

西藏当雄高寒草甸碳通量定位观测站 小气候的基本特征

张冰松^{1,2}, 石培礼^{1*}, 何永涛¹, 张宪洲¹, 李泉^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中科院研究生院, 北京 100049)

摘要: 分析了西藏当雄高寒草甸碳通量站 4 个高密度小气候观测资料的净辐射、光合有效辐射、气温的年变化和日变化的规律, 绝对湿度、相对湿度、风、大气压、土壤温度及湿度、土壤热通量的年变化规律。该地区具有明显的高原大陆性气候特征, 光照强、日照长, 太阳辐射和光合有效辐射强; 气温年较差小, 日较差大; 空气湿度小, 较干燥, 雨季和旱季分明, 降水集中强度小; 气压低, 有常风; 土壤温度年变化较小, 土壤湿度和降水有明显的对应关系, 降水节律是土壤湿度的决定因素。

关键词: 小气候特征; 藏北; 高寒草甸

中图分类号: P463.2 S812.2

文献标识码: A

中国从 20 世纪 50 年代以来曾先后组织多次规模较大的野外小气候考察, 90 年代以后又对固沙区^[1]、青海高寒草甸^[2,3]、山东禹城的农田试验区^[4,5]和红壤试验区^[6]等不同的下垫面进行了小气候考察, 但对青藏高原腹地高寒生态系统小气候考察较少。为了更好地了解生态系统碳通量与气候之间的关系, 需要高频度的气象观测和生物环境因子测定数据。尽管全球已经建立了超过 300 多个碳通量观测站, 但这在全球尺度上还是为数不多, 在中国碳通量观测才刚刚起步, 在青藏高原目前还很少。中国科学院从 2002 年开始启动“中国陆地和近海生态系统碳收支研究”计划, 结合 2003 年启动的国家 973 项目“中国陆地生态系统碳循环及其驱动机制研究”项目建立了中国碳通量观测网络 (ChinaFlux), 包括森林、草地和农田共 8 个定位观测站。当雄碳通量观测站是建立青藏高原腹地, 世界海拔最高的高寒草甸碳通量观测站。

藏北高原是高寒草甸 (草原) 分布的核心区, 海

拔高, 气候寒冷, 植被低矮。受太阳辐射和下垫面植被的影响, 高寒草甸的小气候在不同季节、一天的不同时间、以及不同物候期都会呈现各自不同的特点。常规的气象观测难以获取气候要素连续变化 (包括日变化和季节变化) 及其变异的信息, 而这样的资料对了解生态系统碳通量的时间变异及碳收支非常重要, 且在青藏高原腹地非常少见。为开展高原腹地高寒草甸生态系统碳通量观测, 2003—07 在当雄草原站建立了涡度相关碳通量和微气象观测系统, 开始对太阳辐射、气温、土壤温度、降水量、空气和土壤湿度、风速等气象要素进行了观测, 已获得了 5 a 的长时序高频数据。本文目的是分析藏北高原高寒草甸生态系统的季节变化特征, 为阐明生态系统碳通量与气候之间的关系奠定基础。

1 研究区概况和数据资料

1.1 研究区概况

收稿日期 (Received date): 2008-10-05; 改回日期 (Accepted): 2008-120-31.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KJ951-YW-432-1), 中国科学院“西部之光”联合学者和国家重点基础研究发展项目 (2005CB422000, 2002CB412501) 资助。[Knowledge Innovation of CAS (KJ951-YW-432-1), CAS Western Light Talents Program and State Key Basic Research on Development Strategy (No. 2005CB422000, 2002CB412501).]

作者简介 (Biography): 张冰松 (1986-), 女, 硕士研究生, 主要从事青藏高原高寒草地研究。[Zhang Bing-song (1986-), Graduate student. Major research in alpine grassland ecosystem ecology.] E-mail: zhangb06@gsnrr.ac.cn

* 通讯作者 (Corresponding author): 石培礼, E-mail: ship@gsnrr.ac.cn

当雄高寒草甸碳通量观测站建立在西藏自治区当雄草原站内, 是中国科学院地理科学与资源研究所拉萨高原生态站的一个定位观测点。地处 $91^{\circ}05' E$ $30^{\circ}25' N$ 海拔为 $4\,333\text{ m}$ 气候属于高原性季风气候, 具有太阳辐射强、气温低、日较差大, 年较差小的特点。据当雄县气象站 40 a 气象数据: 年均气温 1.7°C , 年降雨量 459.6 mm , 日照时数 $2\,838\text{ h}$ 年太阳辐射总量 $187.9\text{ kcal}/\text{cm}^2$, 年均 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $1\,800^{\circ}\text{C}$, 无霜期仅 62 d 从头年 11 月至翌年 3 月有 3 个月的土地冻结期。

土壤属于高寒草甸土, 结构为砂壤土, 土壤厚度 $30\sim50\text{ cm}$ 土壤砾石含量较高, 达 30%, 有机质 $0.19\%\sim21.97\%$, 全氮 $0.105\%\sim0.119\%$ 。植被为高寒草甸, 主要优势种主要有丝颖针茅 (*Stipa capillacea*)、窄叶苔草 (*Carex montiseverestii*) 和小嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 伴生种有多种密丛生嵩草^[7]。本类草甸由于超载过牧退化, 针茅入侵较多, 常形成草原化草甸, 伴生有木根香青 (*Anaphalis xylophiza* Sch. — Bip)、劲直黄芪 (*Astragalus strictus*) 和多种委陵菜 (*Potentilla* sp.), 群落盖度约 $50\%\sim80\%$ 。

数据资料获取和处理
数据采自小气候观测系统。辐射表 (CM11, Kipp & Zonen, USA)、光合有效辐射 (LI-190 Sb, Li-Cor Inc, USA) 和红外温度传感器安装在高度约 1.5 m 的支臂上, 获取净辐射通量 (R_n)、太阳总辐射 (DR)、地表反射辐射 (UR)、地面长波辐射 (ULR) 和大气逆辐射 (DLR)、光合有效辐射 (PAR)。土壤温度 (105T, Campbell, USA) 和土壤湿度 (CS616, Campbell, USA) 传感器分 5、10、20、40 和 60 cm 等 5 个层次测定; 空气温度/湿度传感器 (HUM145C, Vaisala, Finland) 安装在防辐射罩内, 分 1.5 m 和 2.1 m 两层测定; 风速和风向传感

器 (014A & 034 a—L, CSI, USA) 与空气温度/湿度传感器安装在同一高度, 雨量筒传感器安装高度约 1.5 m 。原始数据采样频率为 10 Hz , 所有要素经系统处理后输出 30 min 平均值。观测始于 2003—07—19 所有气象要素数据利用 25 通道多路复用器的 CR23X 数据采集器采集并储存^[8], 数据记录时间为北京时间。观测 5 a 数据基本完整, 下面采用 2004~2007 年 4 个整年的数据分析当雄高寒草甸生态系统气候的年度和季节变化特征。

2 结果分析

太阳辐射的变化规律
太阳辐射是影响气候变化最主要和最基本的因素。太阳辐射的大小主要由太阳高度角和太阳赤纬、大气水汽含量、日照长短决定, 太阳辐射还随地理纬度和季节不同而变化。

2.1.1 太阳总辐射 (DR)
当雄高寒草甸年总辐射平均为 $7\,118.4\text{ MJ}/\text{m}^2$, 比拉萨 $7\,700\text{ MJ}/\text{m}^2$ 稍低。与几乎同纬度的成都 $3\,668\text{ MJ}/\text{m}^2$ 相比, 是其 1.9 倍。

由月总辐射的平均值可以看出: 总辐射呈现明显的先增加后降低的趋势, 在 5 月达到最大值 $745.7\text{ MJ}/\text{m}^2$, 12 月最小, 为 $454.2\text{ MJ}/\text{m}^2$ 。月总辐射最大值出现在 5 月, 太阳高度角最大是 6 月, 影响太阳辐射的不仅包括太阳高度角, 同时包括大气水汽含量, 5 月的多年平均降水量为 32.9 mm , 而 6 月的多年平均降雨量为 78.0 mm , 这可能是造成 6 月总辐射降低的原因, 6~8 月随着太阳高度角变小和降水量的增加, 月总辐射逐月减小, 9 月随着降雨量的骤减, 有的年份出现月总辐射增加, 平均值仍是呈现下降的趋势, 10~12 月随着太阳高度角继续变小, 月总辐射随之变小 (表 1)。

表 1 当雄高寒草甸 2004~2007 年逐月太阳总辐射
Table 1 The monthly total solar radiation from 2004 to 2007 in Danxiong alpine meadow

年度	逐月总辐射 (MJ/m^2)												年总量 (MJ/m^2)
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
2004	439.1	549.4	673.6	657.9	761.4	655.0	559.0	639.0	641.5	572.3	483.3	435.6	7 067.1
2005	431.7	406	616.9	644.8	699.6	719.6	668.4	591.3	623.6	571.5	524.4	475.3	6 973.1
2006	488.1	489.9	634.2	645.8	724.7	693.4	680.4	686.3	607.8	578.8	479.2	456.0	7 164.6
2007	483.0	485.1	669.7	619.0	797.1	734.1	701.9	588.9	607.9	625.3	506.7	449.9	7 268.6
平均	460.5	482.6	648.6	641.9	745.7	700.5	652.4	626.4	620.2	587.0	498.4	454.2	7 118.4

2. 1. 2 净辐射 (Rn)

净辐射是指下垫面从短波到长波的辐射能的收支代数,它既能包含直接太阳辐射,半球天空的散射辐射和反射辐射等短波辐射部分,也包含大气逆辐射和地面射出辐射的长波部分,其波长范围大致处于 0.3~100 μm 光谱中。

瞬时净辐射 Rn一般在 6~7月最大,最高瞬时 Rn日均总量为 12.4 MJ/m² 出现在 2004—06 12月和 1月最小,12月日均总量在 0 MJ/m² 以下。最高(低)净辐射基本与当雄的太阳高度角所在的最(低)月一致。有相当多的天数 Rn日均总量在 0 MJ/m² 以下,导致 12和 1月的 Rn的月平均日总量低于 0 MJ/m² 以上。2004~2007年 4 a日均总量为 5.5 MJ/m², Rn年总量平均为 1994.8 MJ/m²,其中 6~8月总量为 913.3 MJ/m²,日均 9.9 MJ/m²。

由处理的数据可以看出:从 1月开始瞬时净辐射随太阳高度角的增大而增大,在 6月达到最大值,

下半年又随高度角的减小而变小。多年平均瞬时净辐射为 64.85 W/m²,瞬时净辐射最小值出现在太阳高度角最小的 12月,平均最小值为 -5.22 W/m²,极端最小值为 -7.56 W/m²;最大值出现在太阳高度角最大的 6月,平均最大值为 119.13 W/m²;极端最大值为 144.56 W/m²。还可以看出 7月的瞬时净辐射小于 8月,这和当月的降水较多有关。

2. 1. 3 地表反射辐射 (UR)和反射率

由数据处理看出:地表反射辐射呈”M”型变化。1~4月随着太阳辐射的增大,地表反射辐射增大;4~8随着生长季的到来,植物返青,地表裸露程度降低,地表反射辐射减小;8~11月,植物变黄枯死,地表反射辐射增大,11~12月随着太阳总辐射的减小地表反射辐射减小。和反射辐射不同,反射率主要受地表状况的影响,呈现明显的”U”型变化规律,在植被情况较好的 6~9月,反射辐射较小,在干旱的冬春季节,地表裸露,反射率较大(表 2)。

表 2 反射辐射和反射率的月平均值
Table 2 The monthly average of reflective radiation and albedo

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
总辐射	460.5	482.6	648.6	641.9	745.7	700.5	652.4	626.4	620.2	587.0	498.4	454.2	7118.4
反射辐射	157.2	136	154.7	154.3	150.5	126.6	111.1	104.2	109.1	135.2	139.7	132.8	1611.3
反射率	0.34	0.28	0.24	0.24	0.20	0.18	0.17	0.17	0.18	0.23	0.28	0.29	0.23

2. 1. 4 光合有效辐射 (PAR)

在生态系统中,非生命环境系统的微气候直接或间接地通过生理生化过程,作用于植物的生长发育,并影响植被生产力的形成。植被生产力形成与提高是绿色植物通过光合作用,制造有机物积累的过程。植物在进行光合作用时对太阳辐射能的吸收和利用具有一定的选择性,通常把绿色植物能进行光合作用的 400~700 nm波段能量称为光合有效辐射^[9]。

由 5 a数据发现:瞬时的 PAR呈倒”U”型变化规律;多年平均值为 442.71 μmol/(m²·s);在 5月达到最大值 544.56 μmol/(m²·s),12月达到最小值 321.79 μmol/(m²·s),其中极端最大值为 577.91 μmol/(m²·s),极端最小值为 311.24 μmol/(m²·s)。

PAR月平均最大值出现在 6月,最大值为 66.44 mol/(m²·d),出现在 2005—06—26,随后随降雨量的增加或太阳高度角的降低而逐渐下降,在 12月底或者 1月初下降到最低值。

当雄 PAR年平均值为 13931.5 mol/m²,按照 Zhang et al. (1999) 计算^[10],每焦耳 PAR的能量有 4.43 μmol/(m²·s)的光量子,PAR折合能量为 3137.7 MJ/m²,因此光合有效辐射占总辐射的 44.2%,与拉萨 43%相当。

气温
2. 2. 1 气温的年变化规律

由于太阳高度角冬低夏高、日照冬短夏长,气温因此会发生显著的四季变化。当地气温变化和太阳辐射具有相同的变化规律。4 a平均气温为 2.5℃,在 7月气温达到最大值,平均最大值为 11.4℃,月均极端最高温度为 12.4℃;12月气温最低,平均最小值为 -6.7℃,月均极端最低温度为 -9.9℃,气温年较差平均为 18.1℃,变化比较平缓。纬度相近的成都地区年较差在 7~8.5℃。年平均相对升温率为 56%,年平均相对降温率为 79%;呈降温比升温快(图 1)。4 a夏季平均温度在 10℃,温度较适宜,有利于牧草的生长。

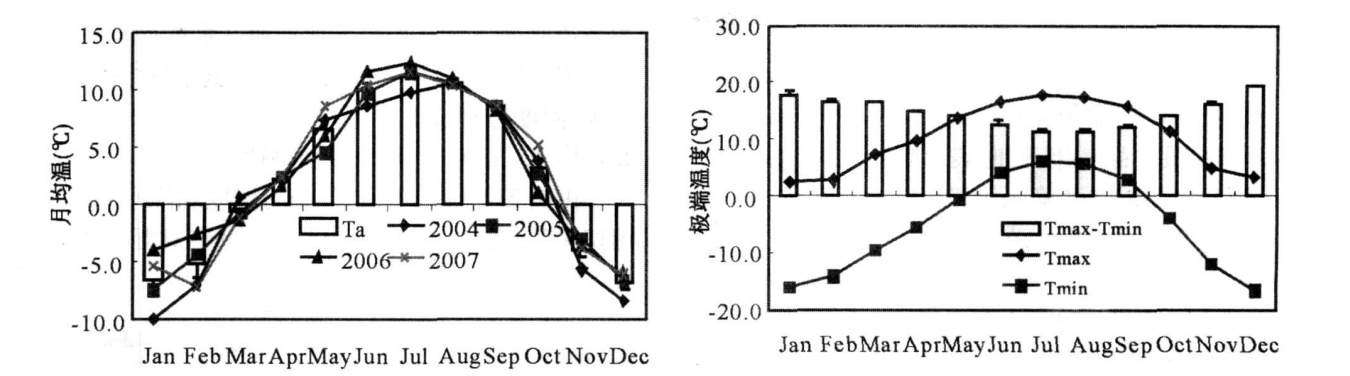


图 1 平均气温、极端温度和日较差的变化规律

Fig 1 The mutative rule of air temperature extreme temperature and daily temperature range

相对于较小的年较差, 该地区日较差较大, 4 a 平均日较差为 14.7℃, 12 月份日较差高达 19.2℃。呈现冬春季节日较差大, 夏秋季节日较差小的“U”型变化规律。有“一年无四季, 一日有四季”之说。

2.2.2 生物学温度

温度是影响植物生长的重要因素之一, 一般用生长季积温表示。该地区 > 0℃积温平均为 1665℃, > 0℃平均为 219 d 稳定通过 0℃的天数平

均为 188 d > 5℃的积温平均为 1 509.1℃, 开始日为 3 月底 4 月初, 结束日期为 10 月中旬。一般认为温度稳定超过 5℃, 牧草开始返青生长; 温度稳定下降到 5℃时, 牧草停止生长; 稳定通过 5℃的平均天数为 135 d 该地区牧草开始返青生长的时间为 5 月底 6 月初, 牧草停止生长的时间为 10 月上旬, 生长季为 5~9 月; > 10℃的积温平均为 851℃, 开始时间为 5 月下旬, 结束时间为 9 月上旬 (表 3)。

表 3 生长季积温和持续天数

Table 3 The cumulative temperature during growing season and the continuance of number of days

年份	日均气温> 0℃				日均气温> 5℃				日均气温> 10℃			
	初日	终日	持续日数	积温(℃)	初日	终日	持续日数	积温(℃)	初日	终日	持续日数	积温(℃)
2004	27/02	22/10	219	1 592.2	22/03	13/10	163	1 464.1	16/05	07/09	46	520.8
2005	18/02	17/11	219	1 590.0	07/04	20/10	140	1 391.6	27/05	27/09	72	828.1
2006	16/01	21/10	213	1 669.3	10/04	04/10	151	1 528.5	31/05	08/09	90	1 071.0
2007	02/01	20/11	226	1 809.1	02/01	16/10	167	1 652.3	19/05	11/10	85	984.1
平均	—	—	219	1 665.2	—	—	155	1 509.1	—	—	73	851

降水量

2.3.1 降水量的年际变化和季节变化特征

当雄地区的水汽来源于印度孟加拉湾。每年 4~5 月, 西南暖湿气流沿雅鲁藏布江河谷向西北推进, 从东南向西北降水逐渐增加。受气流强度的影响每年的降水量波动较大, 4 a 的完整数据所计算出的平均年降水量为 423.7 mm, 且降水集中, 6~8 月降水总量占全年降水总量的 74.0%, 而 12 月和 1 月基本没有降水。生长季的 5~9 月降水量为 395.3 mm, 占总降水量的 93.3%, 非生长季的 10 月到翌年的 4 月降水量为 28.4 mm, 占总降水量的 6.7%。和海北站相比, 其暖季的 5~9 月降水量占

全年降水量的 80%, 相比较当雄的降水更加集中, 同时也说明冬春季节该地区更加干旱。4 a 中, 2004 年降雨量最多, 达 550.4 mm, 2006 年是一个旱年, 年降水量只有 253.5 mm。降水量最多的月一般在 7 月, 平均占年降水总量的 27% 左右, 但 2005—07 降水相对较少, 最大降水量延迟到 8 月, 且降雨量占到全年的 42.8%。2007 年降雨量 (419.1 mm) 虽与常年平均值相当, 但雨季来得很晚, 1~6 月降水共 36.4 mm, 仅占全年的 8.7%, 而常年 1~6 月降水量占全年降水量的 28.1%, 其中 2004 年达到 44.5%。

2.3.2 年降水日数和降水等级

该地区降水日数平均为 119 d 其中降水量在

0.1~2.5 mm之间的天数为 75 d 2.5~5.0 mm之间的 13 d 5.0~10.0 mm的 19 d 10.0~20.0 mm之间的 11 d >20.0 mm的 1 d 2004年降水量是 4 a中降水最多的一年,同时表现为除了>20.0的降水等级持平外,在各降水等级中降水日数均大于平均值;2005年降水量也在平均水平之上,变现为 5.0~10.0 mm和 10.0~20.0 mm的降水等级的降水日数超过平均值;2006年的降水量偏少,可降水日数为 108 d比平均数仅少 11 d而降水量则比平均数少了 188.4 mm,降水量的减少主要表现在降雨等级 10.0~20.0 mm的天数减少,平均为 11 d而2006年仅有 2 d 2007年降水量和平均值基本持平,降水天数虽然仅为 106 d可是其>20.0 mm的降水日数多于平均值(图2表4)。

空气湿度

湿度包括绝对湿度和相对湿度,它表示空气中水汽量的多少和湿润程度。

湿度和降水有着密切的联系,除此之外湿度的

大小还取决与水汽来源。当雄地区水体面积较小,植物覆盖度不高,加之气温低,输送到空气中的水汽量少,湿度普遍较小。

2.4.1 空气绝对湿度的变化规律

由图3可以看出,空气绝对湿度和降水量有着密切关系,变化趋势基本吻合。空气绝对湿度从11

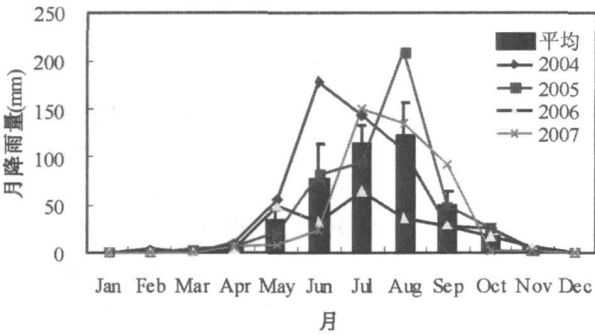


图2 年降雨量的季节分布

Fig.2 The seasonal distribution of annual precipitation

表4 年降雨等级和降雨日数分布

Table 4 The distribution of precipitation grade and daily numbers of precipitation

年度	年降雨量 (mm)	降雨日数 (Day)	降雨等级及日数					最大降雨量 及出现时间
			0.1~2.5(mm)	2.5~5.0(mm)	5.0~10.0(mm)	10.0~20.0(mm)	>20.0(mm)	
2004	550.4	137	80	15	26	15	1	21.8 (23 Jun)
2005	489.9	123	73	11	23	16	0	18.1 (27 Aug)
2006	235.3	108	75	16	14	2	0	17.1 (20 Sep)
2007	419.1	106	73	9	12	9	4	26.1 (27 Aug)
平均	423.7	119	75	13	19	11	1	20.8

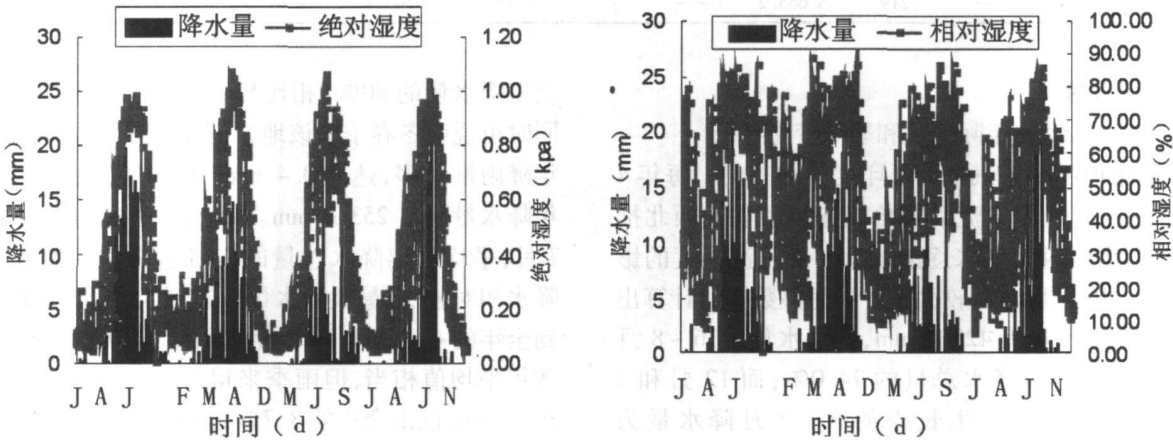


图3 绝对湿度、相对湿度和降水量的变化

Fig.3 The variation of absolute humidity, relative humidity and precipitation

月到次年 3 月较小, 从 5 月开始绝对湿度增大, 6~9 月是雨季, 绝对湿度稳定且数值较大。

当雄地区的年平均绝对湿度 0.40 kPa, 8 月份最大, 平均最大值为 0.89 kPa, 月平均极端最大值为 0.96 kPa; 最小月为 1 月, 平均最小值为 0.09 kPa, 极端最小绝对湿度只有 0.06 kPa, 空气极为干燥。与相近的达孜地区相比较, 达孜地区的年平均绝对湿度为 0.56 kPa, 最大月 8 月为 1 kPa, 最小月也相同 0.23 kPa, 2、3 月的极端最小绝对湿度为 0.01~0.02 kPa, 可以看出当雄地区比达孜地区更为干燥, 这与当雄地区相对于达孜海拔更高、且地理位置更偏向于西北有关。

2.4.2 空气相对湿度的变化规律

由所作的曲线图来看, 相对湿度与降水量的耦合程度没有绝对温度好, 可见降水量并不是影响相对湿度的唯一因素, 还受温度的影响。

数据处理得到: 多年平均相对湿度为 47.1%,

最大值出现在 8 月, 平均最大为 71.1%, 月平均极端最大为 76.7%; 最小值出现在 3 月, 平均最小为 26.5%, 极端最小值为 16.3%。与达孜地区相比较而言, 达孜地区年平均相对湿度为 49%, 最大月 9 月为 65%, 最小月 2 月为 39%, 在 3~4 月极端相对湿度几乎为零。可以看出两地相对湿度变化趋势一致, 当雄地区也显示为更为干旱。

地温

地温包括地面 (0 cm) 温度和土壤温度, 也是重要的气象因素。

由数据处理可知, 多年平均地面温度为 6.87℃, 由于太阳直接照射在地表, 与年平均气温 (2.5℃) 相比较, 年平均地表温度较高。地面表层出现最大值和最小值的时间和气温出现的时间一致, 7 月地面温度最高, 平均最高值为 16.1℃, 1 出现最小值, 平均最小值为 -5.4℃; 平均年较差为 21.5℃, 与气温 (18.1℃) 相比稍大。

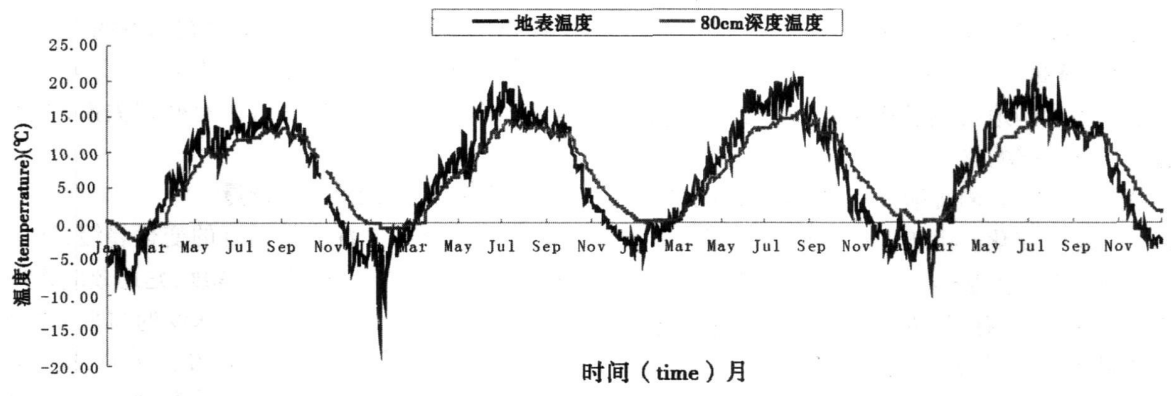


图 4 0 cm 和 80 cm 深度的温度年变化
Fig. 4 The variation of ground temperature pre-year about the depth of 0 cm and 80 cm

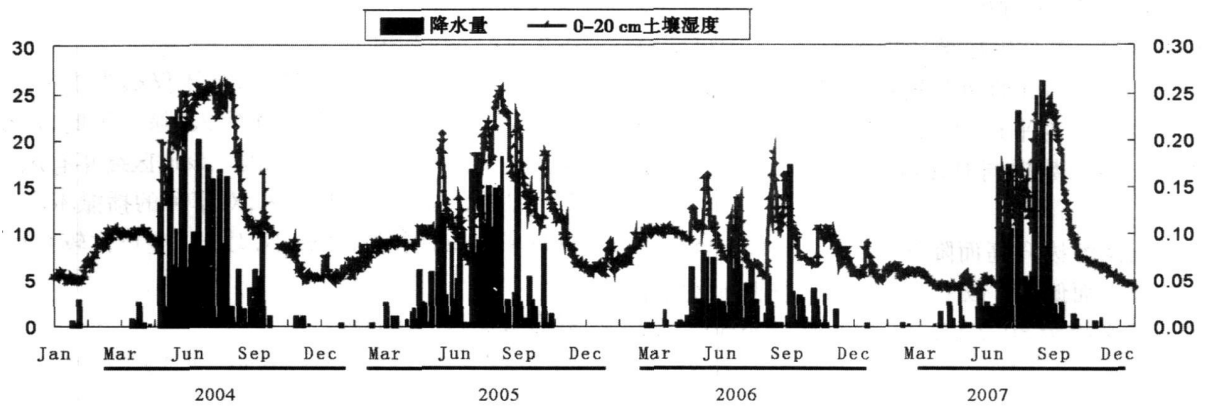


图 5 降雨量与土壤湿度的关系
Fig. 5 The relationship of precipitation and soil humidity

仅为表征规律,用 80 m深处和表层温度做曲线图,80 m深处的年平均温度为 7.0℃,比地面温度高,在 80 m深度温度的变化和地层表面比较有明显的延迟效应。温度显示:多年平均最高温度出现在 8月为 13.5℃,而地面温度多年平均最高温度出现在 7月(16.1℃),多年平均最低值出现在 2月,为 -0.4℃,地面温度最低值出现在一月(-5.4℃)(图 4)。总体来讲,深度 80 m深处的温度的延迟效为一个月。

土壤含水量

土壤湿度和降水、露水和蒸散等有密切关系。由图 5可以看出表层土壤湿度和降水量的变化趋势基本一致,可以判断当雄地区土壤湿度主要是受降水量的影响。基本呈现增加后减少的趋势,1~4月 0~20 m深度的月平均土壤湿度基本持平(0.06至 0.08),5~8月随着降水的增多持续增加(0.09~0.18),9月之后随着降水的减少,土壤湿度随之下降。5~9月土壤湿度大的月份温度也较高,是牧草的生长期,有利于牧草的生长。

土壤热通量

土壤热通量是地表热量平衡的组成部分,它表征土壤表层与深层的热交换状况。

土壤热通量受太阳辐射及气温影响较大,随着季节的交替发生变化。由于四季中夏季气温高,土壤表面温度较高。土壤热通量就较高;冬季气温低,土壤热通量就较低;春、秋两季土壤热通量介于冬、夏两季之间,但由于春季气温逐渐升高,秋季气温逐渐降低,所以春季的土壤热通量逐渐增大,秋季土壤热通量逐渐减小。

气压和风速

据资料知:在高寒草甸地区,年平均风速为 2.8 m/s,每年 2~4月午后至傍晚多大风,最大风速可达 11 m/s。由 4 a数据分析可知:看出当雄地区全年风速变化较为平稳,2~5月风速较大,多年平均为 2.82 m/s。数据同时显示一般表现为午后风速变大。

气压随海拔升高而降低,当雄海拔约 4 333 m,气压比海平面低 1/3以上,根据观测,当雄地区的年平均气压平均为 60.2 kPa,只有北京的 59.9%,成都的 61.2%。

该地区气压有波动但是范围不是很大,年较差平均为 0.79 kPa,仅在一年中,1~4月气压稍低(平均 60 kPa),因为较寒冷,四周一片枯黄,缺氧现象

较为明显,人们普遍感到不舒畅。夏秋季节(特别是 8~10月)气候温和湿润,四周一片葱绿,平均气压为 60.5 kPa,氧气相对较多,即使初上高原的人,一般也不会感到特别难受。

3 小结

太阳辐射的变化

当雄地区光照强日照长,海拔高,空气中尘埃颗粒和水汽含量少,大气透明度高,纬度低,日照时间长,光照充足,是我国太阳辐射最强的地方,约比同纬度的平原地区强一倍。

空气的温度

与平原地区相比,该地区气温的一个显著特点是气温的年较差小,日较差大。该地区气温的平均日较差为 14.7℃左右,杭州、南京、武汉的平均日较差均在 9℃以下。

空气湿度和降水

该地区降水集中,主要集中在雨季的 6~9月,降水量可达全年的 80%以上;从 11月到次年 4月基本无降雨。空气湿度和降水有密切关系,除了雨季外,空气干燥。

土壤温度、湿度和热通量

随着深度的加深土壤温度的变化趋缓,开始出现一定的延迟效应,在 80 m深度,延迟效应将近一个月。当雄地区土壤的湿度随深度的增加而减少。土壤表层的湿度和大气降水有着直接的关系,在 6~9月,该地区的雨季土壤表层的湿度也较大,牧草一般根系不深,表层土壤湿润有利于其生长。土壤热通量受太阳辐射和气温的影响较大,具有相同的变化特征。

大气压和风

该地区由于海拔高度高,气压仅相当于平原地区的 60%。当雄地区气候不宜人,除气压低、寒冷、干燥外,多风也是重要的原因。该地区终年有风,在 2~5月风速较大,傍晚多风,对草种的播撒不利,风蚀现象严重;同时常风较小,对农业生产比较有利。

参考文献 (References)

- [1] Yao De-jiang, Du Yue, Li Jia-chun, et al. A land-atmosphere coupling model and mechanism of the crust layer and the evolution of arctic tundra vegetation area of Shapouq. J. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(4): 452~460 [姚德良, 杜岳, 李家春, 等. 沙坡头人工植被区陆气耦合模式及生物结皮与植被演变的机理研究[J]. 生态

- 学报, 2002, 22(4): 452~460]
- [2] Yao De-liang, Shen Wei-ming, Xie Zheng-tong et al. Study on growth yield model of forage grass in high cold meadow [J]. Acta Agrestia Sinica, 1996, 4(4): 274~280[姚德良, 沈卫明, 谢正桐, 等. 高寒草甸地区牧草生长量模拟模式研究 [J]. 草地学报, 1996, 4(4): 274~280]
- [3] Ji Guo-liang. Advanced in energy budget observation experiment over the Qinghai-Xizang Plateau [J]. Plateau Meteorology, 1999, 18(3): 333~340[季国良. 青藏高原能量收支观测实验的新进展 [J]. 高原气象, 1999, 18(3): 333~340]
- [4] Xie Zheng-tong, Li Jia-chun, Yao De-liang. A coupling model of the land-atmosphere interaction with canopy influence [J]. Acta Mechanica Sinica, 1998, 30(3): 267~276[谢正桐, 李家春, 姚德良. 考虑植被影响的陆气耦合模式 [J]. 力学学报, 1998, 30(3): 267~276]
- [5] Yao De-liang, Xie Zheng-tong, Li Jia-chun. Land-atmosphere interaction model and observation in Yucheng county [J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(6): 1076~1082[姚德良, 谢正桐, 李家春. 禹城地区陆气相互作用耦合模式和观测研究 [J]. 生态学报, 2000, 20(6): 1076~1082]
- [6] Yao De-liang, Zhang Qiang, Du Yue et al. A land-atmosphere coupling model and its application in red soil areas [J]. Journal of CUN (Natural sciences edition), 2003, 12(2): 101~110[姚德良, 张强, 杜岳, 等. 红壤地区陆气耦合模式研究及其应用 [J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 2003, 12(2): 101~110]
- [7] Xu Ling-ling, Zhang Xian-zhou, Shi Pei-li et al. Net ecosystem carbon dioxide exchange of alpine meadow in the Tibetan Plateau [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(8): 1948~1952[徐玲玲, 张宪洲, 石培礼, 等. 青藏高原高寒草甸生态系统净二氧化碳交换量特征. 生态学报, 2005, 25(8): 1948~1952]
- [8] Xu Ling-ling. Measurement and modeling of the net ecosystem carbon dioxide exchange on Tibetan Plateau alpine meadow ecosystem and its response to global climate (Doctoral dissertation) [D]. Beijing: Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research [徐玲玲. 西藏高原高寒草甸净生态系统碳通量的观测和模拟及其全球变化的响应 [D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所]
- [9] Li Ying-nian, Zhou Hua-kun. Features of photosynthetic active radiation (PAR) in Haibei alpine meadow area of Qilian mountain during plant growing period [J]. Plateau meteorology, 2002, 21(1): 90~95[李英年, 周华坤. 祁连山海拔高寒草甸地区植物生长期的光合有效辐射特征. 高原气象, 2002, 21(1): 90~95]
- [10] Zhang Xian-zhou et al. Measuring and modeling photosynthetically active radiation in the Tibet Plateau during April-October [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 102: 207~212]

The Climate Feature of Damxung Alpine Meadow Carbon Flux Research Station on the Tibetan Plateau

ZHANG Bing-song, SHI Pei-li, HE Yong-tao, ZHANG Xian-zhou and LI Quan

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resource Research, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China)

Abstract: 4-years microclimate of alpine meadow of China Flux Station in Damxung on the Tibetan Plateau was analyzed. The monthly and annual variation of solar radiation, photosynthetically active radiation (PAR), air temperature, absolute humidity, relative humidity, wind speed, air pressure, soil temperature, soil humidity and soil heat flux were compared and analyzed. That climate of the Damxung alpine meadow is characterized by continental temperate feature, with strong solar radiation and PAR, radiation hours, low seasonal variation of temperature but high variation of daily temperature. The weather is relatively dry, with low air humidity in the season. More than 80% of annual precipitation is concentrated in growing season. Rainfall is frequent in normal year but intensity is low. The atmosphere pressure is low. Windy weather is common in all the year. The seasonal variation of soil temperature is relative low. The soil humidity is intimately correlated with rainfall events, with relative higher soil moisture in the growing season.

Key words: microclimate, north Tibet, alpine meadow