

UV-B 辐射与酸雨胁迫对小白菜生理特性的影响

赵晓莉, 郭照冰, 汤莉莉, 郑有飞, 张慧, 黄慧 (南京信息工程大学环境学院环境工程系, 江苏南京 210044)

摘要 研究了 UV-B (280~320 nm) 辐射与酸雨 (AR) 单一和复合胁迫对白菜生理特性及品质的影响。结果表明: 在 UV-B 辐射增强与酸雨的单一处理下, 使白菜叶绿素含量降低、蒸腾速率减小, 并且下降幅度受 UV-B 辐射强度与酸雨 pH 值的影响, 在二者的复合作用下, 叶绿素含量、蒸腾速率的下降幅度明显高于单一因子作用; 对类黄酮含量的影响, UV-B 辐射和酸雨单一因子下有一定促进作用, 而且二者的复合作用促进的效果更加的明显。UV-B 辐射增强与酸雨的复合处理在影响白菜的品质这方面并没有表现出明显的协同作用, 可能因为在植物体内合成可溶性蛋白质、可溶性糖和 Vc 是非常复杂的生化反应, 影响因素很多, 所以仅考虑 UV-B 辐射与酸雨这两个因素是不行的, 这方面还需要做进一步的调查和试验。

关键词 UV-B 辐射; 酸雨; 白菜; 生理特性; 品质; 胁迫

中图分类号 Q945.78 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)02-00358-03

臭氧层减薄使到达地表的 UV-B 辐射增加^[1]和酸雨污染^[2]已成为当代人们关心环境问题, 引起了学术界和各国政府的普遍关注。有关 UV-B 增强和酸雨污染对植物影响国内外都已做了大量的研究, 但大多集中在单一因子的影响上, 只有少数复合研究^[3-4], 但在实际中往往表现为 UV-B 增强和酸雨的复合协同作用。因而研究两者的复合作用所产生的生物学和生态学效应将有更重要的理论和实践意义。笔者以生菜为材料, 研究了 UV-B 辐射与酸雨处理对白菜生理特性及品质的影响, 旨在为二者的综合影响作出评估。

1 材料与方法

1.1 材料 白菜 金陵白菜, 白菜产地为南京中华门) 播于南京信息工程大学生态学试验田中, 在日常管理过程中, 始终保持土壤水分、肥料的充足。幼苗生长到 (3~4) cm 时开始进行 UV-B 辐射及酸雨处理。

紫外灯管为国产, 发射光谱区域为 (280~320) nm, 近似太阳 UV-B 成分。将可调高度的 UV-B 灯管架于生菜的冠层上方 1 m 处, 人工每天照射紫外线 10 h。CK 为对照组, 用自然光, T1、T2 为人工增加的 UV-B 辐射组, 强度分别为 0.15 W/m² 和 0.35 W/m²。

模拟酸雨 (AR) 的配制参见文献[5], 配制成 pH 值为 5.0 (AR₁) 和 4.0 (AR₂) 的酸雨溶液, 用喷壶均匀喷洒在生菜的叶片, 以叶片滴液为限 (1 d 喷 1 次), 对照植株 (CK) 喷等量的蒸馏水。

1.2 方法

1.2.1 处理设计。 试验共设 9 组处理: CK、UV₁、UV₂、AR₁、AR₂、UV₁+AR₁、UV₁+AR₂、UV₂+AR₁、UV₂+AR₂, 每处理 3 次重复。2006 年 4 月 1 日开始进行, 共处理 40 d。第 40 天收获后测定小白菜的叶绿素、类黄酮及品质指标粗纤维、Vc、可溶性蛋白和可溶性糖。

1.2.2 指标测定。

(1) 生理指标。蒸腾速率的测定: 利用美国产的 LI-6400 便携式光合仪测定。叶绿素的测定: 用叶绿素的丙酮乙醇提取液的吸收方法^[6], 仪器采用 752 型紫外-可见光栅分光光度计, 吸收波长为 645、652、663 nm, 分别测定, 根据公式 $C = 20.2 \times OD_{645} + 8.02 \times OD_{663}$ 计算出叶绿素的含量。类黄酮的

测定: 根据 Caldwell^[7]测定类黄酮的甲醇提取液的吸收方法, 并作适当改进, 使用离心机分离提取液 10 min, 取上层清液, 定量稀释, 取样, 用 752 型紫外-可见光栅分光光度计测定。吸收波长选择在 340 nm 处作代表峰值分别测定类黄酮相对含量。

(2) 品质指标^[8]。粗纤维的测定: 用酸碱洗涤法测定。Vc 的测定: 用 2,6-二氯酚酚滴定法测定。可溶性糖的测定: 用蒽酮比色法测定。可溶性蛋白质的测定: 用凯氏定氮法测定。

2 结果与分析

2.1 UV-B 辐射与酸雨胁迫对白菜生理特性的影响

2.1.1 对白菜蒸腾速率的影响 (表 1)。从表 1 可以看出, 酸雨降低了白菜的蒸腾速率, AR₁ 降低了 13.23%, AR₂ 降低了 16.71%, 说明酸雨程度越强, 对白菜蒸腾速率的影响越大。UV-B 也降低了白菜的蒸腾速率, UV₁ 降低了 8.82%, UV₂ 降低了 11.45%, 说明紫外辐射强度越大, 会抑制白菜的蒸腾速率。二者的复合作用更加的明显, 在 UV₁+AR₁、UV₁+AR₂、UV₂+AR₁、UV₂+AR₂ 作用下, 分别降低了 21.12%、23.39%、21.78% 和 25.03%, 可见 UV-B 辐射与酸雨对白菜蒸腾速率的抑制影响存在协同作用。

表 1 UV-B 辐射与酸雨胁迫对白菜蒸腾速率和类黄酮的影响

	蒸腾速率 // g / (m ² ·h)	类黄酮含量 // mg/g
CK	0.680 2	35.53
AR ₁	0.590 2	36.23
AR ₂	0.566 5	36.76
UV ₁	0.620 2	44.28
UV ₂	0.602 3	52.23
UV ₁ +AR ₁	0.536 5	41.75
UV ₁ +AR ₂	0.521 1	42.36
UV ₂ +AR ₁	0.532 0	52.59
UV ₂ +AR ₂	0.510 1	53.28

2.1.2 对白菜类黄酮含量的影响 (表 1)。从表 1 中可以看出与 CK 相比, 酸雨增加了小白菜的类黄酮含量, AR₁ 增加了 1.97%, AR₂ 增加了 3.46%, 说明酸雨程度越强, 对小白菜的类黄酮影响越大。处理 UV₁、UV₂ 状态下小白菜的类黄酮含量分别增加了 24.62% 和 47.00%, 说明紫外辐射强度增大, 会增加白菜的类黄酮。并且 UV₂ 条件下类黄酮含量大于 UV₁ 条件, 说明随着 UV-B 辐射强度的增大, 类黄酮含量增大。二者的复合作用更加明显, 在 UV₁+AR₁、UV₁+AR₂、UV₂+AR₁、UV₂+AR₂ 作用下, 类黄酮含量分别增加了 17.51%、19.22%、48.01% 和 49.25%, 可见 UV-B 辐射与酸雨对类黄酮的影响存在协同。可能是外界环境对植株的刺激越大

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (项目编号 40175029); 南京信息工程大学科研基金项目 (Y410)。

作者简介 赵晓莉 (1974-), 女, 陕西西安人, 硕士, 讲师, 从事水环境污染与生态修复方面的教学与研究。

收稿日期 2006-10-12

(UV-B 和酸雨强度的增大),叶片内部为适应自然环境会形成自我保护机制。

2.1.3 对白菜叶绿素含量的影响 (表 2)。从表 2 可以看出,与 CK 相比,UV-B 辐射增加,使小白菜叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量减小,而且随着 UV-B 辐射程度增

大,叶绿素下降的程度也越大;酸雨处理条件下,随着酸雨增强,小白菜叶片的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量也呈减小趋势。而且在二者的复合作用下对叶绿素含量的影响更加明显,也就是说,紫外辐射强度越大,酸雨 pH 值愈低对植株叶片的叶绿素影响愈大,并且复合作用大于单一

表 2 UV-B 辐射与酸雨处理对白菜叶绿素含量的影响

	叶绿素 a 的质量分数	相对值	叶绿素 b 的质量分数	相对值	叶绿 a+b 的质量分数	相对值	叶绿素 a/叶绿素 b
CK	0.404 3	100	0.195 2	100	0.634 6	100	2.071 2
AR ₁	0.443 8	109.770 0	0.218 9	112.141 4	0.725 8	114.371 3	2.027 4
AR ₂	0.431 9	106.826 6	0.210 3	107.735 7	0.684 5	107.863 2	2.053 7
UV ₁	0.382 1	94.509 0	0.187 6	96.106 6	0.615 8	97.037 5	2.036 8
UV ₂	0.374 6	92.654 0	0.179 8	92.110 7	0.594 5	93.681 1	2.083 4
UV ₁ +AR ₁	0.356 2	88.102 9	0.184 3	94.416 0	0.610 3	96.170 8	1.932 7
UV ₁ +AR ₂	0.379 5	93.865 9	0.180 0	92.213 1	0.596 7	94.027 7	2.108 3
UV ₂ +AR ₁	0.352 4	87.163 0	0.167 4	85.758 2	0.557 6	87.866 4	2.105 1
UV ₂ +AR ₂	0.345 6	85.481 1	0.163 9	83.965 2	0.546 2	86.070 0	2.108 6

因子的影响。

2.2 UV-B 辐射与酸雨胁迫对白菜品质的影响

2.2.1 对白菜粗纤维含量的影响 (图 1)。从图 1 可以看出,经过 UV-B 和 AR 处理的白菜的粗纤维均比自然状态下的要高,UV-B 辐射对植物粗纤维的影响要远远大于 AR (UV₂>AR₂)。从图 1 的变化趋势中可以看出酸雨的酸性越强,紫外线辐射的强度越大,对植物的破坏性也越大 (UV₂>UV₁, AR₂>AR₁)。在 AR 与 UV-B 复合处理中,二者的复合作用对白菜的影响高于 AR 与 UV-B 的单独作用 (UV₁+AR₁>UV₁, UV₁+AR₁>AR₂)。原因可能是在处理的作用下,使小白菜产生木质化,从而导致粗纤维升高,所以 UV-B 与酸雨对植物的粗纤维有共同的协同作用,都会使植物的粗纤维含量升高。

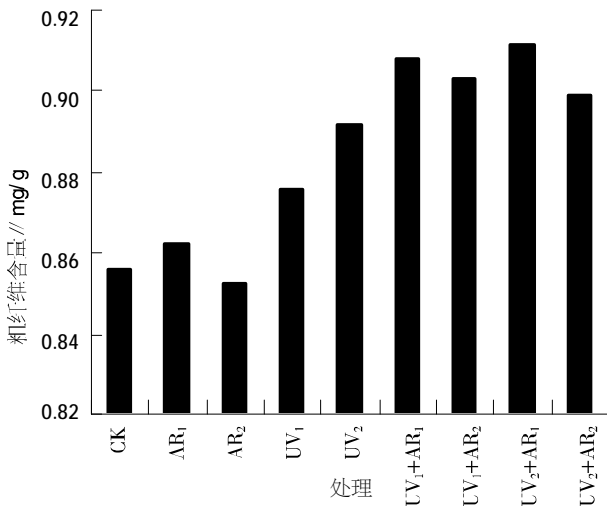


图 1 UV-B 辐射与酸雨胁迫对白菜粗纤维含量的影响

2.2.2 对白菜 Vc 含量的影响 (图 2)。从图 2 的结果可以看出,受到酸雨和 UV-B 影响的小白菜中 Vc 含量都比在自然条件下白菜中 Vc 的含量都要高,单因子方面表现为 AR₂>UV₂>UV₁>AR₁;在二者的复合作用下,UV₁+AR₂ 的影响最大,要大于 UV₂+AR₂。可见酸雨和 UV-B 胁迫对 Vc 含量都有影响,但并不是简单的效果叠加,不会产生共同的胁迫作用,这可能与形成 Vc 复杂的生化反应有关,还需要考虑其他的影响因素。

2.2.3 对白菜可溶性糖含量的影响 (图 3)。从图 3 可以看出,在酸雨单独作用时,小白菜叶片内可溶性糖含量比自然条件下的要高,而且随着酸雨 pH 值降低,含量越高;在 UV-

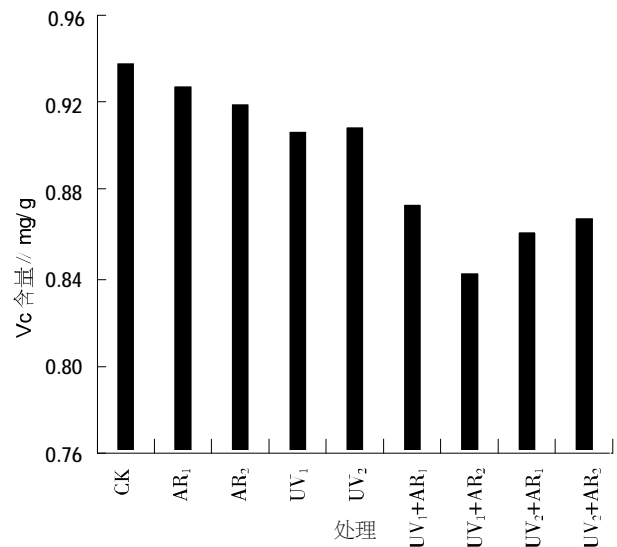


图 2 UV-B 辐射与酸雨胁迫对白菜 Vc 含量的影响

B 辐射作用下,白菜叶片内可溶性糖含量比自然条件下的也要高,但是随着 UV-B 强度增大,呈降低趋势,说明在一定的辐射强度下,会促进植株体内糖的合成,当超过一定的辐射强度或阈值时,又会抑制糖的合成。在二者的复合作用下,叶片可溶性糖均比 CK 高,而且有一定的协同作用 基本表现为 UV₁+AR₁<UV₁+AR₂<UV₂+AR₁<UV₂+AR₂)。

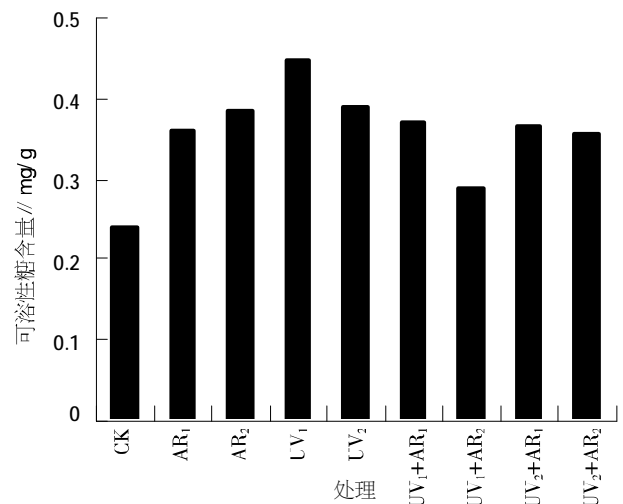


图 3 UV-B 辐射与酸雨胁迫对白菜可溶性糖含量的影响

2.2.4 对白菜可溶性蛋白质含量的影响。从图 4 可以看出,

与自然状况下相比较,模拟酸雨对叶片的蛋白质含量有一定影响,在 AR_1 条件下,比对照低,在 AR_2 条件下比对照高;在 UV-B 辐射的条件下,可溶性蛋白质的含量都有变化,总体是比对照高,但是在 UV_2 条件下含量比 UV_1 低。在 UV-B 辐射与酸雨复合处理下,植株中的蛋白质含量出现了增高现象。总的来说叶片中的蛋白质含量比对照高,但是在不同的处理条件下,含量变化不大,可见 UV-B 辐射与酸雨对植物可溶性蛋白质并不产生共同的协同作用。

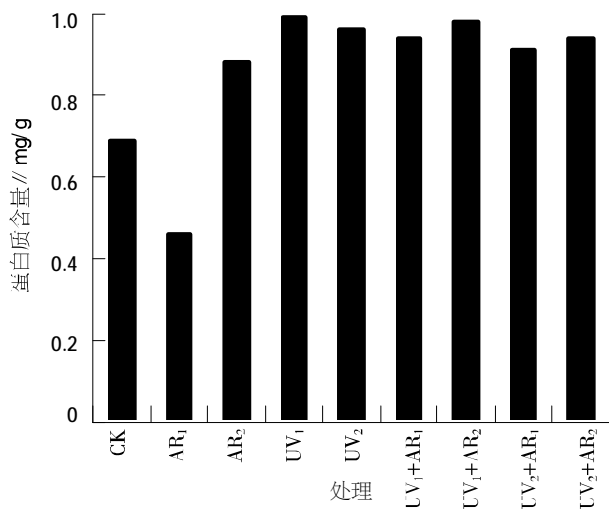


图4 UV-B辐射与酸雨胁迫对白菜可溶性蛋白质含量的影响

3 结论

(1) UV-B 辐射和酸雨单一因子对叶绿素、蒸腾作用有一定抑制,而且二者的复合作用抑制的效果更加的明显;对类黄酮的影响 UV-B 辐射和酸雨单一因子有一定促进作用,也是二者的复合作用促进的效果更加的明显;

(2) UV-B 辐射和酸雨单一因子都对白菜的可溶性蛋白质、粗纤维、可溶性糖和 Vc 的含量都有一定程度的影响。与 CK 相比,可溶性蛋白质、粗纤维均比对照上升,具有一定的协同作用,但可溶性糖和 Vc 的变化没有一定的规律,可能是因为影响品质指标因素较复杂,因此还需要继续进行研究和探索。

参考文献

- [1] KRIZEK D, GAO W. Ultraviolet radiation and terrestrial ecosystem[J]. *S Photochemistry and Photobiology*, 2004, 79(5): 379-381.
- [2] 冯宗伟. 中国酸雨的生态影响和防治对策[J]. *云南环境科学*, 2000(19): 1-6.
- [3] 梁婵娟. UV-B 辐射与酸雨复合胁迫对油菜幼苗生长的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2004, 23(2): 231-234.
- [4] 胡正华, 索福喜. UV-B 增加与酸雨复合处理对大豆种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *生态环境*, 2005, 14(4): 523-525.
- [5] 吴杏春. 模拟酸雨对草坪草若干生理指标的影响[J]. *草业科学*, 2004, 21(8): 88-92.
- [6] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2003: 2-3.
- [7] CALDWELL M M. The effects of solar UV-B radiation (280-315nm) on higher plants: implications of stratospheric ozone reduction[M]// CAXEELLAN A eds. *Research in photobiology*. New York: Plenum Press, 1977: 335.
- [8] 李西开. 土壤农化常规分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1984.