

文章编号: 1003 - 7578(2006)03 - 079 - 06

祁连山海北高寒草甸地区 UV - B 的气候变化特征^{*}

李英年¹, 杜明远², 唐艳鸿³, 赵亮¹, 王勤学³, 赵新全¹, 古松³

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001; 2. 日本农业环境技术研究所, 筑波 3058604; 3. 日本国立环境研究所, 筑波 30500534)

提 要: 分析祁连山海北高寒草甸地区 2002 年太阳总辐射 (E_g)、UV - B 及 UV - B 占 E_g 比例的气候变化特征。结果表明: 海北站地区 UV - B 较强, 日瞬时最高接近 $10 W \cdot m^{-2}$, 日总量最高达 $0.204 MJ \cdot m^{-2}$; 日、年变化依 E_g 的日、年变化具有显著的正相关关系。UV - B 与 E_g 的比值 (), 不论是日变化还是年变化表现明显, 一日间早晚低, 中午高, 一年间 6 月最高, 冬季的 12 月低, 与太阳高度角的变化具有一定的正相关关系。年平均 约为 0.54%, 植物生长期的 5 ~ 9 月约为 0.65%。在海北高寒草甸地区 E_g 和 UV - B 的年总量分别达 $6387.436 MJ \cdot m^{-2}$ 和 $35.981 MJ \cdot m^{-2}$ 。

关键词: 高寒草甸; UV - B; 气候变化; 特征

中图分类号: P532

文献标识码: A

太阳紫外辐射 (UV) 是太阳辐射光谱中波长小于 400nm 并能到达地球大气的那部分辐射, 而 UV 又可分为 UV - A、UV - B 和 UV - C 三个波段, 其三波段的波长分别为 320 ~ 400nm、280 ~ 320nm 和 < 280nm。UV - C 一般其量值小且易被大气平流层和对流层的臭氧及氧所吸收, 很难到达地球表面而可忽视。由于地球大气平流层中臭氧的保护作用, 能到达地球表面的 UV 多是 UV - A 和少量的 UV - B。UV 一般对地球表面的生物 (包括人类) 均有较大的影响, 特别是 UV - B 虽然其量值很小, 但对生物生长发育的生理影响具有不可忽视的作用^[1-10]。近几十年来, 由于工业化程度的加剧, 人类向大气排放大量的工业废气, 尤其是氟氯烃化物的大量增加, 使平流层的臭氧浓度遭受严重破坏, 大气组分发生变化, 一定程度地加大了到达地球表面的太阳 UV - B, 成为生态系统重要的影响生态环境因子。在青藏高原, 由于其高程明显, 大气透明, 空气清洁, 本身就有较高的 UV - B 背景值, 当 UV - B 相对增加, 将会对人类活动及植物生理过程产生不可忽视的影响。因此植物生态生理学家、气象学家对 UV 的关注极为重视, 研究也从未中断^[1-12]。虽然不同学科的研究者, 对 UV 及其 UV - A、UV - B 对植物生理的影响等作过不少的报道, 但在青藏高原由于其恶劣的自然环境等原因, 涉及 UV 及其 UV - A、UV - B 观测资料甚少, 有也是路线性或零星的观测值^[2]。中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站 (海北站) 与日本国立环境研究所等单位有幸 2001 年 8 月开始, 开展合作研究“温带高寒草甸生态系统的碳素动态和温暖化影响的研究”的项目, 利用涡度相关技术进行了包括大气、CO₂、热量平衡、辐射平衡等诸多项目的观测。本文将利用该仪器对太阳总辐射 (E_g) 和 UV - B 的资料观测, 对此气候变化特征予以分析报道, 这对摸清青藏高原的 UV - B 的实际变化情况, 具有十分重要的意义, 也对研究全球变化过程中植物的生态生理适应过程提供可靠的科学数据。

1 研究资料和方法

观测仪器设在海北站北滩, 地形开阔, 有足够大的“风浪区”。文中所牵扯到观测项目 UV - B 及 E_g

* 收稿日期: 2005 - 02 - 11。

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX1 - SW - 01 - 01); 国家重点基础研究发展规划项目 (2002CB412501); 中日合作“以 21 世纪亚洲陆地生态系统碳管理为目标的综合碳收支研究”及中日合作“亚太地区环境创新战略计划 (APEIS)”。

作者简介: 李英年 (1962 ~) 男, 青海乐都人, 高级工程师, 主要从事生物气象研究工作。E - mail: ynli @nwipb.zc.cn

的仪器为美国制造。仪器架设高度在植被冠面上方的 1.5m 处,观测时间采用北京时间(海北站当地正太阳时与北京时相差 1.4h),采样频率为每 15min 读取时段内的平均值,数据下载采用笔记本电脑。数据统计整理时,其小时值为每 15min 读取数的合计值乘以 60min,日合计则为其小时累计值。

2 研究点的自然概况

海北站地处青藏高原东北隅的青海海北藏族自治州门源回族自治县境内,祁连山北支冷龙岭东段南麓坡地的大通河河谷西段,地理位置为 37°29 ~ 37°45 N,101°12 ~ 101°23 E,站区地形开阔,海拔在 3200—3600m;北部~西北部 10km 处为高耸的冷龙岭,西南约 15km 处是达板山。该地区位于亚洲大陆腹地,具明显的高原大陆性气候,夏季风影响微弱。受高海拔条件的制约,气温极低,无明显四季之分,仅有冷暖二季之别,干湿季分明;空气稀薄,大气透明度高,年内相对无霜期约为 20 天左右。年平均气温 -1.7,最冷月(1月)平均气温 -14.8,最暖月(7月)平均气温 9.8。植物生长期只有 135 天左右。年降水量较高,约为 580 多 mm,但降水的年际变率较大,最高年是最低年的 2 倍;降水主要分布于暖季的 5~9 月,占年降水量的 80%,冷季的 10~翌年 4 月仅为年降水量的 20%。在最热的 7 月仍可出现霜冻、结冰、降雪(雨夹雪)等冬季所能有的天气现象。表现出冷季寒冷、干燥、漫长,暖季凉爽、湿润、短暂^[13]。

3 观测结果分析

3.1 Eg 及 UV - B 的日变化情况

图 1 分别列出了海北高寒草甸植被分布区 1、4、7、10 月每月 15~17 日 3d 时间内 Eg 及 UV - B 的日变化情况。所选择的不同月份基本可代表不同季节及不同天气状况下 Eg 及 UV - B 的分布情况。图 1 说明,一日间海北高寒草甸分布区 Eg 及 UV - B 均为单峰式的日变化规律,与一日间太阳高度随时间变化相联系,且具有较高的量值,Eg 最高可达 1000 W · m⁻² 以上,一般出现在北京时间 13:00 左右(地方时

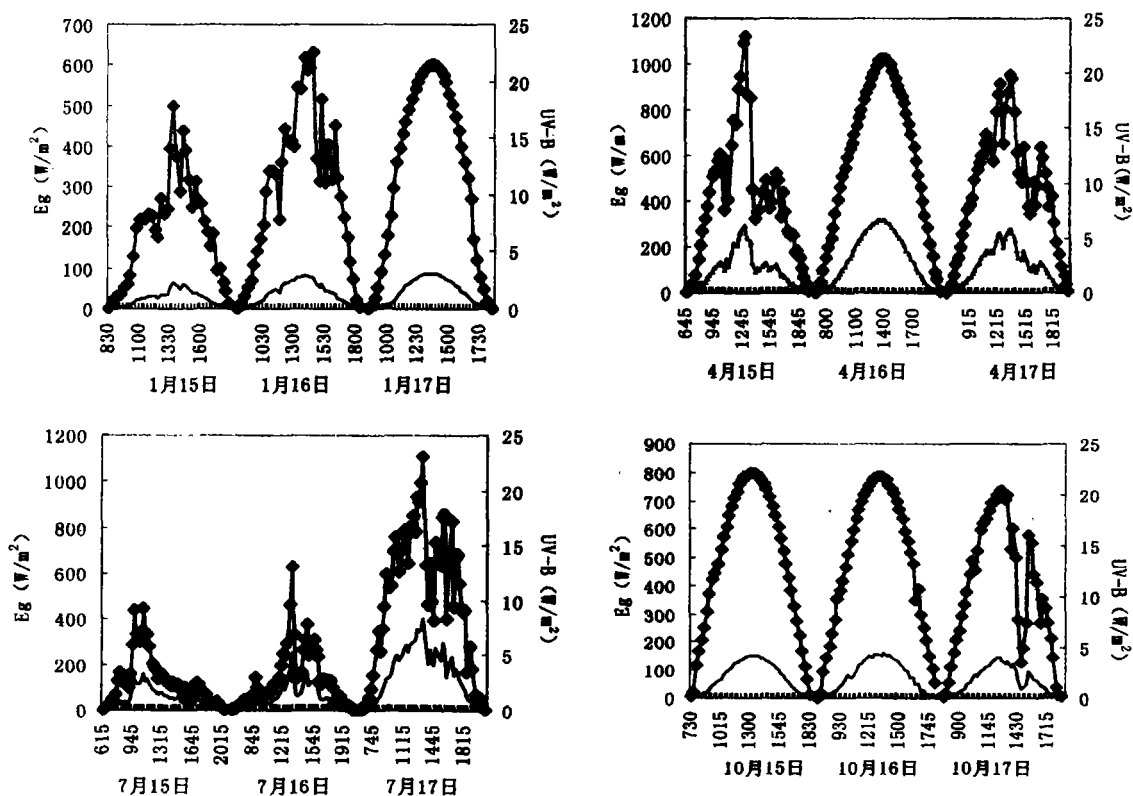


图 1 海北高寒草甸区 1 月、4 月、7 月、10 月每月 15—17 日 Eg(— →)、UV - B 的日变化
Fig. 1 The daily dynamics of Eg(— →) and UV - B from fifteenth to seventeenth of January, April, July, October of alpine wetland at Hatbei Station (2002)

12:00)。如 7 月 17 日 13:15 ~ 13:30 之间平均为 $1106 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 仅比太阳常数 ($1360 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$)^[14] 小 $255 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。从该日天空多云可以理解, E_g 较大值的出现, 与天空有较多积云量分布导致散射辐射较大有关。

UV - B 与 E_g 的日变化趋势一致, 15 分钟平均最高值也是依 E_g 的变化而变化, 在 7 月 17 日 13:15 ~ 13:30 之间平均为 $8.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。从图 1 看到, 太阳高度角相对较低的冷季(1 月) E_g 及 UV - B 15min 平均值及日总量均显得较低, 最大分别不超过 $650 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 日总量分别小于 $12 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $0.06 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$; 而在太阳高度较高的暖季, E_g 及 UV - B 均较高, 如 7 月 17 日, E_g 及 UV - B 日 15min 平均最大分别为 $1105.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $8.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 日总量分别达 $25.411 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $0.174 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在阴天或多云天气状况下, 上述的单峰式日变化有时随云量的变化有所改变, 如 7 月 15 日, 该日为阴天, E_g 及 UV - B 日瞬时最大出现在 10:45 ~ 11:00 之间, 15min 的平均分别为 $445 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 这种分布与阴天或多云天气状况下, 云层随时间进程中变的薄与厚所发生的散射辐射有关。

3.2 实际状况下 E_g 及 UV - B 的季节变化

为消除各月天数的不一致, 对各月总量进行日平均后绘出 2002 年 1 ~ 12 月 E_g 及 UV - B 的年变化情况(图 2)。图 2 表明, E_g 及 UV - B 在年内呈献明显的月变化过程, 表现出在太阳高度角高的暖季, E_g 及 UV - B 高, 最高在 7 月, 月合计分别为 $685.588 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $4.589 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 日平均分别为 $22.116 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $0.148 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$; 但就日平均而言, UV - B 的日平均 6 月较 7 月稍高, 6 月为 $0.151 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 比 7 月高 $0.003 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 可能与 7 月大气水汽含量高易吸收 UV 有关。在太阳高度角低的冷季, E_g 及 UV - B 低, 最低在 12 月, 月合计分别为 $330.702 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $1.150 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 日平均分别为 $10.008 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $0.037 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

实际天气状况测定的 E_g 及 UV - B 的季节变化表明(图 2), 海北高寒草甸地区 E_g 在春季量值高于秋季, 春季上升平稳, 秋季下降迅速, 而 UV - B 的变化在春季的上升和秋季的下降其变化速率基本相同。

通过 2002 年度观测表明, 海北高寒草甸区 E_g 及 UV - B 的年总量分别达 $6387.436 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $35.981 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 日平均分别为 $17.500 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $0.099 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。其中在植物生长期内的 5 月到 9 月, E_g 及 UV - B 总量为 $3157.998 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $20.546 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 日平均为 $20.640 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $0.134 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

现阶段对 UV - B 的观测资料较少, 从而对青藏高原高寒草甸区的 UV - B 与其它地区的比较难度增大, 但一般来讲 UV - B 在 UV 中所占的比例基本固定。因此, 对于 UV - B 的有关比较及认识不妨从 UV 的变化进行分析仍有其严格的理由。通常纬度、经度不变条件下, UV 值将随海拔高度而增加, Madronich 等^[15] 曾对不同地区 UV 随海拔高度变化的研究表明, 在智利边远山区, 高度增加 1km, UV 将增加 4% ~ 10%, 而在瑞士的阿尔卑斯山地区, 高度增加 1km, UV 增加 9% ~ 23%。戴加洗等^[16] 在进行 1976 ~ 1977 年青藏高原考察后研究证实, 我国青藏高原 UV 占 E_g 的比例明显高于东部地区。近年研究又证实青藏高原上空出现“臭氧低谷”区域^[17,18], 对太阳短波辐射的吸收将减小, 从而会导致较多的辐射易到达地表, 致使 UV 占 E_g 的比例相应增加。这说明在高海拔区域, 及在人类活动加重影响的情景下, UV 和 UV - B 有进一步增加的可能。

3.3 UV - B 在 E_g 所占的比例()

高寒草甸区因海拔高, 大气透明, 具有较高 E_g , 当然 UV - B 所占 E_g 的比例也就很高。图 3 给出了海北高寒草甸地区 UV - B 占 E_g 比例()的日变化和月际分布状况。

从图 3a 看到, 一日间海北高寒草甸 值的日变化明显, 表现出早晚低, 中午前后高。不同天气状况下其日变化不尽相同, 在晴天状况下变化平稳光滑, 多云或阴天状况下(如 7 月 19 日) 随云量不同分布, 变化波动较大, 但总的趋势还是早晚低, 中午前后高。同时表明, 在太阳高度角低的月份, 日间 值较小, 而太

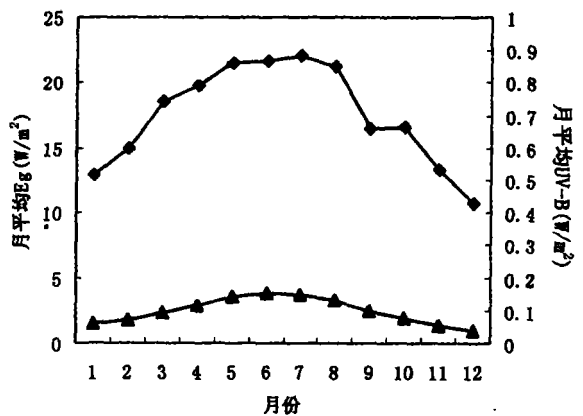


图 2 植物生长期海北站地区实际天气状况下 E_g (—○—)、UV - B(—△—)的月平均变化
Fig. 2 The monthly change of E_g (—○—) and UV - B(—△—) under real weather condition at alpine wetland of Haibei Station

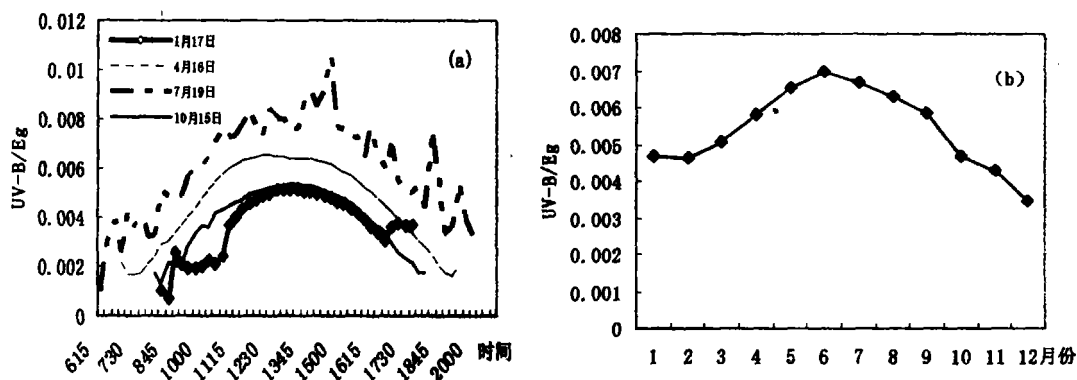


图 3 海北高寒草甸 UV - B 占 Eg 的比例的日(a)、月(b)变化

Fig. 3 The daily (a) and monthly (b) change of percentage of UV - B account for Eg of alpine wetland at Haibei Station (2002)

阳高度角高的月份 值较高。在所列出的 1 月 17 日、4 月 16 日、7 月 19 日和 10 月 15 日的 4d 时间,日平均值分别为 0.0037、0.0045、0.0060 和 0.0039。

一年当中 值也是自 1 月到 12 月表现出明显的季节变化。在离夏至日较近太阳高度高的 6 月最高,为 0.0070,在 12 月低,为 0.0035。可见海北站地区的 值分布有较高的量值。这不仅与地区所处的地理环境条件有关,而且与随年代的推移,受人类活动影响加剧,对流层臭氧遭受破坏严重有关。就季节及全年平均来看,1、4、7、10 月和年平均分别为 0.0047、0.0058、0.0067、0.0047 和 0.0054。

3.4 UV - B 对高寒草甸植物一些生理作用的探讨

地球表面的极大多数高等植物和真菌当受到小于 280nm 的太阳 UV 辐射时,将会立即死亡。而事实上由于地球大气臭氧层的存在,这部分辐射很难到达地球表面;波长在 325 ~ 400nm 的辐射,也就是 UV - A 的大部分辐射,对植物生长、人类活动等并没有多大的伤害,有也则是微弱的,相反它的存在一定程度地对动植物的生命活动起到调节的作用,甚至有消毒、促使花卉生长等作用;波段 280nm 到 320nm 间的 UV - B,虽然受地球大气臭氧层的吸收,只有很小的一部分到达地球表面,但对植物的影响是极为重要的。为此,地球大气的臭氧层的存在是动植物及人类活动,即地球生命系统发展必不可少的先决条件。而平流层的臭氧含量是变化着的,正是臭氧含量的变化,导致到达地球表面的 UV 出现不同程度的波动,从而也就在地球生命系统的发展过程中,随历史时期的进程表现出从无生命时代的地球到裸蕨时代,再到原始的陆地植物发展到种子植物等,一系列的进化演替均与臭氧层的变化所引起 UV 的变化有密切的联系性。

青藏高原草地生态系统中大多数高寒草甸植物来说,由于长期受强辐射影响,对 UV(包括 UV - B)具有一定的适应能力,植物生长发育独特,其形态表现出植株低矮、粗壮、植物耐寒,叶片较厚、抗倒伏,花色鲜艳并多呈蓝色等特征。这些特征的形成,无疑是 UV 辐射起着调节和控制作用,进而也说明 UV 的变化对植物生长的生理作用极其重要,相反植物在生长发育过程中也形成了独特的适应 UV 的能力。

高山植物具有较低的叶绿素含量,光是影响叶绿素含量的主要环境因子,高海拔地区由于空气洁净,大气透明,叶绿素含量较低。研究者发现在对 UV - B 的人工增加时,叶绿素含量也呈降低的现象,说明 UV - B 增加对叶绿素也具有直接的破坏作用,但类胡萝卜素可直接吸收一定量的 UV,减少 UV 对植物的伤害。说明植物的胡萝卜素含量随海拔高度的增高而增加。

UV 波段特别是 UV - B 段部分能抑制植物生长,能杀伤病菌孢子,对大多数植物具有伤害性,波段更短的 UV 可直接杀死植物。波长较长的 UV 可对植物生长产生刺激作用,表现在能促进种子发芽,果实成熟,并能提高蛋白质含量。在青藏高原明显的特征是,受 UV 的强烈影响,高寒草甸植物茎部短,叶面积小,根部发达,叶绿素含量高,色彩鲜艳多丽,干物质积累迅速。这些也就构成了高寒牧草品质优良,营养丰富,具有高蛋白、高脂肪、高无氮浸出物,以及热值含量高和纤维素含量低等四高一低的特点,形成青藏高原草地畜牧业发展的物质基础。因此表明,UV 的增加也有对植物生长发育有利的一面。

4 结语

通过以上对高寒草甸生态系统分析表明,太阳 UV - B 是到达地球表面的太阳辐射的一小部分,但它具有对地球表面生物生长生理作用产生较为活力的电磁辐射。分析表明,祁连山海北站地区 UV - B 有如

下特征:

(1) 祁连山海北高寒草甸地区,UV - B 日、年变化依 E_g 的日年变化而变化,具有较高的量值,15min 平均极大值出现在太阳高度角高的暖季,最大可达 $9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右,但很少超过 $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,日总量最大达 $0.18 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ (7 月) 以上,但很少在 $0.20 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。

(2) UV - B 在 E_g 所占的比例不仅有明显的日变化,而且年变化也非常明显, 值的变化均表现出日(年)间中午前后(暖季)高,早晚(冷季)低;2002 年实际观测表明,全年 UV - B 总量为 $35.981 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,占年 E_g ($6387.436 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) 的 0.56%,其中植物生长期内的 5 月到 9 月 UV - B 总量为 $20.546 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,占 E_g ($3157.998 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) 的 0.65%,植物非生长季的 10 ~ 翌年 4 月 UV - B 总量为 $15.435 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$,占期间 E_g ($3229.448 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) 的 0.48%。

(3) 因 UV - B 在 UV 中所占的比重基本固定,可以认为 值的变化不仅仅只是海拔高度的关系,它与地理位置、地理环境、当地气候状况等也存在有很大的联系,是上述因素的综合关系。

(4) 受 UV 的强烈影响,高寒草甸植物根茎部短,根系发达,叶面积小,叶绿素含量高,色彩鲜艳多丽,干物质积累迅速。这些也构成了高寒牧草品质优良,营养丰富,具有高蛋白、高脂肪、高无氮浸出物,以及热值含量高和纤维素含量低等四高一低的特点,形成青藏高原草地畜牧业发展的物质基础。

参考文献

- [1] 李元, 岳命. 紫外辐射生态学[M]. 2000, 北京: 中国环境科学出版社.
- [2] 师生波, 贲桂英, 韩发等. 不同海拔地区紫外线 B 辐射状以及植物叶片紫外线吸收物质含量的分析[J]. 植物生态学报, 1998, 23(6): 529 - 535.
- [3] 杨景宏, 陈拓, 王勋陵. 增强紫外线 B 辐射对小麦叶绿体膜组分和膜流动性的影响[J]. 植物生态学报, 2000, 24(2): 102 - 105.
- [4] 侯扶江, 贲桂英, 韩发. 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[J]. 植物生态学报, 1998, 22(3): 256 - 261.
- [5] 唐旭东, 安黎哲, 王勋陵. 增强 UV - B 辐射对蚕豆叶片微粒体膜一些性质的影响[J]. 植物生理学报, 1998, 24(2): 171 - 176.
- [6] 冯国宁, 安黎哲. 增强 UV - B 辐射对菜豆蛋白质代谢的影响[J]. 植物学报, 1999, 41(8): 833 - 836.
- [7] 周党卫, 韩发, 滕中华, 朱文琰, 师生波. UV - B 辐射增强对植物光合作用的影响及植物的相关适应性研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 1004 - 1010.
- [8] Callidwell M M. Solar UV irradiation and the growth and development of higher plants[M]. In: A. C. Gaisc(sd.) phytophysiology. Academic press, New York, 1971, 6:131 - 137.
- [9] Hiroshi Suge, Tadashi Sato and Tadashi Kumagai. UV - B injury in rice plants: A genetic study[J]. J. Genet. 1991, 66: 347 - 361.
- [10] Mevdrnich S., R. L. Mckenzie, M. M. Caldwell and L. O. Bjorn. 1995, Changes in ultraviolet radiation reaching the earths surface [J]. Ambio, 24(3): 143 - 152.
- [11] Scotto J G. Biologically effective ultraviolet radiation: surface measurements in the United States. 1974 to 1985 [J]. Science, 1988, 239: 762 - 764.
- [12] Tevinim, Teramura A H. UV - B effects on terrestrial plants[J]. Photochem. Photobiol., 1989, 40:479 - 487.
- [13] 李英年, 赵新全, 曹广民等. 海北高寒草甸生态系统定位站气候、植被生产力背景的分析[J]. 高原气象, 2004, 23(4): 558 - 567.
- [14] Jose P. Peixoto and Abraham H. Oort (吴国雄、刘辉译), 气候物理学[M]. 北京: 科学出版社, 1995, 72 - 103; 172 - 190.
- [15] Madronich S, R L Mckenzie, M M Caldwell and L O Bjorn. Change in ultraviolet radiation reaching the earths surface[J]. Ambio, 1995, 24(3): 143 - 152.
- [16] 戴加洗, 李鹏杰, 苏宏德. 唐古拉山地区辐射状况和冷热源的探讨. 青藏高原气象论文集[C], 科学出版社, 1977, 176 - 193.
- [17] 周秀骥, 罗超, 李维奇等. 中国地区臭氧总量变化与青藏高原异常低值中心. 中国地区大气臭氧变化及其对气候环境的影响(1) [C]. 北京: 科学出版社, 1996. 232 - 238.
- [18] 郭松, 周秀骥. 青藏高原大气臭氧垂直廓线的观测研究[J]. 科学通报, 1994, 39(1): 17 - 26.

UV - B Changing Characteristics of Alpine Meadow Area at Haibei Station in Qiliang Mountain

LI Ying - nian¹, DU Ming - yuan², TANG Yanhong³,
ZHAO Liang¹, WANG Qin - xue³, ZHAO Xin - quan¹, GU Song^{1,3}

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001;

2. National Institute of Agro - Environmental Sciences, Tsukuba 3058604, Japan;

3. National Institute for Environmental Studies, Tsukuba 3058506, Japan, China)

Abstract

UV - B changing characteristics and the percentage of UV - B account for Eg were analyzed based on Eg and UV - B data during 2002 at alpine meadow area of Haibei Station among Qiliang Mountain. It is suggested that there are stronger UV - B at Haibei Station area, daily instantaneous peak is near $10\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, daily gross is $0.204\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$; and significant positive correlation exists between daily and annual change of UV - B and Eg. The daily and annual changes of ratios between UV - B and Eg () are obvious, morning and evening higher than that at noontime, and at June it reach the peak and December to rock bottom. Annual mean (is 0.54 % and during growing season (May to September) is 0.65 %, approximately. Annual gross Eg and UV - B are $6387.436\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ and $35.981\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ of alpine meadow area at Harbei Station, respectively.

Key words: alpine meadow; UV - B; climate change; characteristics