyll (mg·g ⁻¹)	Chlorophyll a/b
CK	1.01±0.06 d	0.33±0.08 c	1.34±0.14 c	3.06±0.03 d
B1	1.30±0.07 b	0.38±0.03 b	1.68±0.10 b	3.42±0.05 b
B2	1.49±0.04 a	0.41±0.02 a	1.90±0.06 a	3.63±0.02 a
B3	1.21±0.05 c	0.37±0.04 b	1.58±0.09 b	3.27±0.03 c
B4	0.79±0.06 e	0.29±0.05 c	1.08±0.11 d	2.74±0.01 e
B5	0.67±0.07 f	0.25±0.06 d	0.92±0.13 e	2.68±0.04 e

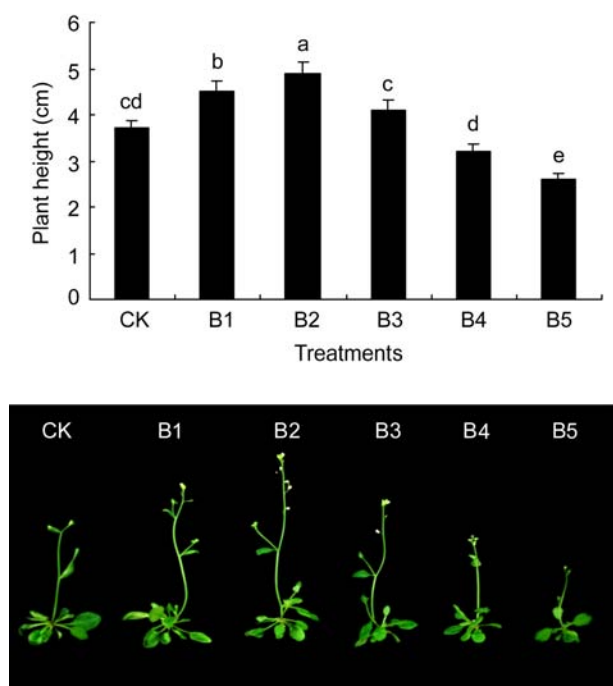

图2 不同UV-B辐射处理下拟南芥株高的变化

Figure 2 The plant height of *Arabidopsis thaliana* with UV-B treatments

照组的叶绿素a和叶绿素b的比值为3.06, UV-B辐射处理后, B1、B2和B3组的比值均呈现增大的趋势, 且同样是B2组最大, 之后随着UV-B辐射剂量的增加, 出现下降的趋势。由此可知, 经UV-B辐射处理后, 拟南芥叶片的叶绿素a、叶绿素b及总叶绿素含量在辐照剂量为1.0 kJ·m⁻²时达到最大, 低于此剂量时, 随着辐照剂量的增加其增长趋势较为明显, 之后变化幅度较为平缓。辐照剂量为1.5 kJ·m⁻²时, 仍表现为促进叶绿素的合成, 之后则表现为抑制作用。叶绿素a的

增加趋势比叶绿素b更为明显, 说明拟南芥叶片利用光能的效率呈上升趋势。

2.5 UV-B辐射对拟南芥可溶性糖含量的影响

UV-B辐射处理对拟南芥叶片可溶性糖含量的影响结果见图3。从图3可以看出, 各处理组均达到了显著水平($P<0.05$)。与对照组相比, B1和B2组的可溶性糖含量分别上升了3.46%和7.65%, B2组最大; B3、B4和B5组的可溶性糖含量呈现下降的趋势, 分别下降了6.91%、11.36%和15.31%。由此可知, 不同剂量的UV-B辐射处理对拟南芥叶片可溶性糖含量有显著的影响, 并且在辐照剂量为1.0 kJ·m⁻²时其含量达到最大。低于此剂量时, 随着辐照时间的增加可溶性糖含量呈现逐渐上升的趋势; 而大于此剂量时, 则表现为抑制作用。由此表明, 适量UV-B辐照有利于促进拟南芥叶片可溶性糖的合成, 而过高剂量的UV-B辐照则抑制可溶性糖的合成。

2.6 UV-B辐射对拟南芥可溶性蛋白含量的影响

UV-B辐射处理对拟南芥叶片可溶性蛋白含量的影响结果见图4。与对照组相比, 各处理组均达到了显著水平($P<0.05$), B1和B2组的可溶性蛋白含量分别上升了9.19%和11.19%; B2组最大; B3、B4和B5组的可溶性蛋白含量呈现下降的趋势, 分别下降了9.69%、11.18%、15.24%。由此可知, 不同剂量的UV-B辐射处理对拟南芥叶片可溶性蛋白含量产生显著影响, 并且在辐照剂量为1.0 kJ·m⁻²时其含量达到最大。低于此剂量时, 随着辐照时间的增加可溶性蛋白含量呈逐渐上升的趋势; 而大于此剂量时, 则表现为抑制作用。由此表明, 适量的UV-B辐照有利于促进拟南芥叶片可溶性蛋白的合成, 而过高剂量的UV-B辐照则抑制

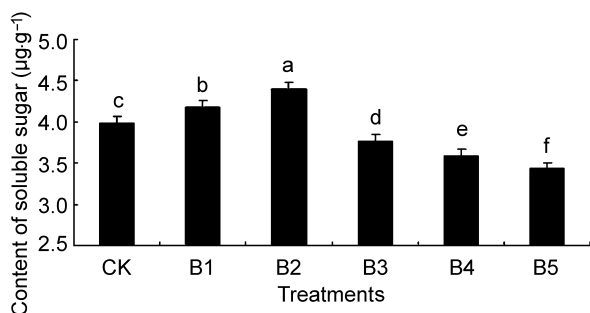


图3 不同UV-B辐射处理下拟南芥叶片可溶性糖含量的变化

Figure 3 The content of soluble sugar of *Arabidopsis thaliana* with UV-B treatments

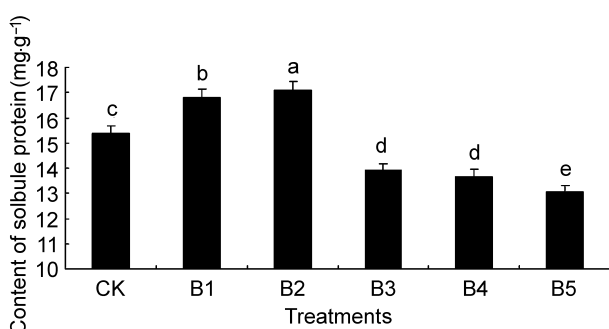


图4 不同UV-B辐射处理下拟南芥叶片可溶性蛋白含量的变化

Figure 4 The content of soluble protein of *Arabidopsis thaliana* leaf with UV-B treatments

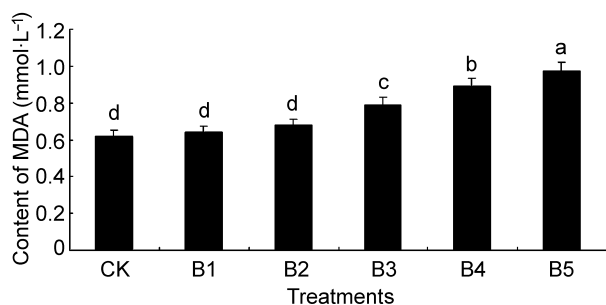


图5 不同UV-B辐射处理下拟南芥叶片丙二醛含量的变化

Figure 5 The content of MDA of *Arabidopsis thaliana* leaf with UV-B treatments

可溶性蛋白的合成。

2.7 UV-B辐射对拟南芥丙二醛(MDA)含量的影响

植物器官在衰老或逆境下遭受伤害,会发生膜脂过氧

化作用。丙二醛是膜脂过氧化的最终分解产物,其含量可以反映植物受伤害的程度。由图5可知,经不同剂量的UV-B辐照后,拟南芥叶片中的丙二醛含量呈现上升趋势。与对照组相比, B1和B2组分别上升了3.22%和9.67%, 差异不显著($P>0.05$); B3、B4和B5组分别上升了27.42%、37.09%和51.61%, 差异显著($P<0.05$)。由此可知,当UV-B的辐射剂量小于 $1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时,其对拟南芥的伤害作用并不大;而大于此剂量时,则会使其膜脂过氧化作用加剧,造成严重的伤害。

2.8 讨论

本实验结果表明,选用剂量为 $1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 的UV-B辐照处理拟南芥种子时,对其萌发情况和幼苗的生长均具有显著的促进作用,而过大剂量的辐照则会造成一定的抑制作用。说明UV-B辐射对生物体的作用与辐照的剂量大小有关。在本实验所设置的UV-B辐射剂量当中,促进拟南芥种子萌发和幼苗生长的最佳辐照剂量是 $1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

以往关于UV-B辐照对植物影响的研究更多的是对损伤机理的探究。近年来,随着研究的不断深入,发现低剂量的UV-B辐照对植物是一种良性诱导因子,在植物的信号转导过程中发挥着一定的作用。在本实验中,只有低剂量的UV-B辐照处理才会对其生长发育起到促进作用,而高剂量的辐照处理则起抑制和伤害作用。

种子萌发是植物生命的初始阶段,主要依赖自身贮备的营养物质,通过酶水解作用转化为简单的可溶性有机物输送到正在生长的幼胚中去,酶活性的强弱和水解作用的强度是种子萌发最重要的因素(冯虎元等, 2001)。种子的发芽势是度量种子萌发快慢及发芽整齐度的重要指标。它的高低直接表明在种子萌发过程中吸涨、代谢、酶促反应合成物质过程启动的快慢(冯虎元等, 2002)。本研究结果表明,当UV-B辐照剂量为 $1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 时,拟南芥种子的发芽势、发芽率及其幼苗的根长、株高、叶绿素含量、可溶性糖和可溶性蛋白含量与对照组相比均有显著的提高。

叶绿素含量是影响光合作用的重要因素,是评价叶片光合作用强度的指标之一。有报道显示,UV-B辐射对叶绿素有抑制作用主要是由于UV-B抑制了叶绿素的合成,并加速了叶绿素的降解速度(Sullivan et

al., 1994; 侯扶江等, 1998)。可溶性糖和蛋白质作为生物体的重要组成部分, 在植物的发育与代谢中具有重要的作用。而且蛋白质作为生物催化反应的酶类在生理生化反应中的作用更是毋庸置疑的。而关于 UV-B 对二者影响的报道, 结果并不一致, 这是由于不同物种对于 UV-B 辐射的敏感性不同, 或者是由于 UV-B 辐照剂量的选取不同所导致。在本实验中, 低剂量的 UV-B 辐照表现出促进叶绿素、可溶性糖和可溶性蛋白的合成, 而高剂量的辐照则抑制其合成。丙二醛作为膜脂氧化的最终产物, 其含量变化能够反映出植物细胞膜的透性。丙二醛的含量越高, 透性越强, 损伤程度就越大。在实验中, 当 UV-B 的辐照剂量大于 $1.5 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 时, 丙二醛含量明显升高。说明其细胞膜脂过氧化程度加深, 通透性增加, 细胞受到了较大程度的伤害。同时, 在实验中发现其不同发育指标对 UV-B 辐照的敏感程度不同, 发芽势、发芽率、根长、可溶性糖和可溶性蛋白含量在辐照剂量为 $1.5 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 时就表现出了抑制作用, 而株高和叶绿素含量在辐照剂量为 $1.5 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 时仍表现为促进作用, 之后才显示出抑制现象。

在本研究中还发现, UV-B 辐射对植物的生物效应并不是单一的伤害效应。它与辐照的剂量有一定的相关性, 低剂量的辐照是一种良性因子, 即具有促进植物生长发育的作用; 而高剂量的辐照对植物是一种伤害效应, 可抑制植物的生长发育以及有机物的合成。而对于其促进生长发育的临界剂量还需进一步的实验来确定, 并且其促进机理及作用机制尚待进一步研究。

参考文献

- 陈璋 (1994). 拟南芥: 植物分子生物学研究的模式物种. 植物学通报 11, 6–11.
- 冯朝, 唐学玺, 曲良, 董栋, 王其翔 (2008). UV-B 辐射增强和蒽对 3 种赤潮微藻生长的相互作用. 海洋环境科学 27, 51–53.
- 冯虎元, 安黎哲, 陈书燕, 王勋陵, 程国栋 (2002). 增强 UV-B 辐射与干旱复合处理对小麦幼苗生理特性的影响. 生态学报 22, 1564–1568.
- 冯虎元, 徐世健, 安黎哲, 刘志杰, 王勋陵 (2001). UV-B 辐射对 8 个大豆品种种子萌发率和幼苗生长的影响. 西北植物学报 21, 14–20.
- 郭爱华, 高丽美, 李永峰, 翟菁如, 韩榕 (2010). 增强紫外线 B 辐射对小麦根尖细胞微管骨架的影响. 中国细胞生物学学报 32, 256–260.
- 韩榕, 王勋陵, 岳明, 齐智 (2002). 增强 UV-B 辐射对小麦体细胞分裂的影响. 遗传学报 29, 537–541.
- 侯扶江, 贾桂英, 颜景义, 韩发, 师生波, 魏捷 (1998). 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. 植物生物学报 22, 256–261.
- 李合生 (2000). 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社. pp. 134, 185, 260.
- 侍梅梅, 王超 (2009). 紫外线-B 辐射引起拟南芥内源 H_2O_2 增加及细胞死亡. 西北农业学报 18, 231–233.
- 宋松泉, 程红焱, 龙春林, 姜孝成 (2005). 种子生物学研究指南. 北京: 科学出版社. pp. 57–57.
- 王静, 蒋磊, 王艳, 李韶山 (2009). UV-B 辐射对拟南芥细胞周期 G1/S 期转变的影响. 植物学报 44, 426–433.
- 翟菁如, 陈慧泽, 高丽美, 李永峰, 韩榕 (2010). 增强 UV-B 辐射对小麦叶肉细胞原生质体微丝骨架的影响. 生物学杂志 27(6), 33–36.
- 张志良, 瞿伟青 (1990). 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社. pp. 88–91.
- Gilbert M, Pörs Y, Grover K, Weingart I, Skotnica J, Grimm B, Seidlitz HK, Langebartels C, Wilhelm C (2009). Intra- and interspecific differences of 10 barley and 10 tomato cultivars in response to short-time UV-B radiation: a study analysing thermoluminescence, fluorescence, gas-exchange and biochemical parameters. Environ Pollut 157, 1603–1612.
- Sullivan JH, Teramura AH, Dillenburg LR (1994). Growth and photosynthetic responses of field-grown sweetgum (*Liquidambar styraciflua*; Hamamelidaceae) seedlings to UV-B radiation. Am J Bot 81, 826–832.
- Wang SW, Xie BT, Yin LN, Duan LS, Li ZH, Eneji AE, Tsuji W, Tsunekawa A (2010). Increased UV-B radiation affects the viability, reactive oxygen species accumulation and antioxidant enzyme activities in maize (*Zea mays* L.) pollen. Photochem Photobiol 86, 110–116.

Effect of UV-B Irradiation on Seed Germination and Seedling Growth of *Arabidopsis*

Xiaoyang Li, Huize Chen, Rong Han*

College of Life Sciences, Shanxi Normal University, Linfen, 041004, China

Abstract To explore the impact of UV-B irradiation on *Arabidopsis* seed germination and seedling growth, we treated seeds of Columbia wild-type *Arabidopsis* with artificial UV-B and examined germination potential, germination percentage, root length, plant height, and contents of chlorophyll, soluble sugar, soluble proteins and malonaldehyde (MDA). A short period of UV-B irradiation promoted *Arabidopsis* growth, with a significant effect at $1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ($P<0.05$), with peak germination potential and percentage, as well as root length, plant height, and contents of chlorophyll, soluble sugar and soluble proteins. However, MDA content was not affected ($P>0.05$). With doses $> 1.0 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, the promotion was reduced and was inhibited with longer irradiation. Thus, suitable UV-B irradiation dose could promote seed germination and seedling growth of *Arabidopsis*, and a too-high dose is an inhibitor, inducing damage.

Key words *Arabidopsis thaliana*, seed germination, seedling growth, UV-B irradiation

Li XY, Chen HZ, Han R (2013). Effect of UV-B irradiation on seed germination and seedling growth of *Arabidopsis*. *Chin Bull Bot* **48**, 52–58.

* Author for correspondence. E-mail: hhwrs1@yahoo.com.cn