

青藏高原夏季夜雨率空间分布及其变化特征

余忠水¹, 康世昌^{2,3}, 蒋建莹⁴

(1. 西藏自治区气象台, 西藏 拉萨 850000; 2. 中国科学院青藏高原研究所青藏高原环境变化与地表过程重点实验室, 北京 100085;
3. 中国科学院冰冻圈国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 4. 国家卫星气象中心, 北京 10081)

摘 要: 选取了 1961—2007 年青藏高原海拔 2 000 m 以上 76 个气象站夏季(6—9 月)逐日地面降水观测资料, 分析了青藏高原夏季夜雨率的时空特征, 结果表明: 1. 青藏高原夜雨率具有显著的区域差异性, 在西藏中西部夜雨率呈“纬向型”分布, 而西藏东部、川西高原至滇北夜雨率则表现为“西北—东南”走向; 夜雨率高值中心出现在雅鲁藏布江中段(日喀则地区东北部至拉萨市一带), 达到 75 % 以上, 同时喜马拉雅山脉南麓可能是夜雨率 > 70 % 的另一个高值区域; 夜雨率最低值在青海省西北部, 仅为 33 %; 2. 高原夜雨率具有明显的海拔效应, 夜雨率与海拔呈显著的反相关, 即海拔越高夜雨率越低, 反之亦然; 3. 高原夜雨率随夏季日期推后呈增大趋势, 而年际变化上则表现为明显的下降趋势, 20 世纪 80 年代初存在明显的突变现象; 4. 高原夜雨率与日降水量之间存在一定的关联: 当日降水量 < 1 mm 时夜雨率仅为 48.8 %, 此后夜雨率随着日降水量增加而明显增大, 特别是降水量在 20 mm 以下时, 夜雨率上升速度最快, 上升幅度超过 20 %; 当日降水量为 23 ~ 40 mm 时, 夜雨率稳定在 70% ~ 76 % 间, 随后又略有波动下降; 当日降水量为 33 mm 时, 夜雨率达到极大值, 为 75.1 %。青藏高原夜雨率的空间变化可能受大地的影响。高原夜雨对农牧业生产有利的同时, 也可能会带来诸多自然灾害。因此, 深入探讨夜雨率是制定有效防御气象灾害对策的重要依据。

关键词: 夜雨率; 时空变化; 青藏高原

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

青藏高原是地球上的独特地理单元, 由于高海拔和复杂地形等因素的共同作用, 其具有独特的天气和气候特征^[1], 素有“第三极”之称, 是全球气候变化研究所关注的热点地区之一。杜军等^[2]利用 1971—2000 年气象资料, 分析得出西藏降水的日变化主要表现为白天少雨(雪)晴朗, 夜间多发生降水, 昼晴夜雨是高原降水资源的一大特征。刘文杰等^[3]把夜雨作为重要的农业气候资源来研究, 指出夜雨在作物生态环境中起着至关重要的作用, 可部分缓解干旱季节作物需水的不足。在目前全球变暖背景下, 青藏高原气温持续升高, 但降水的变化存在较大的空间差异^[4]。本文拟对过去 40 多年来青藏高原夜雨率的时空变化进行分析, 认识高原夜雨率

的空间差异和时间变化及其影响因素, 该研究将对高原农牧业生产和防灾减灾具有一定的借鉴意义。

1 资料和方法

青藏高原降水主要集中在夏季, 雨季与干季较为分明。夏季(季风期 6—9 月)降水量一般占全年降水总量的 70% ~ 80 %, 个别地区雨季开始较迟^[1]。同时, 在农牧业生产方面, 夏季是高原上水热条件最好的季节, 属于农作物和牧草的生长季。因此, 文中选择夏季(6—9 月)来分析夜雨率的时空变化特征。

本文的降水资料来自青藏高原包括青海、西藏、

收稿日期 (Received date): 2010-12-09; **改回日期** (Accepted): 2011-05-11。

基金项目 (Foundation item): 2009 年西藏自治区重点科技应用基础研究项目(200910-11)。[Xizang Key Basic Research of Application Project (200910-11).]

作者简介 (Biography): 余忠水, 男, 1971 年生, 高级工程师, 主要从事天气气候业务及研究等工作。[Yu Zhongshui, Men, Born in 1971, Senior Engineer, Engaged in weather-climate operation and research, etc.] E-mail: 190273340@qq.com, Tel: 18689011652

四川西部、云南和甘肃 5 省(区)符合以下条件的气象站:1. 站点海拔在 2 000 m 以上。2. 资料年限为 1961—2007 年。由于高原各气象站建站日期不同,为使资料序列较长且又能保证站点分布的合理性,最终选定 76 个站(具体站点分布见图 1)。降水资料来源于中国气象局国家气象信息中心地面气候资料整编日值(<http://cdc.cma.gov.cn>),以 20 时至次日 08 时 12 h 降水量作为夜间降水,以起始时间相同的 20—20 时 24 h 降水量作为日降水量。当 20—20 时 24 h 小时降水量 > 0 mm 时,理论上就可以计算当日的“夜雨率”,即:夜雨率 = (20—08 时降水量) ÷ (20—20 时降水量) × 100 %,如果 20 时至次日 08 时 12 h 无降水时也参与计算,计当日夜雨率为 0。

2 分析及结果

2.1 夜雨率空间分布

2.1.1 夜雨率的区域差异

图 1 所示为青藏高原多年平均夏季夜雨率的空间分布。高原夜雨率具有显著的区域差异性,在西藏中西部夜雨率呈明显的“纬向型”分布,而在西藏东部、四川西部和云南北部夜雨率表现为“西北—东南”走向。总体上,西藏南部、川西高原大部、青海省部分地区夜雨率在 50 % 以上,藏北、青海省大部、甘南以及藏川滇三省交界处有“西北—东南”向

狭长区域夜雨率不足 50 %。西藏境内夜雨率空间变化最为剧烈,且呈“纬向型”分布,30°N 及其以南地区夜雨率在 60 % 以上,但在江孜、浪卡子至隆子一带不足 50 %,且在隆子县附近有 < 40 % 的低值中心;在 88°~93°E 和 28°~33°N 间,以拉萨地区中西部为中心,出现明显的“中间高,南北低”的分布,高值中心出现雅鲁藏布江中段(日喀则地区东北部至拉萨市一带),达到 75 % 以上;喜马拉雅山脉南麓(如普兰、聂拉木等)可能是夜雨率大于 70 % 的另一个高值区域;阿里地区北部至那曲地区大部夜雨率不足 50 %,其中在班戈县附近低于 45 %;西藏其他地区在 50 % ~ 60 % 间。青海省夜雨率都在 60 % 以下,相对高值出现在西宁至贵德附近,夜雨率在 55 % ~ 60 %;青南、格尔木至西宁一带狭长区域和东北部夜雨率在 50 % 以上;其他地区在 50 % 以下,其中海西州北部冷湖的夜雨率最低仅为 33 %。

2.1.2 夜雨率的海拔效应

利用气象站资料计算了海拔 100 m 间隔的平均夏季夜雨率(图 2)。夜雨率随海拔的升高呈波动下降趋势。夜雨率在海拔 2 700 m 处最大为 61.5 %,在 4 800 m 处出现最小值为 42 %。线性相关分析表明,高原夜雨率与海拔呈显著的负相关关系(相关系数为 -0.64,通过 99.9 % 的显著性水平)。因此,海拔越高夜雨率越低,反之亦然。夜雨率与海拔的一元线性回归方程为: $y = 65.3023 - 0.00359x$,即海拔高度每增加 1 km,夜雨率降低 3.59 %。

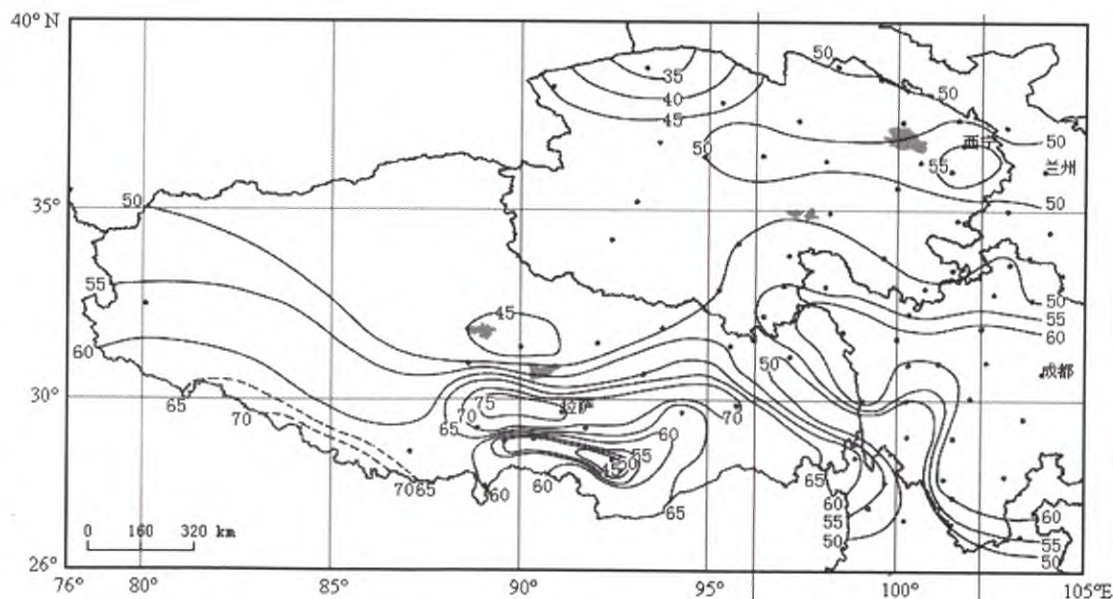


图 1 青藏高原夏季平均夜雨率空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of average night-rain rate during summer over the Tibetan Plateau

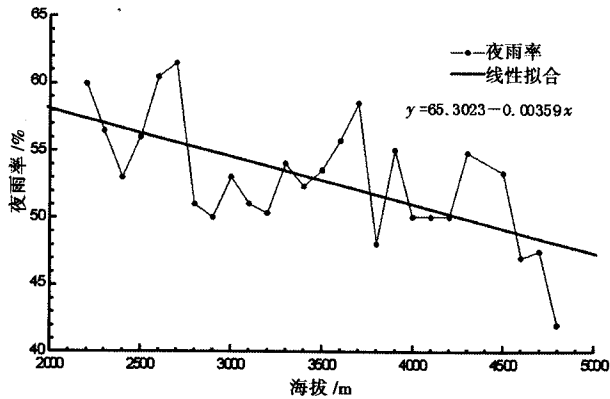


图2 青藏高原夜雨率随海拔的变化

Fig. 2 Variations of night-rain rate along with altitudes in the Tibetan Plateau

2.2 夜雨率的时间变化

2.2.1 夜雨率的逐日变化

图3所示为所有台站平均的夏季逐日夜雨率变化。高原日均夜雨率变化范围在48%~58%,平均值为54.4%,最高出现在08-17(57.7%),最低在09-25(48.7%)。夜雨率与夏季天数呈显著的正相关性(相关系数达0.31,通过99%的显著性水平),表明夜雨率随着夏季日期的推后呈增大趋势。夜雨率11 d滑动平均变化趋势(通过95%显著性水平)也表明,逐日夜雨率呈波动上升趋势,有3个比较明显的“先升后降”波动,分别出现在6月下旬至7月中旬、7月下旬至8月上旬、8月中旬至

9月下旬3个时间段。此外,8月中旬前日均夜雨率基本上在平均线以下波动;8月中旬至9月中旬日夜雨率较大,稳定维持在55%~56%间。

夜雨率逐日变化程度可用相对变率来表示,其公式为: $Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$ 。式中 x_i 为样本值, \bar{x} 为样本平均值, N 为样本数。夜雨率变率愈小,表示该时段夜雨率愈稳定,反之亦然。青藏高原夏季各月和整个时段的夜雨率相对变率均 < 5.0%。表明青藏高原日夜雨率各个时段波动不是太大,总体上是比较稳定的。

2.2.2 夜雨率年际及年代际变化

青藏高原1961—2007年年均夜雨率变化如图4。高原年均夜雨率存在年振荡,最大振幅为1976—1977年,达2.65%,最小变化是1965—1966年仅0.03%;年均夜雨率变化范围在52.02%~56.06%间,最高值出现在1975年,最低值出现在1977年。总体上,年平均夜雨率下降趋势明显($r = 0.52, \alpha < 0.001$)。从年代际变化来看,20世纪60年代至80年代,夜雨率呈“台阶式”下降,70年代至80年代降幅较大,达0.94%,90年代略有回升,但仍处于平均线以下;从7a资料来判断,本世纪夜雨率仍维持较低水平。

利用Mann-Kendall统计量^[5]对年平均夜雨率序列进行突变检测(图5),自1970s中后期以来,青藏高原夜雨率开始出现下降趋势,1980s以后,这种

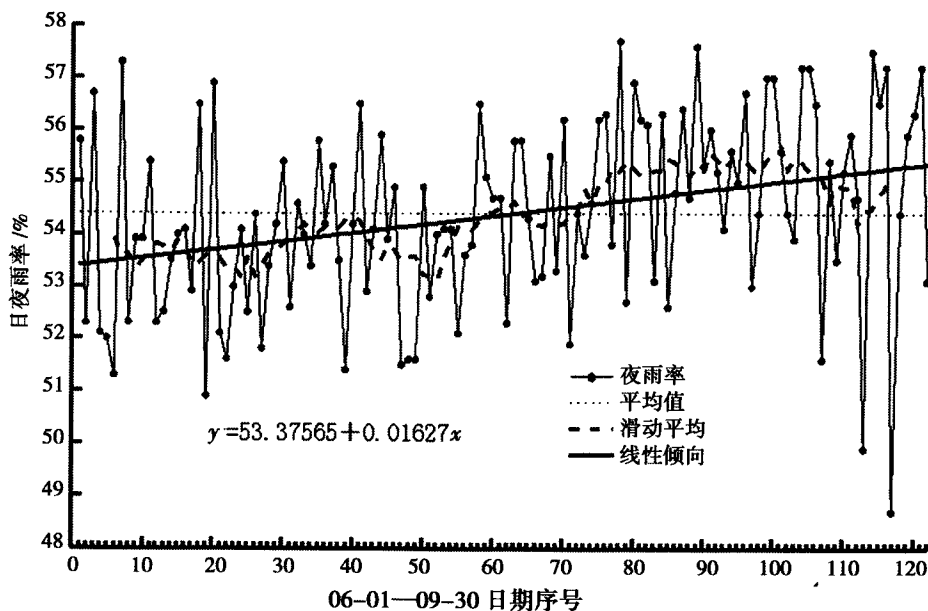


图3 青藏高原日均夜雨率随日期的变化

Fig. 3 Variation of daily night-rain rate along with date in the Tibetan Plateau

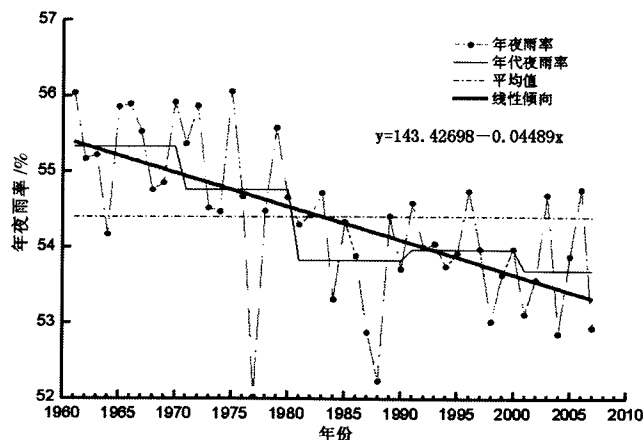


图 4 青藏高原年均夜雨率变化

Fig. 4 Variations of annual night-rain rate in the Tibetan Plateau

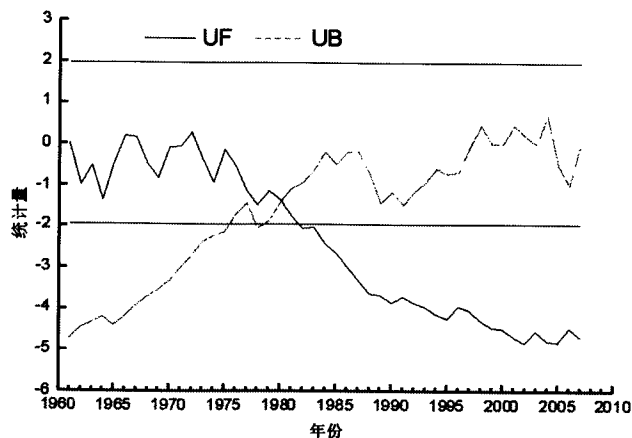


图 5 青藏高原夜雨率变化的 Mann-Kendall 统计量

(直线为 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界线)

Fig. 5 Mann-Kendal Statistics curve for night-rain rate variations in the Tibetan Plateau

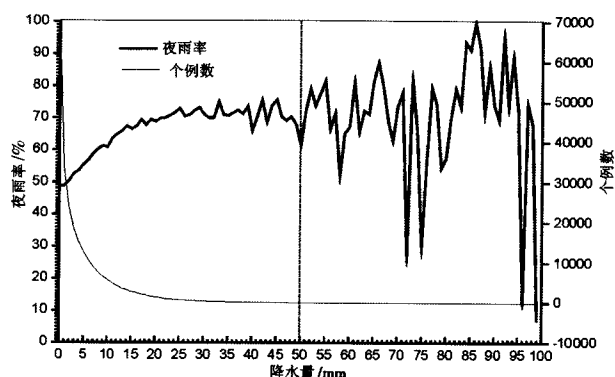


图 6 青藏高原夜雨率随降水量的变化

Fig. 6 Variations of night-rain rate along with precipitation amount in the Tibetan Plateau

趋势超过了显著性水平 0.05 临界线,1980s 中期至 2007 年甚至超过了 0.001 显著性水平,表明青藏高原夜雨率下降趋势十分显著。从 UF 和 UB 曲线交点位置判断,20 世纪 80 年代初青藏高原夜雨率存在明显的突变现象。

2.2.3 夜雨率与降水量的关系

设计降水量的步值为 1 mm,计算日降水量介于 $[R, R+1)$ 之间的夜雨率,作为日降水量为 R 的夜雨率(考虑到日降水量超过 100 mm 时,出现的个例数过少或为零,这里 $R \leq 99$ mm)。青藏高原不同降水量对应的夜雨率变化如图 6。青藏高原夜雨率与降水量有着显著关联,当日降水量 < 1 mm 时夜雨率仅为 48.8%,此后夜雨率随着降水量增加明显升高,特别是降水量在 20 mm 以下(气象上指中到大雨以下量级)时,夜雨率上升速度最快,上升幅度超

过 20%;当降水量为 23~40 mm 时,夜雨率稳定在 70%~76%,随后又略有波动下降;当降水量为 33 mm 时,夜雨率达到极大值,为 75.1%。此外,当日降水量 < 50 mm 时,个例数超过 30,统计意义明显;但降水量 > 50 mm 时,个例数减少到 30 以下,夜雨率变得不稳定,随机性加大,这里不作分析。

3 讨论

3.1 夜雨率与大地形

如前所述,青藏高原夜雨率的空间分布具有明显的区域差异性,在西藏中西部夜雨率呈现明显的“纬向型”分布,而在西藏东部、四川西部和云南北部夜雨率又呈“西北-东南”走向。这可能与青藏高原山脉和大江大河流域的走向等大地形有关。西藏境内有接近东-西向的喜马拉雅山脉、冈底斯山、念青唐古拉和唐古拉山脉,以及近东-西走向的雅鲁藏布江谷地;而在藏川滇三省交界的“三江”(怒江、澜沧江、金沙江)流域,则是南北向的横断山脉等。这些山脉和流域谷地的走向可能对夜雨率的形成具有一定的影响。于俊伟等^[6]认为夜雨除了天气因素外还与地形条件造成的局地大气动力、热力条件变化密切相关。从地形气候学角度来看,对于以东-西走向为主的山间盆地河谷地带,在夏季太阳直射的情况下,白天由于谷底水体热容量较大,增温幅度不如两侧坡地上大,近地层大气较稳定,不易产生降水;夜间由于坡地地表长波辐射冷却较水体大,坡地近地层的冷空气沿山坡下移到谷底时,将谷

底附近的暖湿气块抬升冷却凝结致雨,从而导致夜雨的发生。但对于山脉以南-北走向为主的地区,由于白天山体接受太阳热量的差异,易出现山谷垂直环流,反而在白天易出现降水。

3.2 夜雨的影响

张军民^[7]在研究中国西部气候特点及其变化时指出,青藏高原由于地形高大,绝大部分地区为降水量<500 mm的高寒草原或荒漠区。由于太阳辐射强、风速大,大气降水消耗于蒸发的比重较大。夏季是农牧业生产的关键季节,夜间降水多,气温亦较白天低,雨水消耗于蒸发的部分少,而渗入土壤中的水分多,有利于水分涵养和作物根系的吸收;白天降水相对少,光照充足,有利于光合作用,增加农作物干物质积累,可提高其产量、品质。可见,夜间多雨而白天晴朗,对青藏高原农牧业生产是比较有利的。

同时,青藏高原夜雨率随日降水量增大而增大,当日降水量在23~40 mm时,夜雨率高达70%以上。尽管随后夜雨率有所下降,但也在60%以上,因降水总量大,夜间降水量就相当可观了。如果夜间出现强降水,易引发山洪和地质灾害,造成更大的破坏和灾害损失,给防灾救灾工作带来较大的困难。邹燕等研究显示^[8-9],在全球变暖的环境下,高原降水略有增加。李林等指出^[10],青藏高原降水量总体上表现出增多态势,气候倾向率达9.1 mm/(10 a)。因此,在气候变暖的背景下,夜间降水灾害风险也在增加。

4 结论

1. 青藏高原夜雨率分布具有显著的区域差异性,在西藏中西部夜雨率呈现“纬向型”分布,在西藏东部、川西高原和滇北夜雨率却表现为“西北-东南”走向;高值中心出现在雅鲁藏布江中段,达到75%以上;喜马拉雅山脉南麓可能是夜雨率>70%的另一个高值区域;最低值在青海省海西州北部冷湖附近,仅为33%。青藏高原夜雨率具有明显的海拔效应,夜雨率与海拔呈显著的反相关,即海拔越高夜雨率越低,反之亦然。

2. 青藏高原夏季逐日平均夜雨率随夏季的日期推后呈增大趋势,年均夜雨率表现为明显的下降趋势,20世纪80年代初存在明显的突变现象。

3. 青藏高原夜雨率与降水量有着显著关联。当降水量<1 mm时夜雨率仅为48.8%,然后夜雨

率随着降水量增大明显攀升,特别是降水量在20 mm以下时,夜雨率上升速度最快,上升幅度超过20%;当降水量为23~40 mm时,夜雨率稳定在70%~76%间,随后又略有波动下降;当降水量为33 mm时,夜雨率达到极大值,为75.1%。

4. 青藏高原夜雨率空间分布可能受大地形的影响,特别是山脉和盆地的走向。

参考文献(References)

- [1] Bai Huzhi, Dong Wenjie, Ma Zhenfeng. The climatic characteristics of Tibetan Plateau and neighborhood region[J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(6): 890-897 [白虎志, 董文杰, 马振锋. 青藏高原及邻近地区的气候特征[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 890-897]
- [2] Du Jun, Hu Jun, Zhang Yong. The Tibetan agricultural climate resources[M]. Beijing: Meteorological Press, 2007: 20-121 [杜军, 胡军, 张勇. 西藏农业气候资源区划[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 20-121]
- [3] Liu Wenjie, Li Hongmei, Duan Wenping. Analysis on night-rain agricultural climate resources in Xishuangbanna of China[J]. Journal of Natural Resources, 1997, 12(4): 330-335 [刘文杰, 李红梅, 段文平. 我国西双版纳夜雨资源的农业气候分析[J]. 自然资源学报, 1997, 12(4): 330-335]
- [4] Kang Shichang, Xu Yanwei, You Qinglong, et al. Review of climate and cryospheric change in the Tibetan Plateau[J]. Environmental Research Letter, 2010, 5(2010)015101(8pp). Doi:10.1088/1748-9326/5/1/015101 [康世昌, 徐彦伟, 游庆龙, 等. 青藏高原气候和冰冻圈的变化进展[J]. 环境研究文学, 2010, 5(2010)015101(8pp). Doi:10.1088/1748-9326/5/1/015101]
- [5] Wei Fengying. Modern climatological statistical diagnosis and forecasting techniques(2nd edition)[M]. Beijing: Meteorological Press, 2007: 57-70 [魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第2版)[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 57-70]
- [6] Yu Junwei, Wu Zhanping, Gao Qiusha. The night-rain characteristic of Guizhou[J]. Journal of Guizhou Meteorology, 2010, 34(2): 14, 17 [于俊伟, 吴战平, 高秋沙. 贵州的夜雨特征[J]. 贵州气象, 2010, 34(2): 14, 17]
- [7] Zhang Junmin. Analysis on the climate characteristic and its variety of China western[J]. Journal of Bingtuan Education Institute, 2006, 16(1): 23-26 [张军民. 中国西部气候特点及其变化浅析[J]. 兵团教育学院学报, 2006, 16(1): 23-26]
- [8] Zhou Yan, Zhao Ping. The research progress of decadal climate variation over the Tibetan Plateau[J]. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(2): 168-173 [邹燕, 赵平. 青藏高原年代际气候变化研究进展[J]. 气象科技, 2008, 36(2): 168-173]
- [9] Yao Li, Wu Qingmei. The climatic change characteristics of Tibetan Plateau[J]. Meteorological Science and Technology, 2002, 30(3): 163-164, 143 [姚莉, 吴庆梅. 青藏高原气候变化特征[J]. 气象科技, 2002, 30(3): 163-164, 143]
- [10] Li Lin, Chen Xiaoguang, Wang Zhenyu, et al. Research on regional climate change and its differences of the Tibetan Plateau[J]. Ad-

vances in Climate Change Research, 2010, 6(3): 181-186 [李林, 陈晓光, 王振宇, 等. 青藏高原区域气候变化及其差异性研究

[J]. 气候变化研究进展, 2010, 6(3): 181-186]

Spatial and Temporal Variations of the Night-Rain Rate during Summer over the Tibetan Plateau

YU Zhongshui¹, KANG Shichang^{2,3}, JIANG Jianyin⁴

(1. Xizang Weather Observatory, Lhasa 850000, China; 2. Key Laboratory of Tibetan Environment Changes and Land Surface Processes,

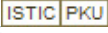
Institute of Tibetan Plateau Research, CAS, Beijing 100085, China;

3. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences, CAS, Lanzhou 730000, China;

4. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: Using daily precipitation data at the 76 meteorological stations (above 2 000 m a. s. l.) during summer (June to September) from 1961 to 2007 over the Tibetan Plateau, spatial and temporal variations of the night-rain are investigated. The results suggest that: 1. There are significant regional differences for the night-rain rate in the Tibetan Plateau. a latitude-type distribution appears in central and western Tibet, and a northwest-southeast distribution exists in the eastern Tibet, western Sichuan to northern Yunnan. Those distribution may be caused by huge terrains in the Tibetan Plateau. The highest value centers are located in the middle of the Yarlung Zangbu River basin (more than 75 %) and possibly in the southern slope of the Himalayas (70 %), while the lowest value appears in the northwest of Qinghai Province (around 33%). 2. The night-rain rate has a significant negative correlations with elevation. 3. The averaged daily night-rain rate increases with the summer date, while annual average night-rain rate show a decrease trend during last 40 years and the change point happened in the early of 1980s. 4. The night-rain rate is also related with daily precipitation. The night-rain rate is only 48.8 % when the daily precipitation is less than 1 mm, then it increases remarkably with precipitation increasing, especially when precipitation is below 20 mm. When daily precipitation is between 23 to 40 mm, night-rain rate maintains stably at 70 to 76 %, then follows by a slight decline; it reaches maximum value (75.1 %) when daily precipitation is 33 mm.

Key words: night-rain rate; temporal and spatial variation; Tibetan Plateau

作者: 余忠水, 康世昌, 蒋建莹, YU Zhongshui, KANG Shichang, JIANG Jianyin
作者单位: 余忠水, YU Zhongshui (西藏自治区气象台, 西藏拉萨, 850000), 康世昌, KANG Shichang (中国科学院青藏高原研究所青藏高原环境变化与地表过程重点实验室, 北京100085; 中国科学院冰冻圈国家重点实验室, 甘肃兰州730000), 蒋建莹, JIANG Jianyin (国家卫星气象中心, 北京10081)
刊名: 山地学报 
英文刊名: Journal of Mountain Science
年, 卷(期): 2011, 29(5)

参考文献(10条)

1. 白虎志;董文杰;马振锋 青藏高原及邻近地区的气候特征[期刊论文]-高原气象 2004(06)
2. 杜军;胡军;张勇 西藏农业气候资源区划 2007
3. 刘文杰;李红梅;段文平 我国西双版纳夜雨资源的农业气候分析[期刊论文]-自然资源学报 1997(04)
4. 康世昌;徐彦伟;游庆龙 青藏高原气候和冰冻圈的变化进展 2010
5. 魏凤英 现代气候统计诊断与预测技术(第2版) 2007
6. 于俊伟;吴战平;高秋沙 贵州的夜雨特征[期刊论文]-贵州气象 2010(02)
7. 张军民 中国西部气候特点及其变化浅析[期刊论文]-兵团教育学院学报 2006(01)
8. 邹燕;赵平 青藏高原年代际气候变化研究进展[期刊论文]-气象科技 2008(02)
9. 姚莉;吴庆梅 青藏高原气候变化特征[期刊论文]-气象科技 2002(03)
10. 李林;陈晓光;王振宇 青藏高原区域气候变化及其差异性研究[期刊论文]-气候变化研究进展 2010(03)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201105016.aspx