

紫外线—B 辐射对 3 种植物幼苗光合作用和呼吸作用的影响研究初报

侯扶江

(甘肃草原生态研究所, 兰州 730020)

贲桂英

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要 UV - B 辐射明显降低大豆、豌豆和黄瓜 3 种植物幼苗的净光合速率和量子效率, 降幅随 UV - B 辐射时间延长而增加, 是一定 UV - B 强度下, UV - B 辐射剂量的累积效应。豌豆和大豆幼苗的暗呼吸速率受 UV - B 辐射抑制, 其中, 豌豆叶片暗呼吸受抑程度与 UV - B 辐射时间正相关。

关键词: UV - B 辐射 光合作用 量子效率 呼吸作用

* 大气臭氧(O₃)减少, 导致地面太阳紫外线-B (UV - B, 280~ 320 nm) 辐射增强, 已被观测证实^[1], 由于 UV - B 对蛋白质和核酸有较强的破坏作用, 危害地球生物^[2], 引起人类社会广泛关注。增强的 UV - B 对植物生长发育和生理生化活动有哪些作用, 是目前生态学和环境科学研究的热点问题之一。

我国西部和北部的高海拔地区(高山和高原), 草地资源十分丰富, 多为优良牧场, 然而, 这些地方较强的太阳 UV - B 辐射对草地群落组成、牧草产量和品质有哪些影响, 却不十分清楚。因此, 揭示 UV - B 在植物生命过程中的作用, 对于草地畜牧业的持续发展有积极的生产实践价值。本研究探讨人工 UV - B 光源照射后, 3 种植物幼苗光合作用和呼吸作用的变化, 以为草地利用、保护和改良提供有益参考。

1 材料和方法

植物生长室中, 将大豆(*Glycine max*)、豌豆(*Pisum sativum*)和黄瓜(*Cucumis sativus*)种子消毒后, 播于花盆中。幼苗出土后, 用 Philips 荧光灯管照射, 光合有效辐射(PAR, 400~ 700 nm) 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 昼/夜长度为 12 h/12 h, 昼/夜温度为 25 ± 1 / 15 ± 1 。

大豆、豌豆和黄瓜的第 2 片叶展开后, 剔除叶龄和生长情况差异较大的幼苗, 用 2 只 40W UV - B 灯管照射植物, 辐射强度 $0.24 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 波谱范围 280~ 320 nm, 时间与 PAR 光源同步(北京时间 8:00~ 20:00)。不断调整灯管与植物顶端距离, 定期适量浇灌全营养液。

用 Clark 氧电极测光合放氧速率^[3], 呼吸按 Gao 的方法测定^[4]。取 3 种植物幼苗第 2 片叶, 测 5 次, 计平均值。

2 结果和分析

2.1 UV - B 辐射与光合作用

图 1 显示, UV - B 辐射使 3 种植物幼苗的净光合作用速率(Net photosynthetic rate, P_n)和表观量子效率(Apparent quantum efficiency, AQE)下降, 表现出对光合作用的抑制。

与对照植株相比, 人工 UV - B 光源辐射 2 d 后, 豌豆、大豆和黄瓜 3 种植物幼苗的 P_n 分

* 本研究由国家自然科学基金资助。
作者简介: 侯扶江, 男, 1971 年生, 硕士。
收稿日期: 1997- 08- 10

别下降 11.3%、9.2% 和 7.1%，而辐射 6 d 的豌豆幼苗、辐射 10 d 的大豆和黄瓜幼苗， P_n 则分别降低 18.8%、20.6% 和 28.0% (图 1a)。可见，随着 UV - B 辐射时间的增加，3 种植物幼苗 P_n 降幅也逐渐增加，UV - B 日辐射剂量可以用辐射强度和时间的乘积表示，因此，一定强度下(远离致死强度)，UV - B 对光合作用的抑制是其辐射剂量的累积效应。

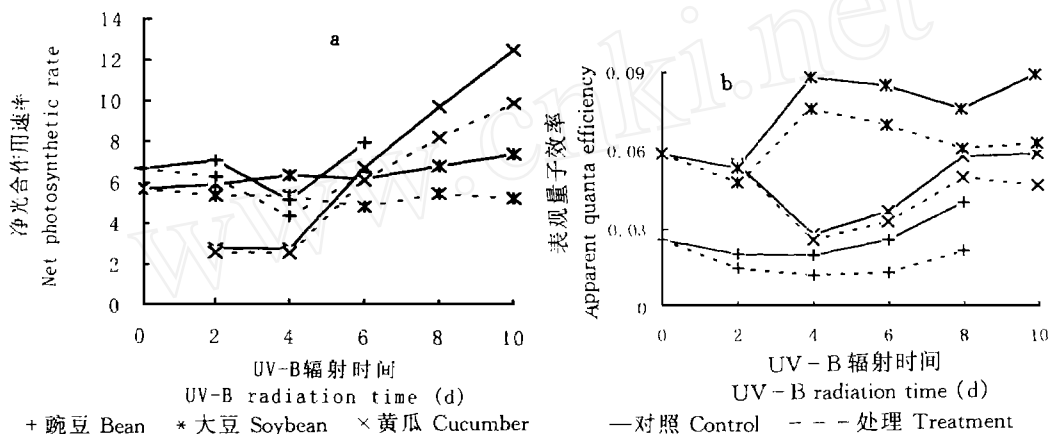


图 1 UV - B 辐射对 3 种植物的 P_n 和 AQE 的影响

Fig 1 Effects of UV - B radiation on P_n and AQE of plant seedlings

经过 2 d 的 UV - B 辐射，豌豆、大豆和黄瓜幼苗的 AQE 分别减少 26.8%、1.8% 和 11.1%，辐射 6 d 的豌豆幼苗、辐射 10 d 的大豆和黄瓜幼苗，AQE 分别比对照降低 46.2%、20.3% 和 29.2% (图 1b)。由此可见，UV - B 辐射时间增加，AQE 降幅也相应增加。

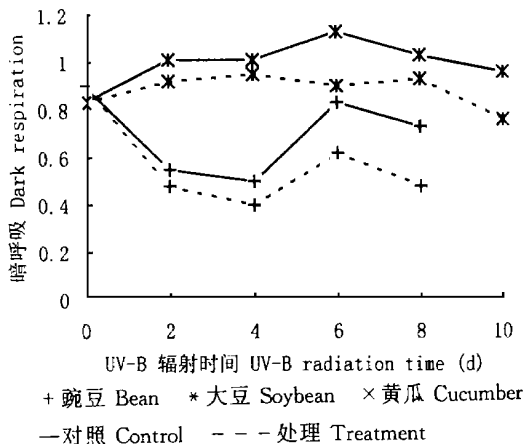


图 2 UV - B 辐射对植物幼苗 DR 的影响

Fig 2 Effects of UV - B radiation on DR of plant seedlings

从光合气体交换的角度看，AQE 和光饱和条件下的 P_n 下降是光合作用光抑制最显著的特征。光抑制可能起源于热耗散增加和光合机构破坏两个主要方面，如果只是热耗散而非光合机构破坏导致 AQE 下降，光饱和 P_n 不会减少^[5]。据此分析，人工 UV - B 辐射条件下，大豆、豌豆和黄瓜 3 种植物幼苗均发生光抑制，光合机构遭受一定程度的破坏。这与 Lingakumar 等人^[6]用荧光分析技术对豇豆 (*Vigna sinensis*) 的测试结果相近。

2.2 UV - B 辐射与呼吸作用 从图 2 可以看出，UV - B 辐射减少植物的暗呼吸速率 (Dark respiration rate, DR)，表现出对呼吸作用的抑制。

实验表明，与对照相比，UV - B 辐射 2 d 和 8 d，豌豆幼苗的 DR 分别下降 12.7% 和 34.2%，反映出，UV - B 辐射对呼吸作用的抑制程度随时间延长而增强。然而，UV - B 辐射对大豆幼苗 DR 的影响却无如此明显的规律。实验期间，UV - B 辐射植株的 DR 比对照平均降

低 13.52%。此外,经过 12 d 的 UV - B 辐射,大豆幼苗对照与处理植株的暗呼吸速率分别 CO_2 1.10 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 CO_2 0.9 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,后者较前者下降 18.2%。

UV - B 对呼吸作用的影响,报道不多,结果也有所不同。B randle 等人(1977)用豌豆所做的实验表明,UV - B 导致暗呼吸显著升高^[7]。但是,Larkum 等人(1993)用人工 UV - B 处理多种海洋藻类,发现呼吸作用没有变化^[8]。并且,Deckm yn 和 Impens(1997)用几种不同强度的 UV - B 处理黑麦(*Secale cereale* L.),暗呼吸变化没有比较明显的规律^[9]。本研究结果与此不同,除与 UV - B 辐射强度、植物种和植物(叶片)发育阶段有关外,紫外光对蛋白质有较强的破坏作用,UV - B 破坏与呼吸作用有关的细胞器和酶可能是重要原因,这一点尚需电镜观察和生化分析等方面的直接证据。

3 结束语

UV - B 增强不利于植物生长发育和许多生理生化过程,对群落或生态系统,包括对草地群落和生态系统,可能产生哪些影响,尚需深入系统的实验工作。Caldwell 曾经推测:由于植物的 UV - B 敏感性存在种间差异,UV - B 辐射增强可能改变种间竞争,进而影响群落或生态系统结构和初级生产力。

除了人类排放的氯氟烃等物质,植物、微生物(如硝化和反硝化细菌)和动物(尤其反刍动物)的一些代谢产物, O_2 、 NO 、 NO_2 和 CH_4 等,也参与大气 O_3 的生消过程^[10],把 O_3 层变薄仅仅归因于人类活动,而忽视生物因素,可能有失全面。此外,气候变化与大气 O_3 也不无关系^[10]。因此,在较大的时空尺度上研究“大气 O_3 —生物—气候”三者之间的关系,可能有助于人类把握 O_3 层变化的过去、现在和将来,揭示当前 O_3 减少与全球气候变化之间的关系,并采取有效对策。

参考文献

- 1 Newman P A. Antarctic total ozone in 1958. *Science*, 1994, 264: 543~ 546
- 2 Cline M G, Salisbury F B. Effects of ultraviolet alone and simulated solar ultraviolet radiation on the leaves of higher plants. *Nature*, 1966, 211: 484~ 486
- 3 李德耀,沈允钢. 质子动力势各组成部分与光合作用的关系. *科学通报*, 1994, 39(18): 1715~ 1717
- 4 Gao S J. Rapid post-illumination oxygen consumption and its relation to photorespiration. *Acta Phytophysiological Sinica*, 1988, 14(4): 313~ 317
- 5 许大全,张玉忠,张荣铎. 植物光合作用的光抑制. *植物生理学通报*, 1992, 28(4): 237~ 243
- 6 Lingakumar K, Kulandaivelu G. Regulatory role of phytochrome on Ultraviolet - B (280~ 315 nm) induced changes in growth and photosynthetic activities of *Vigna sinensis* L. *Photosynthetica*, 1993, 29(3): 341~ 351
- 7 B randle J R, Campbell W F, Sisson W B and Caldwell M M. Net photosynthesis, electron transport capacity, and ultrastructure of *Pisum sativum* L. exposed to ultraviolet - B radiation. *Plant Physiology*, 1977, 60(1): 165~ 169
- 8 Teramura A H, Biggs R H and Kossuth S. Effects of ultraviolet - B irradiances on soybean, II. interaction between ultraviolet - B and photosynthetically active radiation on net photosynthesis, dark respiration, and transpiration. *Plant Physiology*, 1980, 65(2): 483~ 488
- 9 Larkum A W D, Wood W F. The effect of UV - B radiation on photosynthesis and respiration of phytoplankton, benthic macroalgae and seagrasses. *Photosynthetic Research*, 1993, 36(1): 17~ 23
- 10 侯扶江, 贲桂英, 淮贵银. 太阳紫外线 - B 辐射及其植物效应刍议. *农业环境与发展*, 1997, 14(2): 9~ 12