

余忠水. 1955—2007 年拉萨市雨季夜雨率变化特征[J]. 气象, 2011, 37(12): 1584-1588.

# 1955—2007 年拉萨市雨季夜雨率变化特征<sup>\* 1</sup>

余忠水

西藏自治区气象台, 拉萨 850000

**提 要:** 利用 1955—2007 年拉萨市逐日降水和气温地面观测资料, 分析了拉萨市雨季(5—9 月)夜雨率变化特征。结果表明: 拉萨市整个雨季日夜雨率变化是比较稳定的, 近 50 多年来基本没有发生明显的年代际变化。夜雨率与日降水量有显著关联, 当日降水量在 25 mm 以下时, 夜雨率随降水量增加而增大, 当日降水量 <1 mm 时夜雨率最小为 75.2%, 当日降水量为 25 mm 时, 夜雨率达到最大值 93.4%; 夜雨率与日温差存在显著的负相关; 拉萨多夜雨与地形有关, 高夜雨率既有有利的一面, 也会带来一些负面影响。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:** 拉萨市, 夜雨率, 变化特征, 雨季, 降水量

## The Night Rain Rate Variations of Lhasa in Rainy Season During 1955—2007

YU Zhongshui

Xizang Meteorological Observatory, Lhasa 850000

**Abstract:** Using daily precipitation and air temperature data of Lhasa to analyze the night-rain rate in rainy season (May—September) during years 1955—2007, the results could be summarized as follows: The variations of night-rain rate was comparatively stable in whole rainy season, without obvious inter-decadal changes during the past 50 years. The night-rain rate was significantly associated with daily precipitation, and the night-rain rate increased with the enhancement of precipitation when rainfall was below 25 mm, it was the minimum 75.2% when daily rainfall was below 1 mm, and it was the maximum 93.4% when daily rainfall was 25 mm. There is a significantly negative correlation between night rain rate and daily temperature. In the meantime, the night-rain is related with the terrain. The high night-rain rate has its advantageous aspect, but also it will bring some negative influences.

**Key words:** Lhasa, night-rain rate, variation characteristics, rainy season, rainfall

## 引 言

由于青藏高原独特的自然地理环境, 具有干湿季分明、多夜雨和日温差大等气候特点。拉萨市位于青藏高原中南部、喜马拉雅山脉和念青唐古拉山脉之间, 地处雅鲁藏布江支流拉萨河中游谷地, 平均海拔 3650 m, 属温带半湿润高原季风气候<sup>[1]</sup>。作为西藏自治区首府, 拉萨市是西藏自治区政治、经济、文化中心和交通枢纽。因拉萨市降雨多出现在夜

间, 白天日光充足, 年均日照时数 2800 h<sup>[2]</sup> 以上, 故有“日光城”之美誉。

杜军等<sup>[2]</sup> 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<sup>[3]</sup> 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。拉萨 5—9 月降水占全年总降水量的 90% 以上<sup>[4]</sup>, 雨季是农牧业生产的关键季节, 夜间降水多, 温度亦

\* 公益性行业(气象)科研项目(编号: GYHY201006040)资助

2011 年 1 月 10 日收稿; 2011 年 10 月 1 日收修定稿

作者: 余忠水, 主要从事天气气候业务及研究工作. Email: 190273340@qq.com

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。可见,夜间多雨而白天晴朗,对农作物生长是十分有利的。同时,如果出现强降水,高夜雨率极易在夜间引发山洪和地质灾害,造成更大的破坏和灾害损失,给防救灾工作带来较大的困难<sup>[5]</sup>。本文拟对过去 50 多年来拉萨市夜雨率的变化分析,认识拉萨市夜雨率变化特征及其影响因素,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 资料和分析方法

青藏高原降水主要集中在夏季,雨季与干季较为分明。同时,在农牧业生产方面,雨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。拉萨 5—9 月份各月平均气温均大于 10℃,月平均最低气温都在 5℃以上,具备雨季的温度条件;月平均降水量超过 25 mm,且平均月降水日数(日降水量≥0.1 mm 的日数)接近 10 d 或以上,体现了雨季的降水特征;各月平均相对湿度在 40%以上,反映雨季的湿度条件。因此,文中选择雨季 5—9 月来分析拉萨市夜雨率的变化特征。

利用 1955—2007 年拉萨市雨季逐日 20—20 时和 20—08 时地面降水资料,同时选取日最高和最低气温资料的差值作为拉萨市日温差。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>),当 20—20 时 24 h 内有大于 0 mm 降水时,理论上就可以计算当日“夜雨率”。“夜雨率”是指前日 20 时至翌日 20 时 24 h 降水总量中 20 时至翌晨 08 时 12 h 降水量所占的比例,计算公式:夜雨率=(20—08 时降水量)/(20—20 时降水量)×100%,若 20—08 时 12 h 无降水时也参与计算,计当日夜雨率为 0。调整分母(20—20 时降水量)的大小,可以得出不同降水量所对应的“夜雨率”。

## 2 夜雨率年内变化特征

### 2.1 逐日变化特征

对序列资料计算逐日夜雨率,并经过多年平均

运算,得到拉萨雨季 153 d 逐日平均夜雨率(样本  $n=153$ ),得到拉萨市雨季日平均夜雨率最大值为 95.2%,出现在 6 月 26 日;最小值为 37.0%,出现在 5 月 1 日(图 1)。最大日变化出现时间在 5 月 1—2 日,升幅达 30.8%;其次为 5 月 18—19 日的降幅 28.5%;最小日变化出现在 8 月 15—16 日和 9 月 1—2 日,变化不足 0.5%。

逐日夜雨率变化程度可用相对变率来表示,其公式为:

$$Y = \frac{1}{N \cdot \bar{x}} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \quad (1)$$

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。按照公式(1)对拉萨雨季逐日平均夜雨率分月、季计算各个时段夜雨率相对变率。表 1 给出了拉萨雨季各月和季夜雨率的变率与对应时段的降水量(气候标准月值),其中 5 月变率最大,8 月最小,且整个雨季的变率小于 10%。表明拉萨市雨季日夜雨率变化不大,总体上看是比较稳定的。同时看出,夜雨率的变率与月降水量呈反相关,即降水量越大,夜雨率变率越小,反之亦然。

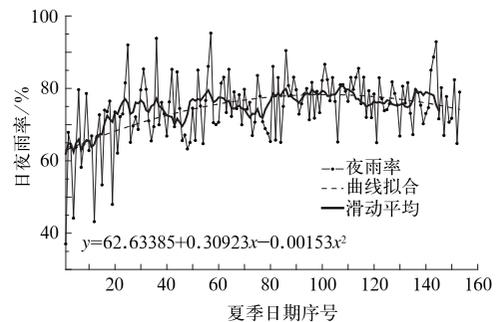


图 1 日夜雨率变化

Fig. 1 Changes of daily night-rain rate

表 1 拉萨雨季各月和季夜雨率的变率与降水量

Table 1 Lhasa night-rain rate variability and monthly and seasonal precipitations

项目	5月	6月	7月	8月	9月	雨季
变率/%	13.8	9.7	7.4	5.3	7.0	9.0
降水量/mm	27.7	71.2	116.6	120.6	68.3	404.4

经过 8 d 滑动平均,得到滑动平均曲线,变化趋势通过显著性检验。从图 1 看出,整个雨季夜雨率出现了 4 个明显的周期性变化。5 月夜雨率上升的趋势比较显著,6 月和 7 月都经历先下降后上升的变化过程,8 月相对稳定,但下旬略有下降,9 月中旬

后又有一次弱的波动。

通过对逐日夜雨率分布图形的偏度和峰度系数计算,序列偏度系数为 $-4.7$ ,表明分布图形顶峰偏右,即夜雨率序列峰值出现在雨季第 76 天(7 月 15 日)后;峰度系数为 $6.6$ ,分布图形坡度偏陡,表明夜雨率随时间增大。同时,经过多项式拟合,得到一元二次回归方程: $y=62.63385+0.30923x-0.00153x^2$ ,式中 $x$ 为日期序号, $y$ 为日夜雨率。经检验,变化趋势通过 $0.005$ 显著性水平检验。从曲线变化情况看,拉萨市雨季夜雨率呈现先增大后减小的趋势,且增大趋势持续时间长达 90 d,8 月上旬末达到最大,而减小趋势持续时间仅为 50 d 左右,这与偏度系数分析基本一致(图 1)。

## 2.2 候、旬和月变化特征

拉萨市雨季平均逐候夜雨率最大值为 $80.8\%$ ,时间在 8 月第 4 候;候夜雨率最小值为 $57.4\%$ ,出现在 5 月第 3 候。利用多项式拟合,得到一元四次回归方程: $y=52.92209+6.66508x-0.72493x^2+0.03235x^3-4.96896E-4x^4$ ,式中 $x$ 为雨季候序号, $y$ 为候夜雨率。从曲线变化情况看,拉萨市雨季候夜雨率呈现“双峰型”,第一次高峰出现在 6 月第 2 候附近,第二次高峰出现在 8 月第 6 候附近(图略)。

平均旬夜雨率最大值为 $78.0\%$ ,出现在 8 月第 1 旬,最小值为 $61.3\%$ ,出现在 5 月第 2 旬;平均月夜雨率最大值为 $77.7\%$ ,出现在 8 月,最小值为 $68.6\%$ ,出现在 5 月。其中,5 月第 2—3 旬夜雨率有一次显著增大的过程,6 月第 1、2 旬和 7 月第 2 旬出现较明显的下降波动。平均月夜雨率 5—8 月呈现快速上升的趋势,其中 6 月上升幅度最大,6—8 月呈线性上升趋势,9 月有所下降(图略)。

## 3 年际和年代际变化

逐年计算整个雨季平均夜雨率,得到拉萨市 1955—2007 年雨季夜雨率序列,并绘制成图 2。可以看出,拉萨市雨季夜雨率最大值为 1978 年的 $82.8\%$ ,最小为 1956 年的 $64.6\%$ ;雨季夜雨率存在明显的准两年振荡特征<sup>[6]</sup>,最大振幅为 1982—1983 年,降幅达 $14.2\%$ ,最小振荡幅度为 1988—1989 年的 $0.14\%$ ,利用公式(1)计算雨季夜雨率的变率,结果仅为 $5.0\%$ ,表明拉萨市雨季夜雨率比较稳定。

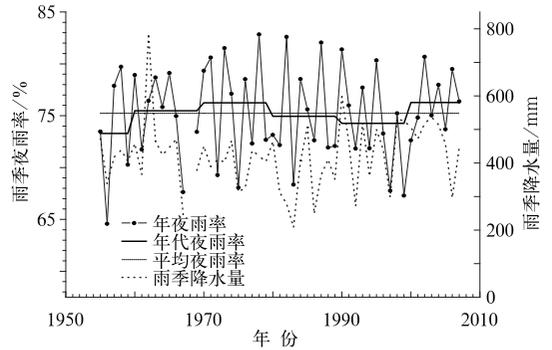


图 2 雨季夜雨率年变化

Fig. 2 Yearly changes of rainy season night-rain rate

拉萨市雨季夜雨率均值为 $75.2\%$ ,20 世纪 50 年代(5 年资料)、80 年代和 90 年代夜雨率在平均线以下,20 世纪 60 年代、70 年代和 2000—2007 年的夜雨率超过平均水平,其中最大为 2000—2007 年平均夜雨率为 $76.27\%$ (图 2)。可以看出,拉萨夜雨率在近 50 多年来基本没有发生明显的年代际变化。

分析雨季夜雨率与对应降水总量的相关关系,相关系数为 $0.318$ ,且通过了 $0.02$ 的显著性水平检验,表明年雨季夜雨率与降水总量有较好的正相关关系,即年雨季降水总量越大夜雨率也越大,反之亦然。

## 4 夜雨率与降水量

按上文所述,调整夜雨率计算公式中的分母,也就是改变 20—20 时日降水量计算标准,我们将降水量分为 50 个等级,即把日降水量 $>0$  mm 定为等级 0, $\geq 1$  mm 定为等级 1, $\geq 2$  mm 定为等级 2,……,以此类推。先计算出雨季每个降水等级的夜雨率总和,再除以该等级参与运算的样本数,得到该降水等级所对应的“夜雨率”。如此反复,计算出所有降水等级的夜雨率。再将这些数据绘制在二维图上(图 3)。

从图 3 看出,拉萨市夜雨率与降水等级有着显著关联,降水等级为 0(即日降水量 $<1$  mm,下同)时夜雨率最小为 $75.2\%$ ,此后夜雨率先随着降水等级明显攀升,特别是降水等级在 10 以下时,夜雨率上升速度最快;在降水等级为 25(即日降水量 $<25$  mm,气象上指大雨以下量级)时,夜雨率达到最大值 $93.4\%$ ;随后夜雨率又有所下降,到降水等级为

39 时达到另一个低值 81.6%；当降水等级在 17 至 35 时,夜雨率在 90%以上；当降水等级超过 40 时夜雨率又明显上升,降水等级为 41 时,夜雨率达到极大值的 96.2%；当降水等级超过 41 时无样本出现,也就是说 1955—2007 年拉萨市历年最大日降水量为 41 mm。

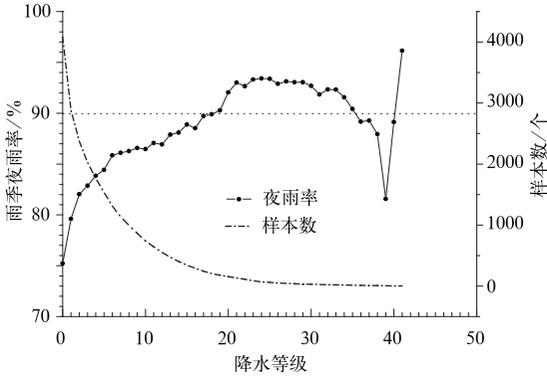


图 3 降水等级与夜雨率

Fig. 3 Night-rain rate and precipitation class

降水等级为 0 时样本数最多为 4083 个。此后,随着降水等级上升样本数急剧下降,到降水等级超过 30 时样本数已小于 30 个,到降水等级为 37 时样本数不足 10 个,降水等级为 41 时,样本数只有 2 个。因此,当降水等级超过 30 时,可信度下降,特别是降水等级为 39~41 的夜雨率是偶然发生的小概率事件。

## 5 夜雨率与日温差

用计算雨季逐日平均夜雨率的方法,把同一天有超过 0 mm 降水的当日日温差进行多年累计,再除以有效样本数,得到与日夜雨率序列对应的日温差序列。两序列相关系数为 -0.21,经显著性检验,相关系数超过了 0.05 显著水平 ( $|r| > 0.1946$ ),表明夜雨率与日温差存在显著的负相关。亦即夜雨率越大,日温差越小,反之亦然。可能与夜雨率大、夜间天空云量多有关,云遮挡和反射地物长波辐射,不利于地面降温,所以日温差较夜间晴朗天气小。

## 6 讨论

### 6.1 夜雨与地形

拉萨市位于青藏高原中南部、介于喜马拉雅山

脉和念青唐古拉山脉之间,地处雅鲁藏布江支流拉萨河中游近东西走向的谷地,夜雨的产生与地形有着密切关系。于俊伟等<sup>[7]</sup>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。

### 6.2 夜雨的影响

据上述分析,拉萨市平均夜雨率为 75.2%,即平均有四分之三以上的雨水在夜间降落,特别是在小雨(气象上指 24 h 降水量 0.1~9.9 mm)量级上,夜雨率随日雨量增大而急剧增大,且小雨出现概率达 80%以上<sup>[4]</sup>。可见,高夜雨率对于年降水量不足 500 mm 而年蒸发量高达 2000 mm<sup>[8]</sup> 以上的拉萨市来说是多么的重要。一方面夜间温度较白天低,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。同时,白天降水相对较少,光照充足,有利于光合作用的进行,增加农作物糖份等干物质的积累。所以,高夜雨率对农牧业生产是非常有利的。

同时,从前面分析可知,拉萨市夜雨率随雨量增大而增大,当日降水量在 17~35 mm 时,平均夜雨率高达 90%以上。如果夜间出现强降水,极易引发山洪和地质灾害<sup>[9]</sup>,造成更大的破坏和灾害损失,给防救灾工作带来较大的困难。有关灾情显示,如此高的夜雨率在汛期夜间容易带来灾害损失。如 2006 年 8 月 1 日晚,拉萨地区林周县春堆乡突降强降水,造成 78 户 501 人受灾,农田受灾总面积达 113.4 hm<sup>2</sup>,直接经济损失达 105 万元。2007 年 7 月 31 日夜,拉萨市曲水县才纳乡、达嘎乡因持续强降水引发洪涝、山体滑坡等灾害,洪水淹没 2.33 hm<sup>2</sup> 农田,冲毁灌溉渠道 300 m,损坏道路 150 m;冲毁桥梁护堤 1 处,造成直接经济损失约 9.7 万元。在此不胜枚举。

高夜雨率既有有利的一面,也会带来一些不利的影 响。因此,人们需要科学地做好灾害预防,趋利避害地采取相应的措施,最大程度减少因夜间强降

水造成的生命财产损失。

## 7 结 论

多夜雨是拉萨市显著的气候特点,通过对拉萨市 1955—2007 年夜雨率的日变化,候、旬、月特征和年际年代际振荡,以及与降水量的关系分析。得到以下结论:

(1) 拉萨雨季日夜雨率随时间呈现先增大后减小的变化趋势,且增大趋势持续时间长达 90 d 以上,而减小趋势持续时间仅为 50 d 左右。总体上看,拉萨整个雨季夜雨率是比较稳定的。

(2) 拉萨候夜雨率呈现“双峰型”,第一次高峰出现在 6 月第 2 候附近,第二次高峰出现在 8 月第 6 候附近。旬夜雨率最大值为 78.0%,出现在 8 月第 1 旬,最小值为 61.3%,出现在 5 月第 2 旬;月夜雨率最大值为 77.7%,出现在 8 月份,最小值为 68.6%,出现在 5 月份。

(3) 拉萨雨季夜雨率年变化存在明显的准两年际振荡特征,且在近 50 多年来基本没有发生明显的年代际变化。雨季夜雨率与降水总量有较好的正相关关系,即雨季降水总量越大夜雨率也越大,反之亦然。

(4) 拉萨市夜雨率与日降水量有显著关联,当

日降水量小于 1 mm 时夜雨率为 75.2%,此后夜雨率随着降水量增加明显增大,当降水量在 25 mm 以下(大雨以下量级)时,夜雨率达到最大值 93.4%,此后夜雨率又有所下降。

(5) 拉萨多夜雨与地形有关。高夜雨率既有有利的一面,也会带来一些不利的影

## 参考文献

- [1] 高由禧,蒋世逵,张谊光,等. 西藏气候[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [2] 杜军,胡军,等. 西藏农业气候资源区划[M]. 北京:气象出版社,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[J]. 自然资源学报,1997,12(4):330-335.
- [4] 林日暖,李春,等. 西藏拉萨市农业气候资源[M]. 北京:气象出版社,2001:6-19.
- [5] 翟盘茂. 全球变暖背景下的气候服务[J]. 气象,2011,37(3):257-262.
- [6] 黄晓清,唐叔乙,罗布次仁. 近 47 年雅鲁藏布江中游地区汛期降水量的小波分析[J]. 气象,2010,36(12):68-73.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 张国平,许凤雯,赵琳娜. 中国降水型泥石流研究现状[J]. 气象,2010,36(2):81-86.