

太阳紫外线辐射及其生物效应

吴 兑

(广州热带海洋气象研究所, 广州 510080)

提 要

紫外(UV)辐射在太阳辐射光谱中的谱区范围是在 100~400nm 间,其能量仅占太阳辐射总量的 8%,按照不同波长紫外线所起的生物作用,可分为三部分:紫外线 A 段(UV-A),波长 320~400nm,约占太阳辐射总量的 6%,这部分生物作用较弱,主要是色素沉着作用。紫外线 B 段(UV-B),波长 290~320nm,约占太阳辐射总量的 1.5%,此段对人体影响较大,主要作用是抗佝偻病和红斑作用,是引起皮肤癌、白内障、免疫系统能力下降的主要原因之一。紫外线 C 段(UV-C),波长 100~290nm,约占太阳辐射总量的 0.5%,由于几乎完全被臭氧层吸收而不能到达地面。以人工发生的紫外线灯进行实验,这段紫外线具有最大杀菌力,对机体细胞也有强烈的刺激破坏作用。

关键词: 太阳紫外辐射 生物效应 臭氧

1 基本概念

紫外(UV)辐射在太阳辐射光谱中的谱区范围是在 100~400nm 间,其能量仅占太阳辐射总量的 8%,按照不同波长紫外线所起的生物作用,可分为三部分:紫外线 A 段(UV-A),波长 320~400nm,约占太阳辐射总量的 6%,这部分生物作用较弱,主要是色素沉着作用。紫外线 B 段(UV-B),波长 290~320nm,约占太阳辐射总量的 1.5%,此段对人体影响较大,主要作用是抗佝偻病和红斑作用,是引起皮肤癌、白内障、免疫系统能力下降的主要原因之一。紫外线 C 段(UV-C),波长 100~290nm,约占太阳辐射总量的 0.5%,由于几乎完全被臭氧层吸收而不能到达地面。以人工发生的紫外线灯进行实验,这段紫外线具有最大杀菌力,对机体细胞也有强烈的刺激破坏作用^[1,2]。

图 1 给出了 40°N 夏至正午臭氧总量为 300DU(陶普生单位)时 290~400nm 谱区的地面太阳光谱辐照度($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$)分布^[1]。可以看出,从 290nm 到 400nm 光谱辐照度增加了 5 个数量级。在 320~290nm 范

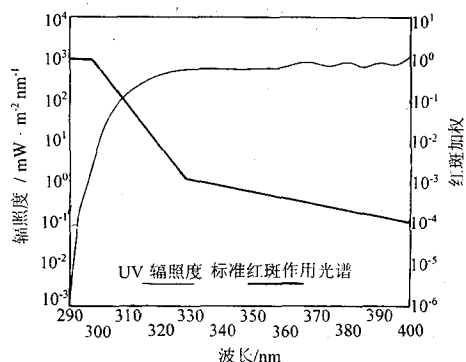


图 1 40°N 夏至正午臭氧总量为 300DU(陶普生单位)时 290~400nm 谱区的地面太阳光谱辐照度($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$)分布与标准红斑作用光谱

围内,虽然光谱辐照度显著下降,但其出现的最大变化与气柱臭氧总量或太阳光束穿越大气层到达地面的路径长度的明显变化相对应。动、植物对此波长范围内的 UV 辐射最为敏感。图中还给出了国际照明委员会(CIE)确定的用以表示 UV-B 和 UV-A 谱区

有关皮肤反应的标准红斑(或太阳晒伤)作用光谱(Mckinlayhe Diffey, 1987)。图中表明, 红斑作用光谱随波长的变化十分明显。红斑作用光谱是根据不同皮肤类型相对于紫外辐射的观测资料综合而成的。“皮肤类型”不仅描述了皮肤的自然色素沉着, 还表示了皮肤被晒伤或晒红的可能性^[2]。

图2给出了图1所示的红斑作用光谱与紫外光谱辐照度之积^[1]。可以看出, 其峰值接近308nm。该值随气柱臭氧总量的减少而上升, 随气柱臭氧总量的增加而降低。若对290~400nm积分, 可得出总红斑辐照度($\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$), 也称其为剂量率(dose rate), 用以表示危及皮肤的紫外辐射瞬时值。根据新西兰Lauder(45°S)的观测资料计算, 气柱臭氧总量每变化1%, 上述剂量率的增加值约为 $(1.25 \pm 0.2)\%$, 此概念称为辐射放大因子(RAF)。

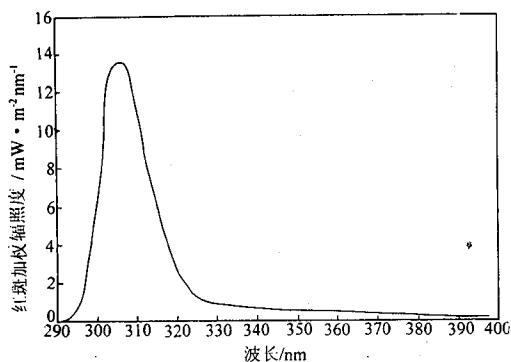


图2 红斑作用光谱与紫外光谱辐照度之积

对一段时间(如分、小时、日、年)的剂量率积分, 可得到剂量值, 表示昼间相应时段紫外辐射剂量率变化情况。图3给出了20°N、40°N和60°N夏至昼间的红斑加权紫外剂量率曲线^[1,2], 当时上空的臭氧总量也是300DU。可以看出, 在上午的中段时间曲线迅速上升, 在下午的中段时间曲线迅速下降, 但正午时间(正午前后各半小时)曲线较平。在极区附近, 曲线较为平缓; 在热带附近, 曲线较为陡峭。

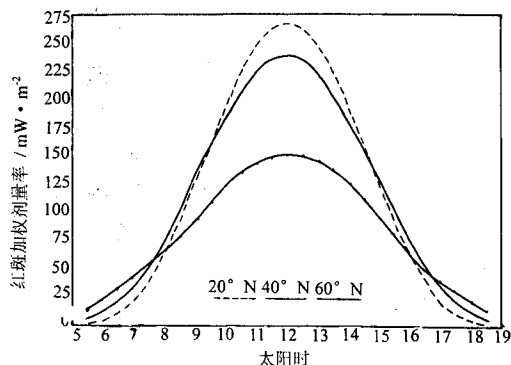


图3 20°N、40°N和60°N夏至昼间的红斑加权紫外剂量率曲线

2 紫外线辐射的生物效应

尽管UV辐射所占的太阳辐射能量比例较少, 但由于其光量子能量较高, 所产生的光化学作用和生物学效应十分显著, 对地球气候、生态环境及人类健康具有重要的影响。紫外线的生物效应有下列几个方面:

2.1 红斑作用

皮肤经紫外线照射后, 经过一定时间, 皮肤上即可出现刚可辨别的红斑, 引起这一红斑的紫外线剂量称为一个红斑剂量(也称红斑单位)。不同波长紫外线的红斑剂量不同, 现统一以功率为1W的297nm波长的紫外线灯的红斑辐射强度为一个红斑剂量。不同波长的红斑效果相差很大, 红斑作用最强的紫外线波长为294nm, 最弱的波长是320nm, 波长大于320nm时, 红斑作用为零, 相对作用最强的波段位于290~310nm之间^[3~7]。

由于产生红斑作用的这一波段紫外线也具有杀菌和抗佝偻病作用, 而其作用曲线的峰值与抗佝偻病曲线的峰值相近, 故可用红斑剂量来代表紫外线的生物剂量。因测定方法比较简便, 现常用红斑剂量来表示人体每天所必需的紫外线照射剂量^[7,8]。

不同地区、不同季节、由于太阳高度角的不同, 造成太阳辐射强度和紫外线波长的变

化,因而红斑剂量也有较大的差别。低纬度地区获得较短波长的紫外线比高纬度地区多,如俄罗斯北部4月份日平均红斑剂量为2.1,而上海同时期为4.57~5.06。同一地区不同季节红斑剂量变化亦很大,一般以5~8月最高,表明紫外线较多地集中于夏季。

表1 红斑作用强度表

波长/nm	红斑作用强度/%
275	22
279	20
285	25
290	45
294	100
300	85
305	60
310	40
315	20
320	0

2.2 色素沉着作用

在到达地面的紫外线中,波长300~435nm的紫外线具有色素沉着作用。如表2所示,最大色素沉着强度位于355nm,为100%个色素沉着强度相对单位,小于300nm或大于435nm时,紫外线色素沉着作用为零^[7,8]。

表2 到达地面的紫外线色素沉着强度表

波长/nm	色素沉着相对强度/%
300	0
310	30
320	50
330	70
340	90
355	100
360	95
370	90
380	80
390	65
400	45
410	35
420	21
435	0

2.3 抗佝偻病作用

在到达地面的紫外线中,波长275~310nm的紫外线具有抗佝偻病作用,最大抗佝偻病强度位于282nm,为100%强度单位。波长大于308nm时,抗佝偻病作用为零^[7,8]。

2.4 杀菌作用

紫外线的杀菌作用与紫外线的波长、辐射强度、微生物对紫外线照射的抵抗力都有关。在相同的能量和照射时间下,不同波长的紫外线杀菌效果并不同。波长253nm的紫外线杀菌作用最强,较波长395nm的紫外线效果大1500倍。不同细菌对不同波长紫外线敏感性不同。金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌对波长265nm的紫外线最敏感,而大肠杆菌则对234nm波长的紫外线最敏感,通常到达地面的紫外线是不能将这些致病菌杀灭的。在空气中,白色葡萄球菌对紫外线最敏感,黄色八叠球菌耐受力最强。紫外线的杀菌作用,必须当细菌位于浅表部位,在紫外线的直接作用下才有效。因此,在气溶胶中的细菌不易被紫外线杀死。增加紫外线的剂量与照射强度可增强杀菌作用,但两者不呈相应的线性关系。

在到达地面的紫外线中,具有杀菌作用的紫外线波长位于275~300nm之间,如表3所示,杀菌强度与波长相关呈线性关系,275nm最大,杀菌作用为单位杀菌强度的55%,300nm波长以上杀菌强度为零^[7,8]。

表3 到达地面的紫外线杀菌作用强度表

波长/nm	杀菌作用强度(%)
275	55
280	40
285	25
290	18
295	10
300	0

2.5 促进机体的免疫反应

长波紫外线辐射能增强机体的免疫力。机体经长波紫外线照射后,可刺激血液中凝集素的凝集,使凝集素的滴定效价增高,增强了机体对感染的抵抗力。紫外线照射增强机体免疫力的效果还决定于照射剂量、照射时间以及机体的机能状态^[4,5]。

2.6 紫外线对人体不同部位的其他作用

紫外线对人体的胃肠道、循环系统、代谢系统、内分泌、神经系统都有影响。

对胃肠道的影响主要是,在阳光或人工紫外线灯红斑剂量照射下,健康人和胃病患者的胃液分泌增加;如过度曝晒则可发生胃

炎。

对于循环系统,紫外线能使皮肤释放组胺,从而导致毛细血管扩张。对健康青年人,血压可降低6~8毫米汞柱。还可使血液中血红蛋白及红细胞数增加,并在开始时使中性多核白细胞增多。能使血液中钙、钾、磷、钠含量增高。

对于代谢系统,紫外线能提高组织的氧化过程,使酶更活跃(如脂肪分解酶等),并能促使蛋白代谢。对基础代谢无直接作用。

紫外线对内分泌的影响,主要是可加强甲状腺机能,并因组胺的作用影响肾上腺皮质。

对于神经系统,中等剂量的紫外线能兴奋周围神经及交感神经的感受器,大剂量则起抑制作用。

人体不能缺少紫外线的照射,每人每天需要的照射剂量一般为1/8~1/4红斑剂量。

紫外线通过玻璃窗后,虽然强度减弱,短波紫外线减少,但仍具有生物学作用^[4,5]。

参考文献

- 1 C. S. Long, A. J. Miller, Hai-Tien Lee et al. Ultraviolet index forecasts issued by the National Weather Service. Bull. AMS, 1996, 77(4):729~748.
- 2 周毅. 紫外辐射特性及紫外指数预报方法. 军事气象, 1997, (5):25~30.
- 3 郑有飞, 钱晶. 紫外辐射增加对人类疾病影响的研究. 气象科技, 1999, (2):10~13.
- 4 S. P. Division. 1997, How is the UV Index Calculated?, <http://www.epa.gov/ozone/uvindex/uvcalc.html>.
- 5 Graig. S. Long. 1997, Nature of UV Radiation, http://nic.fb4.noaa.gov/products/stratosphere/uv_index/.
- 6 张书余. 医疗气象预报基础. 北京:气象出版社, 1999.
- 7 上海第一医学院主编. 环境卫生学. 北京:人民卫生出版社, 1981.
- 8 夏廉博. 人类生物气象学. 北京:气象出版社, 1986.

Surface Sunny Ultraviolet Radiation and Biology Effect

Wu Dui

(Guangzhou Institute of Tropical and Oceanic meteorology, 510080)

Abstract

Ultraviolet radiation can be divided into three parts of the sun's radiation spectrum. The wavelengths of UV-A radiation range is from 320 to 400 nm. Ozone absorbs very little of this part of the UV spectrum. Ultraviolet-A radiation is needed by humans for the synthesis of vitamin D. However, UV-A causes photoaging (toughening of the skin), degradation of the immune system, and to a lesser degree, reddening of the skin and cataract formation. Ultraviolet B ranges in wavelength from 290 to 320 nm. Ozone absorbs much of the shorter wavelength radiation, but this absorption weakens as 320 nm is approached. Plants and animals are particularly affected by this part of the UV spectrum. Ultraviolet-B can redden the skin (erythema) and reduce vitamin-D synthesis in a short term and may cause skin cancer, cataracts, and may degrade the immune system in the long term. Ultraviolet C is characterized by wavelengths of less than 290 nm. Although highly dangerous to plants and animals, this part of the UV spectrum is completely absorbed by stratospheric ozone and does not reach the earth's surface.

Key Words: sunny ultraviolet radiation biology effect Ozone