

文章编号: 1008-2786-(2016)4-409-06

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000145

## 西藏拉萨达孜夏季降水日变化特征

沈志强<sup>1</sup> 卢杰<sup>1\*</sup> 华敏<sup>2</sup> 张程槊<sup>1</sup> 方江平<sup>1</sup>

(1. 西藏大学农牧学院, 西藏 林芝 860000; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079)

**摘 要:** 利用西藏自治区拉萨市达孜县 2014—2015 年夏季逐时降水数据, 研究达孜县日降水量、降水频次、降水强度以及不同持续时间降水等指标。结果表明: 降水主要集中在晚上, 尤其是后半夜, 白天降水较少。降水量最多的时段为 1:00—7:00, 降水次数多时间段为 19:00—23:00, 降水量最少的时段为 12:00—18:00, 降水量最大值出现在凌晨 4:00, 而最少为午后 13:00; 降水最易发生于 21:00 至次日 9:00, 最不容易产生降水的时间段为 13:00—17:00, 降水次数最多时间为凌晨 4:00, 与降雨量最大值出现的时刻相吻合; 降水强度最大时段为 20:00—22:00 和 1:00—7:00, 降水强度最大值出现在 21:00, 其次为 22:00, 最小值则出现在 13:00; 降水量与降水频次以及降水强度均呈显著的正相关, 降水量的变化受降水频次影响程度较降水强度的大; 达孜县夏季降雨以短时间段的降水为主, 短时降水频次比长持续时间降水次数多, 且短时降水对总降水量的贡献大于较长时间的降水。

**关键词:** 夏季; 降水; 日变化; 达孜县

中图分类号: P426.6

文献标志码: A

大气降水是地表水和地下水的最主要的补给来源。目前, 对降水日变化特征的研究已经成为当前气候研究领域的热点。降水日变化的特征与大气中的各种日变化因素紧密联系, 其在认识并理解降水形成机理、改进气候模式模拟性能以及评估区域气候特征等方面有着重要的作用。<sup>[1-2]</sup>

青藏高原作为地球的“第三极”, 是全球海拔最高的一个地理单元, 相对于其他地区受人类影响较小<sup>[3]</sup>。青藏高原属于气候敏感区和生态脆弱带, 同时深刻影响着周边地区的气候, 能起到“预示”的作用, 因此被众多研究者视为研究中国乃至全球变化的“天然实验室”<sup>[4]</sup>。拉萨属于典型的干旱半干旱气候区, 水分条件已经成为植被生长的制约因素, 研究大气降水的日变化特征对该区域水土保持及植被恢复等方面具有重要意义。

目前, 国外学者已经对降水日变化方面进行了大量的研究<sup>[5-6]</sup>, 而国内的研究者也开始重视对降水日变化的研究。有研究认为, 中国大陆地区夏季降水的日变化特征存在显著的区域差异<sup>[7-8]</sup>。王夫长<sup>[9]</sup>等研究认为我国西南地区存在明显的“夜雨”特征, 并且存在午后的降水次峰值, 有明显的区域性差异。杨森<sup>[10]</sup>等研究发现辽宁省降水日变化特征地域性较强, 且内陆站与沿海站存在差异。孙娴<sup>[11]</sup>等对西安夏季降水的日变化特征研究发现, 西安夏季降水日峰值出现在下午至傍晚, 并且降水量和降水频次并不一致。李建<sup>[12]</sup>等指出北京市夏季降水发生了结构性调整, 降水日变化的降水量和降水频次的最高值出现在午后至次日清晨, 而最低值则在中午前后, 并且长持续性降水总量大幅减少而短持续性降水总量却逐步增多。目前, 有关拉萨降水的

收稿日期(Received date): 2015-09-25; 改回日期(Accepted): 2015-10-29。

基金项目(Foundation item): 国家科技支撑计划重点项目(2013BAC04B01), 西藏大学农牧学院研究生创新计划项目(YJS2016-14)。[National Science and Technology Support Program(2013BAC04B01) and Agricultural and Animal Husbandry college of Tibet University Graduate Innovation Programs(YJS2016-14)。]

作者简介(Biography): 沈志强(1989-), 男, 安徽宿州人, 硕士研究生, 主要从事灌草水文研究。[Shen Zhiqiang (1989-), male, born in Suzhou of Anhui, mainly study in hydrological research.] E-mail: syg521hm@163.com

\* 通信作者(Corresponding author): 卢杰(1973-), 男, 四川安岳人, 副教授, 硕士生导师, 从事植物保护的研究。[Lu Jie (1973-), male, born in Anyue of Sichuan, mainly study in plant protection.] E-mail: tibetlj@163.com

研究很少,对降水日变化特征的研究则更少。鉴于此,本文以拉萨东部郊区的达孜县为研究对象,结合达孜县 2014—2015 年夏季逐时降水资料,对夏季降水量、降水频次、降水持续时间等方面进行深入分析,了解并掌握拉萨达孜县的降水特征,以期为研究拉萨夏季降水特性与演变规律提供参考。

## 1 研究区概况

西藏自治区拉萨市达孜县素有拉萨“东大门”之称。全县平均海拔 4 100 m,河谷最低海拔 3 730 m,年平均气温 7.5℃,年平均日照 3 065 h,平均降雨量 450 mm。研究区位于达孜县巴嘎学村西南部山坡,地理位置 29°40′N,91°25′E,海拔 3 780 ~ 4 170 m,距拉萨市区约 30 km(图 1)。地形为典型河谷山地,东西向为拉萨河河谷,南北分别为郭嘎拉日山和恰拉山。气候属于典型的青藏高原半干旱季风气候,冬春干燥多大风,夏季多夜雨,年平均气温 7.5℃,年平均日照 3 065 h,平均降水量 500 mm 左右,年无霜期 130 d 左右<sup>[13]</sup>。该山坡坡度在 20°~30°之间,土壤类型主要有亚高山灌丛草甸土、山地灰褐土和山地草原栗钙土,平均厚度 0.5~2.1 m,土层较薄,以粉沙块为主,成土母质主要是砂岩、砾

岩等,pH 值为 7.0~8.0。

## 2 资料与方法

所使用的气象数据是由美国 ONSET 公司的 HOBO U30-NRC 型自动气象站监测系统监测的实时数据。气象站位于研究区山腰,海拔 3 918 m 左右,气象塔朝向为 S/N 方向,对降水等指标进行 24 h 不间断动态监测,仪器自动记录瞬时数据的步长为 5 min,然后对数据进行统计分析得到逐小时降水量。由于本研究是从 2013 年 9 月开始建站并进行实时观测,建站时雨季即将结束。因此,选取达孜县最近两年(2014—2015 年)最新的夏季降水数据进行研究,在今后的研究中将继续进行观测,以获得更多宝贵的降水资料,进而掌握拉萨达孜县夏季降水日变化的特点,以期为研究拉萨夏季降水特性与演变规律提供参考。

在数据的处理分析过程中,把逐小时降水量大于 0.1 mm 的时次判定为有降水发生,以确定降水量、降水频次以及降水强度等的日变化特征。本文研究的主要指标有逐时降水量、逐时降水频次、逐时降水强度和不同持续时间降水等。将某一次降水发生时次之后连续 2 h 没有降水发生定义为一次降水

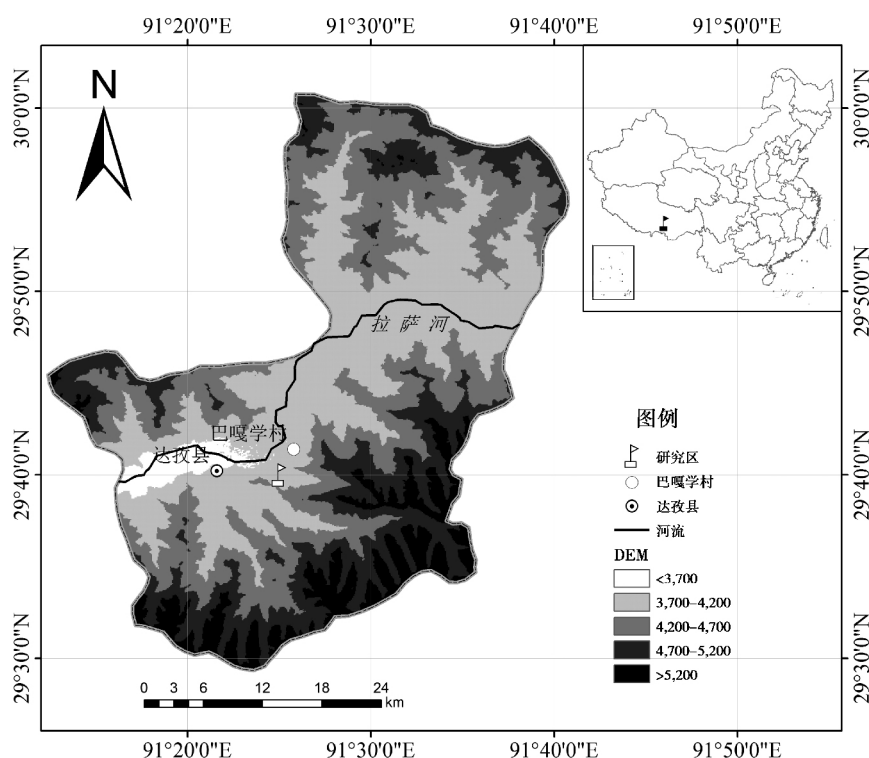


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location map of the study area

过程结束。降水持续时间是指某一次降水开始至结束间隔的小时数。把统计时间段内所发生的降水总次数定义为降水频次。同时,把降水量与降水频次的比值定义为降水强度<sup>[14]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 降水日变化特征

利用最近两年达孜县气象站实时观测的降水逐时资料,计算24 h逐时累积的降水量。由图2可知,达孜县降水量日变化存在明显的波动。降水量最大值出现在4:00,为78.42 mm;其次为22:00,雨量为58.52 mm;最小值出现在13:00,雨量仅为1.6 mm。从图中还可以看出,降水量日变化存在两个高值时段和一个低值时段,降水量最多的时段为1:00—7:00,该时段的降水量占一天总降水量的53.11%;降水次多时间段为19:00—23:00,这一时段的降水量占一天总降水量的25.83%;降水量最少的时段为午后至傍晚的这一时段,即12:00—18:00,这一时段的降水量仅占一天总降水量的4.95%。对6—8月逐月降水量日变化研究发现,7、8月降水日变化与6—8月降水日变化特征一致,呈明显的波动性,降水主要集中在晚上,尤其是凌晨时间段,白天的降雨量则相对较少。而6月日降水量最大时间段为21:00—23:00,并且降雨量相较于7、8月则较少。从近两年降雨量日变化特征发现,达孜县降雨主要集中于晚上,尤其是后半夜,白天尤其是下午降雨较少。降雨量最多的为凌晨4:00,最少的为午后13:00,相差49倍。

#### 3.2 逐时降水频次日变化

达孜县最近两年降水频次日变化见图3。由图3可知,一天中降水最易发生于21:00至次日9:00,

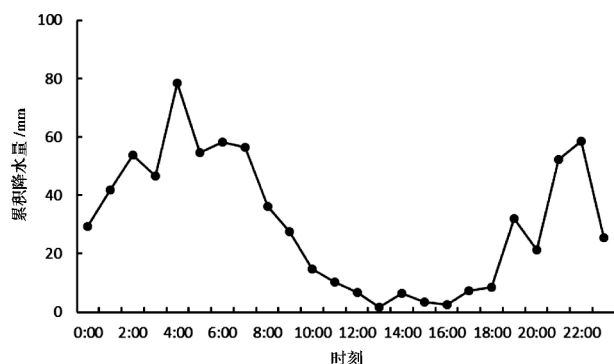


图2 达孜县夏季逐时降水量累积日变化

Fig. 2 Diurnal variation of hourly precipitation in summer of Dazi County

该段时间内降水次数为398次,占日降水总次数的75.95%,其中,降水次数最多为4:00,达到40次,这与降雨量最大值出现的时刻相吻合。最不容易产生降水的时间段为13:00—17:00,降水次数为35次,仅占总降水次数的6.68%,其中,降水次数最少的时间为15:00和16:00,仅为6次。对6—8月逐月降水的频次进行研究发现,8月降水频次变化趋势与6—8月降水频次相似。而6、7月降水频次与6—8月降水频次则有些不同,其中,6月最大频次时间为22:00和24:00,而7月降水次数最多的时间为上午7:00和8:00。

拉萨地区干旱少雨,为了更好的分析不同雨量的日变化特征,现将降雨量分为3个标准:微雨(小时降雨量 $\geq 0.1$  mm)、小雨(小时降雨量 $\geq 1$  mm)、中雨(小时降雨量 $\geq 3$  mm),而后统计不同雨量的降水频次<sup>[15]</sup>。由图4可知,在各级降水中,微雨出现的次数最多,为307次,比小雨与中雨出现的次数都多,出现了两个高值时段,分别为2:00—5:00与7:00—9:00,4:00和8:00出现的频次最高,分别为24次和25次,最低次数时间出现在15:00—17:00,仅有5次。小雨出现的次数次多,其峰值时间段为2:00—9:00,最多次数出现在6:00,为19次。而中雨出现的次数最少,占总次数的13.09%,并且白天有些时间段内出现的次数为0,说明白天雨量较小,中雨最多次数出现在7:00。结合各级降水可以发现,2:00—9:00时间段各级降水相对较多,而白天尤其是13:00—15:00,各级降水则较少。

#### 3.3 逐时降水强度日变化

分析2014—2015年达孜县夏季降水强度日变化特征(图5)发现,降水强度有两个高值时段,分别为20:00—22:00和1:00—7:00,降水强度最大值出现在21:00,其次为22:00,最小值则出现在

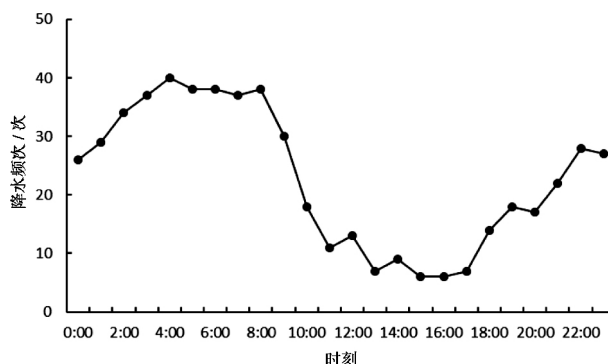


图3 达孜县夏季逐时降水频次分布

Fig. 3 Frequency distribution of hourly precipitation in summer of Dazi County

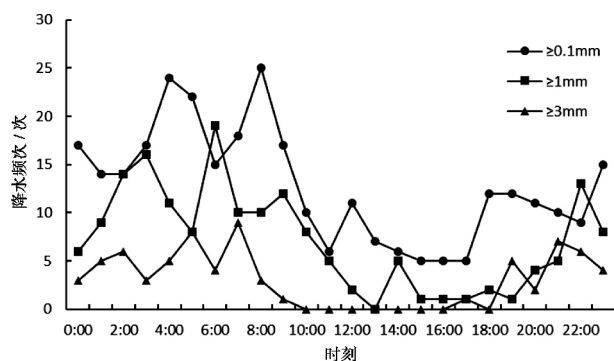


图4 夏季各级降水逐时频次分布

Fig. 4 Distribution of precipitation frequency at different levels

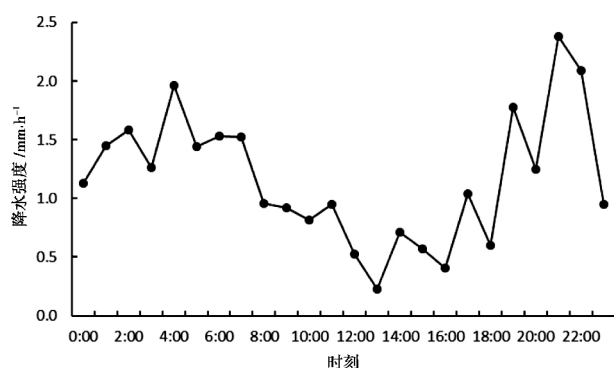


图5 达孜县夏季逐时降水强度日变化

Fig. 5 Hourly precipitation intensity in summer of Dazi County

13:00,也是降水最少出现的时刻。其中 0:00、8:00—18:00、23:00 降水强度小于平均值,其余时间内的降水强度均大于平均值。虽然降水强度也出现两个高值时段,但其与降水量双峰型则有所不同,降水日变化最大值出现在 4:00,而降水强度最大值出现在 21:00。

### 3.4 降水量与降水频次及强度的关系

相关系数是用以反映变量之间相关关系密切程度的统计指标,可以从相关系数检验表中查出是否通过显著性检验<sup>[16]</sup>。通过对达孜县 2014—2015 年 6—8 月各时次降水量与降水频次及强度关系进行研究发现,夏季降水量与降水频次以及降水强度均呈显著的正相关。降水量与降水频次相关系数为 0.89,与降水强度相关系数为 0.86,这说明降水量与降水频次的相关性更好,降水量的变化受降水频次影响程度较降水强度的大。

### 3.5 不同持续时间降水的日变化特征

#### 3.5.1 不同持续时间降水量分析

对达孜县 2014—2015 年夏季不同持续时间降水的过程降水量研究见图 6。由图 6 可知,达孜县

夏季降雨以短时间段的降水为主,其中,持续时间为 1 h 的降水量最大,为 128 mm,占有持续时间降水总量的 17.12%;其次是持续 2 h 和 3 h 的降水过程,分别占有持续时间降水总量的 11.96% 和 9.46%,而持续 10 h 以上的降水过程降水量则相对较少,占有持续时间降水总量的 19.67%,其中持续时间最长的降水为 18 h,降水量为 37 mm。这说明拉萨达孜县夏季以短时降水为主,并且短时降水对总降水量的贡献大于较长时间的降水。

图 7 是达孜县 2014—2015 年持续时间最长(18 h)并且单次降水过程降水量最大(37 mm)的降水过程。其发生于 2014-08-13T19:00 至 2014-08-14T12:00,从图中可以看出,19:00 是整个降水过程中降水量最大的时刻,随后慢慢减少,21:00—23:00 降水量逐渐增加,在 23:00 达到一个峰值,次日 0:00—4:00 降雨量相对稳定,5:00 降水量呈现一个小峰谷,次日 6:00—7:00 雨量小幅增加,8:00 出现峰谷,9:00—12:00 降水量不断减少,12:00 是降水量最小的时刻。从整个降水过程来看,降水初期降水量最大且有较大的波动性,后期降水趋于平缓并逐渐减少。

#### 3.5.2 不同持续时间降水频次日变化

由达孜县近两年夏季降水频次可以看出(图 8),以短时间段的降水为主,而长持续时间降水次数较少,并且呈现出降水次数随着降水持续时间的增加而不断减少的趋势。其中,持续时间为 1 h 的降水量最大,为 81 次,占有持续时间降水总量的 41.21%;其次是持续 2 h 和 3 h 的降水过程,分别占有持续时间降水总量的 25.63%、10.55%;持续时间为 1~3 h 的降水次数共 154 次,占降水总次数的 77.39%;而持续时间为 6 h 以上的降水次数共 21 次,仅占降水总次数的 10.55%。

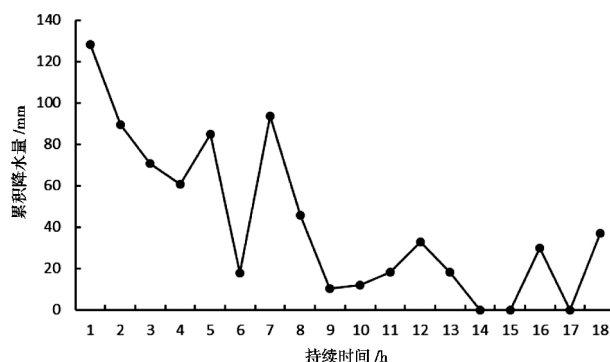


图6 达孜县夏季不同持续时间降水量

Fig. 6 Different duration of summer precipitation in Dazi County

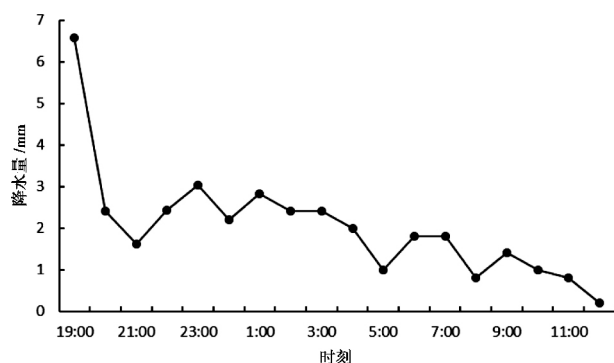


图7 达孜县夏季降水持续时间最长与降水量最多的降水过程

Fig.7 Precipitation process with the longest continuous days and the most rainfall amount in summer of Dazi County

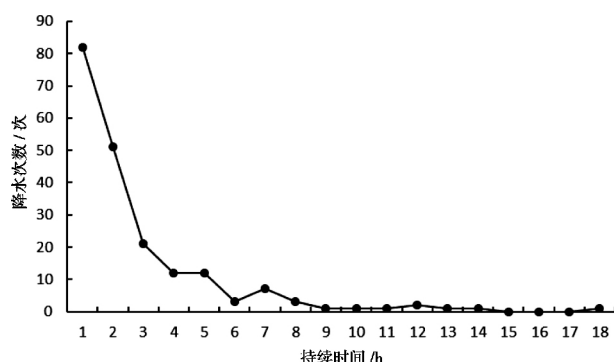


图8 达孜县夏季不同持续时间降水频次分布

Fig.8 Frequency distribution of precipitation in different duration of summer of Dazi County

## 4 结论

本文利用拉萨达孜县2014—2015年夏季逐时降水数据资料,主要分析了日降水量、降水频次、降水强度以及不同持续时间降水等指标,主要结论如下:

1) 达孜县夏季降水日变化呈双峰型分布,降水主要集中于晚上,白天降水较少,降水量最多的时段为1:00—7:00,降水次数多时间段为19:00—23:00,降水量最少的时段为12:00—18:00,降水最多的两个峰值分别为22:00和凌晨4:00。降水量最大值出现在凌晨4:00,而最小值为午后13:00。拉萨夜雨较多,白天雨量较少的原因可能跟太阳辐射有关,白天太阳辐射强烈,云层蒸发,而夜晚云层冷却,产生对流,形成降水;也可能与拉萨复杂的地形相关,拉萨多河谷山地,同时地表径流较多,容易产生对流天气,特别是晚上,山谷风使气流上升,进一步增加了降雨。

2) 从降水频次上看,最近两年达孜县降水频次

与降水量日变化特征有些不一致。降水最易发生于21:00至次日9:00,降水次数最大峰值为4:00,最不容易产生降水的时间段为13:00—17:00,这与降水量日变化特征相吻合,而降水次数峰值则为上午8:00,降水次数最少的时间为15:00和16:00,与降水日变化特征不一致。在各级降水中,小时降雨量 $\geq 0.1$  mm出现的次数最多,小时降雨量 $\geq 3$  mm出现的次数最少,各级降水均为夜晚和早晨出现次数较多,这与拉萨多夜雨相一致。

3) 降水强度最大值出现在21:00,其次为22:00,最小值则出现在13:00,也是降水最小出现的时刻。夏季降水量与降水频次以及降水强度均呈显著的正相关,降水量与降水频次相关系数为0.89,与降水强度相关系数为0.86,降水量的变化受降水频次影响程度较降水强度大。

4) 达孜县持续时间为1 h的降水量对总降水量的贡献最大,其次为持续时间2 h、3 h,降水主要以1~7 h短时降水为主,持续时间超过10 h的降水量相较于短时降水较少,降水以短时间段的降水为主,而长持续时间降水次数较少,短时降水对总降水量的贡献大于较长时间的降水。同时,持续时间降水频次也以短时降水为主,而长持续时间降水次数较少,并且呈现出降水次数随着降水持续时间的增加而不断减少的趋势。

致谢:感谢中国科学院地理科学与资源研究所赵广帅博士对本文的指导与帮助。

## 参考文献(References)

- [1] 黄安宁,张耀存,朱坚.物理过程参数化方案对中国夏季降水日变化模拟的影响[J].地球科学进展,2008,23(11):1174-1184 [Huang Anning, Zhang Yaocun, Zhu Jian. Impacts of physical process parameterizations on simulation of the diurnal variations of summer precipitation over China[J]. Advances in Earth Science, 2008, 23(11):1174-1184]
- [2] 赵玉春,徐明,王叶红,等.2010年汛期长江中游对流降水日变化特征分析[J].气象,2012,38(10):1196-1206 [Zhao Yuchun, Xu Ming, Wang Yehong, et al. A characteristic analysis on diurnal variations of convective rainfall along the Yangtze River Middle Valleys in 2010 flooding season[J]. Meteorological Monthly, 2012, 38(10):1196-1206]
- [3] 徐影,丁一汇,李栋梁.青藏高原未来百年气候变化[J].高原气象,2003,22(5):451-457 [Xu Ying, Ding Yihui, Li Dongliang. Climatic change over Qinghai and Xizang in 21st century[J]. Plateau Meteorology, 2003, 22(5):451-457]
- [4] 马晓波,李栋梁.青藏高原近代气温变化趋势及突变分析[J].高原气象,2003,22(5):507-512 [Ma Xiaobo, Li Dongliang. Analyses on air temperature and its abrupt change over Qinghai-Xizang plateau in modern age[J]. Plateau Meteorology, 2003, 22(5):

- 507–512]
- [5] Yang G Y, Slingo J J. The diurnal cycle in the tropics[J]. *Monthly Weather Review* 2001, 129: 784–801
- [6] Nesbitt S W, Zipser E J. The diurnal cycle of rainfall and convective intensity according to three years of TRMM measurements[J]. *Journal of Climate* 2003, 16: 1456–1475
- [7] Yu Rucong, Zhou Tianjun, Xiong Anyuan, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China[J]. *Geophysical Research Letters*, 2007, 34 ( 1 ): 223 – 224, doi: 10. 1029/2006GL028129
- [8] Yu Rucong, Zhou Tianjun. Seasonality and three – dimensional structure of interdecadal change in the East Asian monsoon [J]. *Journal of Climate* 2007 20( 21 ): 5344 – 5355
- [9] 王夫长, 宇如聪, 陈昊明, 等. 我国西南部降水日变化特征分析 [J]. *暴雨灾害* 2011 30( 2 ): 117 – 121 [Wang Fuchang, Yu Rucong, Chen Haoming, et al. The characteristics of rainfall diurnal variation over the Southwestern China[J]. *Torrential Rain and Disasters* 2011 30( 2 ): 117 – 121]
- [10] 杨森, 周晓珊, 高杰. 辽宁省夏季降水的日变化特征 [J]. *气象*, 2011 37( 8 ): 343 – 349 [Yang Sen, Zhou Xiaoshan, Gao Jie. Diurnal variations of summer precipitation in Liaoning Province [J]. *Meteorological Monthly* 2011 37( 8 ): 943 – 949]
- [11] 孙娴, 魏娜, 王式功, 等. 西安夏季降水的日变化特征研究 [J]. *冰川冻土* 2013 35( 5 ): 1176 – 1182 [Sun Xian, Wei Na, Wang Shigong, et al. Study of the daily variation of summer precipitation in Xi'an [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, 35 ( 5 ): 1176 – 1182]
- [12] 李建, 宇如聪, 王建捷. 北京市夏季降水的日变化特征 [J]. *科学通报*, 2008, 53( 7 ): 829 – 832 [Li Jian, Yu Rucong, Wang Jianjie. Diurnal variations of summer precipitation in Beijing [J]. *Chinese Science Bulletin* 2008 53( 7 ): 829 – 832]
- [13] 赵海珍, 李文华, 黄瑞玲, 等. 拉萨达孜县北京杨人工林生态系统服务功能评价 [J]. *中国人口·资源与环境* 2010 20( 5 ): 104 – 106 [Zhao Haizhen, Li Wenhua, Huang Ruiling, et al. Valuation of populus Beijingensi plantation ecosystem services in Dazi county [J]. *China Population Resources and Environment* 2010 20 ( 5 ): 104 – 106]
- [14] 戴泽军, 宇如聪, 陈昊明. 湖南夏季降水日变化特征 [J]. *高原气象* 2009 28( 6 ): 1463 – 1469 [Dai Zejun, Yu Rucong, Chen Haoming. Characteristics of summer precipitation diurnal variations in Hunan [J]. *Plateau Meteorology* 2009 28( 6 ): 1463 – 1469]
- [15] 刘蓉娜, 张国庆, 肖宏斌, 等. 湟水河谷夏季云和降水的日变化特征 [J]. *干旱区研究* 2010 27( 1 ): 135 – 141 [Liu Rongna, Zhang Guoqing, Xiao Hongbin, et al. Analysis on the characteristics of daily variation of cloud and precipitation over Huangshui River valley in summer [J]. *Arid Zone Research*, 2010 27( 1 ): 135 – 141]
- [16] 董凤鸣, 周萍. EXCEL 在一元线性回归分析中的应用 [J]. *科技信息* 2007 ( 12 ): 144 – 145 [Dong Fengming, Zhou Ping. The application of EXCEL in linear regression analysis [J]. *Science & Technology Information*, 2007 ( 12 ): 144 – 145]

## Diurnal Variation of Precipitation in Summer in Dazi County of Tibet

SHEN Zhiqiang<sup>1</sup>, LU Jie<sup>1</sup>, HUA Min<sup>2</sup>, ZHANG Chengshuo<sup>1</sup>, FANG Jiangping<sup>1</sup>

(1. Agricultural and Animal Husbandry College, Tibet University, Linzhi 860000, Tibet, China;

2. School of Resource and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** By using hourly precipitation data in summer at Dazi county, Lhasa City, Tibet Autonomous Region, China during 2014–2015, four precipitation indices (daily precipitation, precipitation frequency, precipitation intensity, different duration precipitation) were studied and analyzed. The results showed that rainfalls were mainly concentrated at nights, especially in the latter half of the night, and the precipitation less in the afternoon. The peak period of precipitation was at 1:00 to 7:00, the less of that at 19:00 to 23:00, the least of that at 12:00 to 18:00. The maximum rainfall value appeared at 4:00, while the minimum value appeared at 13:00. The precipitation occurred at 21:00 to 9:00 next day easily, but it was not easy to generate at 13:00 to 17:00. The high value of rainfall frequency took place at 4:00, and it was accorded with the time of maximum rainfall value. The maximum precipitation intensity took place at 20:00 to 22:00 and 1:00 to 7:00. The highest rainfall intensity appeared at 21:00, and the higher intensity was at 22:00, and the minimum intensity generally occurred at 13:00. The correlation among precipitation, precipitation frequency and precipitation intensity was significantly positive. The variation of precipitation was closely related to precipitation frequency, and less affected by precipitation intensity. The short time precipitation was mainly occurring in summer of Dazi County. The short time precipitation frequency events took place more than long duration precipitation events, and short time precipitation had great contribution to total precipitation, as compared with that of long duration precipitation events.

**Key words:** summer; precipitation; diurnal variation of precipitation; Dazi County