

文章编号: 1007-0435(2007)03-0283-07

海北高寒湿地地气长、短波辐射的季节变化特征

刘安花^{1,2}, 李英年^{1*}, 张法伟^{1,2}, 薛晓娟^{1,2}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用2004年微气象观测资料, 分析了海北高寒湿地长、短波辐射以及地表反射率(A)和光合有效辐射(PAR)占太阳总辐射(DR)比例(η)的变化特征。结果表明, 海北高寒湿地长、短波辐射均具有明显的季节变化。DR在12月最低, 4月最高。PAR在12月最低, 7月最高。受下垫面性质影响, 反射辐射(UR)和A在1~2月明显大于其他季节, 7~10月小, A在植物生长季节的5~9月平均值为0.172, 年平均值为0.299。地面长波辐射(DLR)、大气逆辐射(ULR)和净辐射(Rn)的最低值均出现在1月, 最大值出现时期则不同, DLR与Rn均出现在6月, 而ULR出现在8月。地面有效辐射(ELR)无明显的季节变化。 η 的季节变化比较弱, 7月最高值为0.434, 1月最低值为0.316, 年平均值为0.40。

关键词: 海北高寒湿地; 短波辐射; 长波辐射; 季节变化特征

中图分类号: S812.1 文献标识码: A

Seasonal Variations of Short Wave and Long Wave Radiation in Layer of Soil and Atmosphere of Alpine Wetland at North Area of Qinghai

LIU An-hua^{1,2}, LI Ying-nian¹, ZHANG Fa-wei^{1,2}, XU E Xiao-juan^{1,2}

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai Province 810001, China;

2. Graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: According to the micro-climate data of Haibei alpine wetland of Qinghai in 2004, the short wave and long wave radiation, surface reflectivity (A), and the ratio (η) of photosynthetic active radiation (PAR) to total global solar radiation (DR) were analysed. The results showed that the short wave and long wave had obvious seasonal variation in Haibei alpine wetland. The highest monthly DR occurred in April and lowest in December, while PAR maximum appeared in July and lowest in December. Because of the change of soil surface and plant vegetation, surface reflected radiation (UR) and A were higher in January and February, and lower from July to October than other months. The average annual value of A was 0.299 and a mean of 0.172 from May to September. The lowest values for long-wave radiation (DLR), atmospheric inversion radiation (ULR), and net radiation (Rn) were detected in January, while the maximum values of DLR and Rn appeared in June and ULR in August. Surface effective radiation (ELR) had no significant seasonal variation. η had weak seasonal variation; η maximum appeared in July (0.434) and minimum appeared in January (0.316), the average annual value of η was 0.40.

Key words: Alpine wetland; Short wave; Long wave; Seasonal change

湿地是地球上具有蓄洪防旱、调节气候、控制土壤侵蚀、降解环境污染物、维持生物多样性等特有生态功能的景观生态类型, 是介于陆地生态系统和水

生生态系统之间并具独特水文与生物特征的过渡性生态系统, 但也是世界上最易受人类干扰威胁的脆弱生态系统之一。我国湿地类型繁多、分布广、资源

收稿日期: 2006-12-27; 修回日期: 2007-03-20

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01-01A); 中日合作“亚太地区环境创新战略计划(APEIS)”项目

作者简介: 刘安花(1979-), 女, 硕士研究生, 主要从事植物生态研究; * 通讯作者 Author for corresponding, E-mail: ynli@nwipb.ac.cn



丰富,从寒带到热带、从沿海到内陆、从平原到高原山区均有分布,现有自然湿地面积约 $796874 \times 10^4 \text{ hm}^2$ [11]。近年来,国内对湿地的研究给予高度重视,相关研究领域的科学工作者就湿地资源、湿地分类、湿地生物多样性和珍稀动植物调查、人类活动对湿地环境的影响、湿地保护与资源持续利用、特殊类型湿地结构功能等方面做了大量工作 [12-8]。

青藏高原是我国湿地分布较广的地区之一,类型繁多,不仅具有一般湿地的生态功能,而且因分布于高海拔地区,具有其特殊性 [9]。陈桂琛等 [10] 详细地报道了青海高原湿地分布及其类型的划分;孙广有 [11] 对青藏高原湿地分布等较系统地给予了报道和分析;李英年等 [12] 对中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站就近的高寒湿地植物群落、植物种类组成等特征进行了分析;王德斌 [13] 针对西藏的沼泽湿地土壤成土过程的差异性进行了沼泽土的分类,在此基础上进行了湿地土壤的分类。但有关湿地地气辐射特征报道较少。本文利用 2004 年观测资料,分析了中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)高寒湿地长、短波辐射等变化特征,对了解高寒湿地生态系统中生命与非生命系统间的关系,提高对高寒湿地生态系统能量流动及物质循环等的认识提供依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区自然概况

海北站地处青藏高原东北隅的青海省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 $37^{\circ}29' \sim 37^{\circ}45' \text{ N}$, $101^{\circ}12' \sim 101^{\circ}23' \text{ E}$,站区地形开阔,海拔 $3200 \sim 3600 \text{ m}$ 。该地区位于亚洲大陆腹地,具明显的高原大陆性气候。受高海拔条件制约,气温极低,无明显四季之分,仅有冷暖二季之别,干湿季分明。地区年平均气温 -1.6° C ,年降水量约 560 mm ,年日照时间可达 2467.7 h ,年平均风速为 1.7 m/s 。表现出该区空气稀薄,气温较低,风速较小,降水量丰富,日照充足,暖季湿润、短暂、凉爽,而冷季干燥、漫长、寒冷 [14]。

海北站高寒湿地系沼泽型湿地和湖泊型湿地并存,研究区地表除部分面积积极小的岛状草丘外,大部分区域被积水长期覆盖。湿地西部边缘有一条流量

大约 $3 \text{ m}^3/\text{s}$ 的小溪,中央和东部边缘各有一条很小的溪水,地表积水使土壤水常呈饱和或过饱和状态。湿地中央以帕米尔苔草 (*Carex pamirensis* Clarke) 为主要建群种的沼泽草甸,种类组成少、植株较高,群落生长茂盛,植被分布均匀,外貌整齐,总盖度达 98% 左右;边缘地带植物种类增加,以藏蒿草 (*Kobresia tibetica* Maxim.) 为主,植株较矮。伴生种有花扁穗草 (*Blysmus sinocompressus* Tang et Wang)、黑褐苔草 (*Carex alrofusca* Schkuhr.), 此外,还有黄帚橐吾 (*Ligularia virgaurea* (Maxim.) Mattf.)、斑唇马先蒿 (*Pedicularis longiflora* var. *tubiflora* (Klotz) Tsoong)、矮蒿草 (*K. humilis* (C. A. Mey) Serg.)、星状凤毛菊 (*Saussurea stella* Maxim.) 等,隶属 10 科 20 属,约由 25 种植物组成。在长期的生物气候影响下,发育成为典型的沼泽土,泥炭层达 $0.2 \sim 2.0 \text{ m}$ 范围 [12]。

1.2 研究材料

数据来自中国通量网架设在海北站附近高寒湿地的微气象—涡度相关观测系统。短波辐射表 (CM 11, Kipp & Zonen, USA) 包括了太阳总辐射 (D_R)、地表反射辐射 (U_R)、光合有效辐射 ($PPFD$, LI-190Sb, LiCor Inc, USA, 因 $PPFD$ 的单位为 $\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,为使与其他辐射单位一致,将 $PPFD$ 单位换算为 W/m^2 ,以 PAR 表示,即: $1 \text{ W}/\text{m}^2 = 4.6 \mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),长波辐射表 (CNR-1, Kipp & Zonen, USA) 包括地面长波辐射 (U_{LR}) 和大气逆辐射 (D_{LR}) 等,架设高度在离下垫面高 1.5 m 。其中,净辐射 (R_n) 即为上述上下长短波的计算值。另外,还观测 5 cm 、 10 cm 、 20 cm 和 40 cm 土壤温度 (105T, Campbell USA), 1.5 m 和 2.5 m 高度处的空气温度和湿度 (HUM P45C, Vaisala, Helsinki, Finland) 等要素 (本文气温采用 1.5 m 处的观测数据)。所有变量经系统处理后输出 30 min 平均值。文中对长短波辐射进行日、月总量时换算为 MJ/m^2 。

在植物生长期及后期的 5~10 月,每月月中和月末前后用收割法测定地上和枯落物生物量。生物量用 $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 的样方框,随机取 5 个样方,齐地剪取地上植被装入自封袋中,剪之前分出枯落物,而后将绿草和枯落物在 65° C 的恒温下烘干称重,单位为 g/m^2 。因 9 月温度下降,最低气温可降到 -10° C 左右,霜冻明显,导致大量的湿地植物稍尖枯黄,故从

9月起未进行枯落物的测定。

2 结果与分析

2.1 2004年海北高寒湿地的基本气候特征及下垫面性质的季节演变

2004年海北高寒湿地年降水量为526.5 mm,

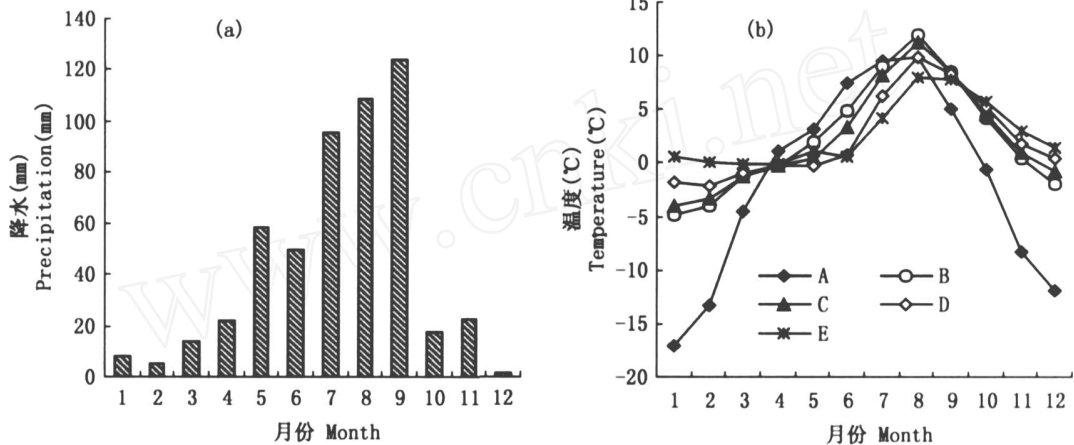


图1 2004年海北高寒湿地月降水量(a)、月平均气温和地温(b)的变化

Fig. 1 Monthly variations of precipitation, air temperature and soil temperature at the Alpine wetland in Haibei area (2004)

A: 气温 Air temperature; B: 5 cm 地温 Soil temperature in 5 cm; C: 10 cm 地温 Soil temperature in 10 cm;

D: 20 cm 地温 Soil temperature in 20 cm; E: 40 cm 地温 Soil temperature in 40 cm

2004年海北高寒湿地年平均气温 -1.7°C , 植物生长期的5-9月月平均气温为 7.0°C 。其中8月最高(9.8°C), 冷季的1月最低(-17.0°C), 气温年较差为 26.8°C 。10月开始月平均气温降到 0°C 以下, 月平均气温 0°C 长达6个月。从最冷月到最热月升温的速率比从最热月到最冷月的降温速率缓慢(图1b)。

海北高寒湿地各层年平均地温相差不大, 5 cm、10 cm、20 cm 和 40 cm 处的年平均地温分别为 2.4°C 、 2.3°C 、 2.3°C 和 2.7°C , 从表层至40 cm 深层表现出逐渐降低再升高的变化趋势(图1b)。植物生长期内的5-9月份, 高寒湿地5 cm、10 cm 和 20 cm 各层月平均地温分别为 7.3°C 、 6.3°C 和 5.0°C , 与矮嵩草草甸同层次的月平均地温相比偏低明显^[14], 同时表现出在高寒湿地随深度加深地温逐渐降低。冬季积水结冰, 地表完全被冰雪覆盖, 由于冰雪层的保暖作用使得高寒湿地冬季温度下降缓慢, 5 cm、10 cm 和 20 cm 月平均最低温度分别为 -4.9°C 、 -4.0°C 和 -2.1°C , 与矮嵩草草甸同层次的最低月平均地温相比^[14], 又显著偏高, 甚至偏高 5°C 以上。从地表到40 cm 深层, 表现出随深度加深地温逐渐

比多年平均^[14](多年平均取距离1.5 km 处的海北站气象站数据)偏低7%。年内降水量总体表现出暖季多, 冷季少的特点, 其中暖季后期的8月、9月最高, 分别为 108.4 mm 、 124.0 mm , 冷季的12月最低(1.6 mm , 图1a)。2004年降水量在植物生长季的5-9月降水量为 435.8 mm , 占年降水量的82.8%, 基本与多年平均状况相仿^[14]。

升高, 而且出现时间自表层至深层滞后明显, 如在5 cm 和 10 cm 层次, 月平均最低出现在1月, 20 cm 月平均最低出现在2月, 40 cm 则出现在4月, 从5 cm 到40 cm 滞后4个月时间。

4-11月各层地温均 0°C , 12月到翌年3月上层地温降到 0°C 以下, 但40 cm 月平均均保持在 0°C 以上, 最低的4月仅 -0.02°C , 说明湿地土壤冻结并不深厚, 冻结深度一般在40~50 cm 左右, 更深层次有无土壤的冻结(或说永久冻土层)现象, 尚待观测和研究。

高寒草甸地区植物的生长发育与日平均气温稳定通过的各界限温度有密切的关系。日平均气温稳定 0°C 与植物萌动返青初期相吻合, 在海北高寒湿地一般4月下旬植物开始萌动发芽, 也就是说, 从此时起地上生物量开始积累, 但积累较缓慢; 日平均气温稳定 5°C 时, 植物进入旺盛生长阶段, 一般开始在6月中旬; 日平均气温稳定 5°C 结束时, 绝大多数植物生长结束进入枯黄期, 海北高寒湿地9月中旬就进入这一时期。

由于气候的季节变化, 海北高寒湿地在不同季

节其外表景观冬夏二季截然不同, 初春日平均气温稳定 0°C , 冰雪融化后, 融化水及时流走, 外来水不能及时补给, 致使湿地地表处于全年最干燥时期。该时期植被进入萌动发芽初期, 地表经冬季封冻影响, 残留的枯落物较多, 在 5 月底枯落物的生物量高达 207.70 g/m^2 (图 2)。夏季到秋季阶段, 降水丰富, 河流补给明显, 湿地地表长久积水, 日平均气温稳定 5°C , 植物生长繁茂, 但因积水多, 牲畜难以进入, 使得湿地基本处于不放牧时期, 放牧也是在边缘地带。即夏秋季湿地植被的放牧率低, 同时, 该时期枯落物经积水浸泡逐渐倒伏, 部分就地分解, 枯落物量随时间进程下降明显。从 5 月底的 207.70 g/m^2 , 到 8 月底枯落物仅为 40.65 g/m^2 , 绿色植物很快得到生长, 地表植被呈现绿色。秋季后期到冬季阶段, 天气寒冷, 霜冻明显, 植物枯黄, 湿地地表水结冰, 并随时间推移而加厚, 部分地区甚至厚达 $50\sim 80\text{ cm}$, 整个景观为冰雪覆盖, 并且封冻的冰层保持到翌年 4 月上旬。秋季中后期为全年放牧量最大时期, 牲畜主要以马和牛为主, 但受植物粗纤维的影响, 适口性差, 被采食的植物量有限, 终究还是有大量的枯落物残留于地表。

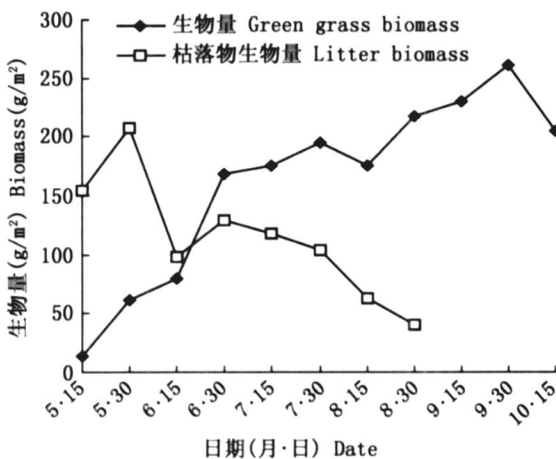


图 2 2004 年海北高寒湿地 5-10 月枯落物及绿草量

Fig. 2 Litter and green biomass at the Alpine wetland in Haibei area from May to October (2004)

2.2 DR、UR、PAR 的季节变化

图 3 给出了海北高寒湿地 DR 、 PAR 、 UR 月平均日总量的月际变化情况。从图 3 看到, 2004 年 DR 总量为 6457.45 MJ/m^2 , 其季节变化总体表现出 4-7 月高, 冷季 1 月、12 月低。其中 4 月最高, 月合计达 727.67 MJ/m^2 , 日平均为 24.26 MJ/m^2 ; 冷季 12 月月合计仅为 334.47 MJ/m^2 , 日平均为 10.79 MJ/m^2 ,

月最高值与最低值相差 392.01 MJ/m^2 。这种分布与太阳高度角的变化相联系, 即太阳高度角高 DR 亦高, 太阳高度角低 DR 亦低。但 2004 年在太阳高度角最高的 6 月, DR 却未达年内的最高, 是因为 4 月正值我国北方干旱时期, 空气湿度低而干燥, 大气透明, 易使太阳光线到达地表, 致使 4 月 DR 达较高的量值。而 6 月降水虽然未达较高的量值, 但已处于海北高寒湿地的雨季时期, 大气湿度高, 大气透明度相对较差, 导致 6 月 DR 比 4 月日平均偏低 0.99 MJ/m^2 (图 3)。2004 年 5 月降水量为 58.6 mm , 与历年平均^[14] (57.1 mm) 相近, 但 5 月降水量要比 4 月高 36.4 mm , 比 6 月 (49.4 mm) 高 19%, 导致 5 月 DR 比 4 月和 6 月日平均分别偏低 2.06 MJ/m^2 和 1.07 MJ/m^2 。整个植物生长季的 5-9 月, 虽然降水丰富, 但由于太阳高度角大, DR 仍为最高期, 这一时期 DR 总量为 3129.34 MJ/m^2 , 是年 DR 总量 (6457.45 MJ/m^2) 的 49%。年内太阳高度角最高的 5-7 月总量为 2086.47 MJ/m^2 , 占全年总量的 32%。

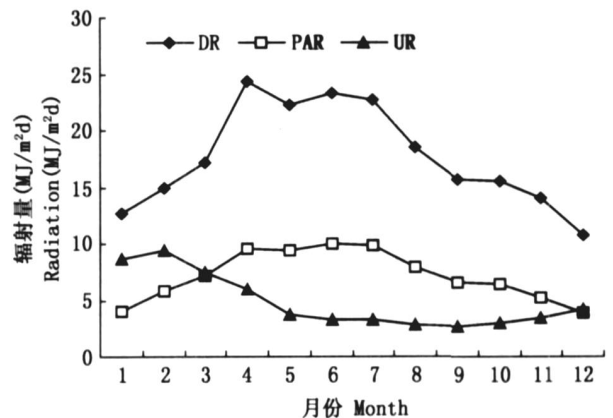


图 3 海北高寒湿地 DR 、 PAR 、 UR 的各月日平均总量变化

Fig. 3 Monthly diurnal total variation of the DR , PAR , and UR at the Alpine wetland in Haibei area

由于 PAR 是 DR 的重要组成部分, 因此, 海北高寒湿地 PAR 与 DR 的季节变化趋势基本一致, 但 PAR 的变化幅度较小 (图 3)。2004 年 PAR 总量为 2616.92 MJ/m^2 。从 PAR 月平均日总量来看, 最大值出现在 6 月, 6 月平均日总量为 9.97 MJ/m^2 。最小值出现在 12 月 (月总量为 120.66 MJ/m^2 , 平均日总量为 3.89 MJ/m^2), 平均日总量最高月 (6 月) 比最低月 (12 月) 高 6.08 MJ/m^2 。在植物生长季的 5-9 月 PAR 总量为 1340.86 MJ/m^2 , 日均为 8.76 MJ/m^2 。

UR 受下垫面性质的影响, 变化趋势与 DR 截然不同。2004 年 UR 总量为 1762.06 MJ/m^2 , 其中在植

物生长季的5-9月总量为486.46 MJ/m², 非生长季总量为1275.60 MJ/m², 生长季 U_R 总量只占全年总量的38%, 这主要是植物生长季与非生长季下垫面性质截然不同而造成的。在太阳高度角小的1月和2月, 由于日平均气温< -10 (图1a), 湿地积水已稳定结冰而且冻结深厚, 加之降雪层层覆盖, 地表完全是一片白色景观, 由于冰雪面反射强烈, 导致这一时期为年内反射最强时期。1月和2月的 U_R 月总量分别为268.00 MJ/m²和273.36 MJ/m², 平均日总量分别为8.64 MJ/m²和9.43 MJ/m²。3月份开始, 下垫面冰雪自上向下逐渐融化, 被封冻的枯黄植被渐渐露出表面, U_R 开始下降。4月冰雪进一步融化, 至4月下旬方可完全融化, 植物开始萌动发芽, 但发育的新嫩芽被上年度留存的枯落物所覆盖, 枯黄植被的影响 U_R 仍然较高。5月降水增多, 枯落物被积水浸泡而倒伏, 部分就地分解, 加之气温有所升高, 当年新生枝叶得到生长而露出枯落物之上, 下垫面呈现绿色, 绿色及积水的影响导致 U_R 持续降低, 这种趋势可维持到9月中旬。期间8月, 上年度枯黄植被完全消失, 地表完全为当年生绿草所覆盖, 而且湿地植被因水体存在, 加之2004年8月又正处于气温最高, 植物正处在旺盛生长阶段, 导致该月 U_R 在年内达最低, 日平均为2.90 MJ/m²。9月以后日最低气温降到0以下, 早晚有霜冻出现, 冻害使植物稍尖出现枯黄, 下垫面性质的改变导致 U_R 逐渐增大, 直到翌年1月最高。

2.3 河北高寒湿地地—气长波辐射的季节变化

图4给出了 DLR 、 ULR 和 ELR 的季节变化。图4看出, DLR 与 ULR 各月平均日总量的变化总体上变化趋势相同, 月平均日总量的变化均呈现单峰式的变化过程, 且两者均是温度高的夏季高, 寒冷的冬季低。月平均日总量最大在6月, 6月月总量为876.28 MJ/m², 月平均日总量为29.21 MJ/m²; ULR 的最小值出现在1月, 月总量为352.01 MJ/m², 月平均日总量为14.67 MJ/m²。由于高寒湿地所处区域, 在温暖季节仍可出现霜冻、结冰和降雪(包括其他固体降水)的现象, 这些现象的出现导致一定时间内地表温度下降明显, 在短时间内 ULR 降低, 致使 ULR 波动在季节变化中较 DLR 大, 即下垫面性质各季节变化对 ULR 的影响较大。如在5月, 由于气温仍较低, 加之5月降水远大于4月, 阴雨过程

使5月地表温度下降明显, 导致5月 ULR 低于4月。2004年 ULR 年总量为8568.40 MJ/m², 其中, 植物生长季的5-9月为4187.74 MJ/m², 非生长季为4380.67 MJ/m²。

DLR 最大值出现时间与年内最高气温出现期相同, 其季节变化显得圆滑(图4)。1月最低, 月总量为482.73 MJ/m², 月平均日总量为20.11 MJ/m², 2月开始升高, 最大值出现在8月, 月总量为983.09 MJ/m², 日总量为31.71 MJ/m², 9月以后逐渐下降。2004年 DLR 年总量为9674.98 MJ/m², 其中植物生长季的5-9月为4662.39 MJ/m², 非生长季为5012.59 MJ/m²。

ELR 在年内其季节变化较 DLR 和 ULR 复杂, 似乎无季节变化而言。但可看到, 在3月末到4月之间表现出在年内最低, 12月和1月较高, 年内波动明显。全年总量为1106.59 MJ/m², 植物生长季的5-9月为474.66 MJ/m²。

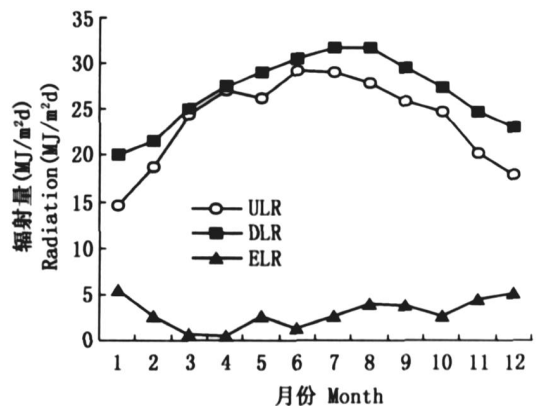


图4 河北高寒湿地 DLR 、 ULR 及 ELR 各月平均日总量变化

Fig. 4 Monthly diurnal total variation of the DLR , ULR and ELR at the Alpine wetland in Haibei area

2.4 R_n 的季节变化

地面的净辐射通量($R_n = DR - UR + DLR - ULR$)也具有明显的季节变化(图5)。6月 R_n 最大, 月总量为564.02 MJ/m², 月平均日总量为18.80 MJ/m², 4月次之(月总量为534.02 MJ/m²)。1月最小, 月总量为-40.25 MJ/m², 同 DR 变化趋势相近。 R_n 在植物生长季的5-9月总量为2125.11 MJ/m², 占全年的(3511.34 MJ/m²)61%。受 DR 、 DLR 年内较大波动的影响, R_n 年内变化幅度也较大。

2.5 PAR 在 E_g 中所占的比例(ρ)、反射率(A)的季节变化

很久以来, 植物生理学家一般将总辐射的近1/2

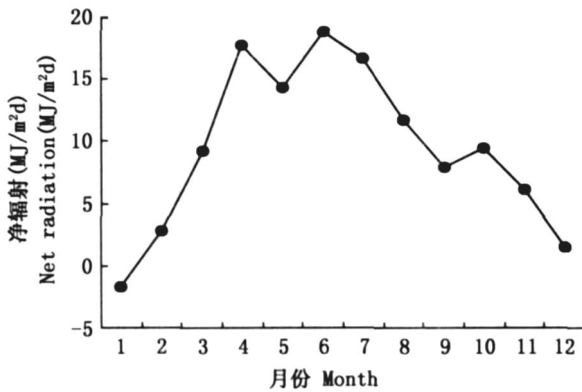


图5 海北高寒湿地净辐射 R_n 各月平均日总量变化

Fig 5 Monthly diurnal total variation of the R_n at the A lpine wetland in Haibei area

作为 PAR 的能量, 大多取 $0.44 \sim 0.50$, 提出估算模式有: $PAR = aDR$, a 为折算系数。但地区间 η 有较大的差异。在海北高寒湿地草甸地区 PAR 占太阳总辐射的比例 (η) 日变化比较平稳, 日间在早晚日出日

落前后相对稍高, 而在 $10:00 \sim 17:00$ 略低。证明 (在一日间有随时间变化而变化的可能。在季节变化中冷季较暖季稍高, 即 η 也存在有一定的季节变化。从不同时期来看, 空气干燥时, η 的量值较大, 在气候湿润, 太阳高度角较大季节, 显得较低, 日间瞬时最低可降到 0.32 。

表1 给出了海北高寒湿地 η 的季节变化, 得出 2004 年 η 年平均为 0.400 。植物生长季 5-9 月平均为 0.428 , 非生长季月平均为 0.380 , 其季节变化明显, 年内呈单峰曲线变化, 最高值出现在 7 月, 为 0.434 , 最低值在 1 月, 为 0.316 。季国良等^[15]报道, 中纬度的张掖地区 1990-1992 年晴天 η 范围为 $0.426 \sim 0.419$, 阴天 η 范围为 $0.431 \sim 0.438$ 。张运林等^[16]对低纬度的太湖地区 PAR 基本特征进行了讨论, 得出太湖地区晴天 η 为 $0.31 \sim 0.40$, 阴天为 $0.37 \sim 0.45$ 。3 个地区位于不同的纬度区和海拔高度, η 却相差不大, 表明 η 与纬度和高度无相关。

表1 海北高寒湿地 η 的季节变化

Table 1 The seasonal variation of η at the A lpine wetland in Haibei area

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
η	0.316	0.387	0.415	0.394	0.424	0.429	0.434	0.431	0.423	0.411	0.375	0.361

图6 给出了海北高寒湿地 A 的季节变化, 由图6 看到, 海北高寒湿地 A 的变化表现出“U”形的规律, 暖季低而冷季高。 A 的变化主要受控于下垫面性质改变的影响。 A 的年平均值为 0.299 , 其中植物生长季月平均为 0.157 , 非生长季月平均为 0.371 , 非生长季明显高于生长季。

结冰, 此外, 由于降雪, 冰雪覆盖了地面的枯落物, 地表如前所说呈现的是白色景观。使得这一时期高寒湿地的反射比植被完全枯黄时更大而成为反射最强时期, 1 月和 2 月 A 分别为 0.752 和 0.635 。从观测数据来看, UR 亦趋 1 月比 2 月稍低。 2003 年 12 月至 2004 年 1 月初降雪极少, 只有 1 月中旬以后有所增加, 新雪提高了 A 的量值, 由此可知, 下垫面的性质对 A 影响很大。 3 月和 4 月随气温升高, 冰雪日消夜冻, 使得冰面多孔、冰面粗糙, 由于冰雪的消融, 枯草逐渐显露, 使得这一时期反射率开始降低。 5-10 月 A 变化较为平稳, 这是因为这一时期植被已发芽长到一定高度逐渐覆盖了地面, 下垫面景观变化不大。 11 月起气温降低迅速, 植物枯黄, 地面也开始结冰, 下垫面又开始发生大的变化, A 也随之发生变化。到 12 月地面开始稳定结冰, 冰雪又逐渐覆盖了地表枯黄植物, A 迅速升高。海北高寒湿地植物生长季 A 的平均值要低于高寒矮嵩草草甸地区, 这主要是由于湿地植被无论在盖度还是高度都要高于高寒矮嵩草草甸。而在非植物生长季, 由于高寒湿地常年积水, 加之在非生长季冰雪覆盖且不易溶化, 故 A 的平均值明显高于高寒矮嵩草草甸地区^[17]。

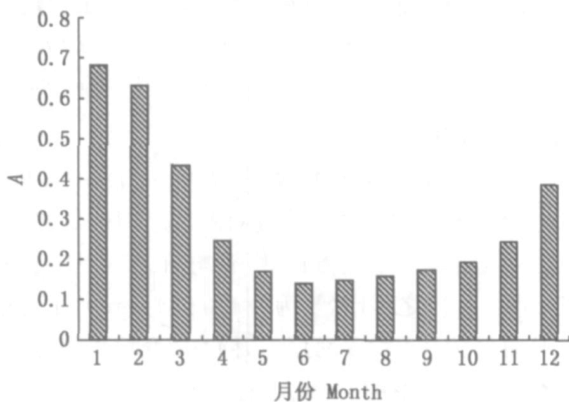


图6 海北高寒湿地 A 的季节变化

Fig 6 Seasonal variation of A at A lpine wetland in Haibei area

1 月和 2 月日极端最低气温达到 -20 以下, 2 个月月平均气温为 -16.4 , 气候寒冷使地面稳定

3 结论与讨论

3.1 海北高寒湿地的 DR 季节变化呈单峰曲线。4月是一年中总辐射最高期, 冷季12月最低, 这种变化除与太阳高度角有关外, 还与天气状况等有关。在太阳高度角高的6月和7月, 由于降水多, 云量大, 导致 DR 未达到全年最高值。 R_n 同样具有明显的季节变化。

3.2 PAR 的变化趋势与 DR 的变化一致, 但量值较低。年内 PAR 在7月最大, 12月最小。植物生长季的5-9月, 仅5个月 PAR 总量占全年总量的50%以上。可以看到植物生长季 PAR 高, 这对植物生长很有利。 η 在年内也呈单峰曲线变化, 植物生长季高, 7月达0.434, 非生长季低, 1月仅为0.316, 年平均为0.400。

3.3 UR 和 A 均具有较明显的季节变化。由于下垫面性质不同, 在植物生长季的5-9月 UR 总量为 486.46 MJ/m^2 , 占全年总量的28%。而 A 在年内表现出近似“U”形的变化规律, 1月最高, 6月最低。生长季平均为0.157, 非植物生长季最高可达0.60以上, 年平均为0.299。

3.4 DLR 的季节变化与 ULR 相似, 但 DLR 波动性大。 DLR 和 ULR 的最低值均出现在1月, 月总量分别为 352.01 MJ/m^2 和 482.73 MJ/m^2 。而最大值出现时期则不同, DLR 的月平均日总量最大值出现在6月, ULR 最大值出现在8月。 ELR 年内变化较复杂, 无明显的季节变化。

参考文献

[1] 刘红玉, 赵志春, 吕宪国. 中国湿地资源及其保护研究[J]. 资

源科学, 1999, 21(6): 34-37

- [2] 何勇田, 熊先哲. 试论湿地生态系统的特点[J]. 农业环境保护, 1994, 13(6): 275-278
- [3] 余国营. 湿地研究进展与展望, 21世纪青年学者论坛, 2000, 22(3): 61-65
- [4] 刘子刚, 马学慧. 湿地的分类[J]. 湿地科学与管理, 2006, 2(1): 60-63
- [5] 何勇田, 熊先哲. 试论湿地生态系统的特点[J]. 农业环境保护, 1994, 13(6): 275-278
- [6] 孙志高, 刘景双, 杨继松, 等. 三江平原小叶章湿地种群生物量结构动态与生长速率分析[J]. 草业学报, 2006, (2): 21-29
- [7] 刘敏超, 李迪强, 温琰茂. 三江源湿地生态系统功能分析及保育[J]. 生态科学, 2006, 25(1): 64-68
- [8] 孙志高, 刘景双, 李彬. 中国湿地资源的现状、问题与可持续利用对策[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 83-88
- [9] 白军红, 欧阳华, 徐慧风, 等. 青藏高原湿地研究进展[J]. 地理科学进展, 2004, 23(4): 1-8
- [10] 陈桂琛, 黄志伟, 卢学峰, 等. 青海高原湿地特征及其保护[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 254-259
- [11] 孙广有. 青藏高原的湿地. 大自然探索, 2002, 12: 30-32
- [12] 李英年, 赵亮, 徐世晓, 等. 祁连山海北高寒湿地植物群落结构及生态特征[J]. 冰川冻土, 2006, 28(1): 76-83
- [13] 王德斌. 西藏沼泽土壤特征及其开发利用[A]. 见: 黄锡畴主编. 中国沼泽研究[C]. 北京: 科学出版社, 1988, 236-241
- [14] 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、植被生产力的背景分析[J]. 高原气象, 2004, 23(4): 558-567
- [15] 季国良, 马晓燕, 邹基燕, 等. 张掖地区的光和有效辐射特征[J]. 高原气象, 1993, 12(2): 141-146
- [16] 张云林, 秦伯强. 太湖地区光合有效辐射(PAR)的基本特征及其气候学计算[J]. 太阳能学报, 2002, 23(1): 118-123
- [17] 李英年, 赵新全, 曹广民, 等. 海北高寒草甸地区太阳总辐射、植被反射辐射的有关特征[J]. 草地学报, 2002, 10(1): 33-39

(责任编辑 李玉芹)