

First Month of Summer Precipitation Climate Characteristics in the Upper and Middle Reaches of Yellow River*

Hongmei He^{1,2}, Shaoyong Chen², Zhe Sun³

¹Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of China Meteorological Administration, Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of Gansu, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou

²Meteorological Bureau of Baiyin, Baiyin

³Meteorological Bureau of Wushan, Wushan

Email: qixianghe@126.com

Received: Jul. 10th, 2013; revised: Aug. 6th, 2013; accepted: Aug. 20th, 2013

Copyright © 2013 Hongmei He et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: According to the precipitation data in Yellow River valley from 1961 to 2011 in June, the author analyzes the precipitation change characteristics of the valley in the first month of summer by the variability of precipitation, the precipitation anomaly percentage, linear trend estimation and moving average of 3 years. These data go through 51 years and come from 45 observational stations. The result shows that the precipitation of the first month of summer decreases from the southeast to the northwest, but it increases from the southwest to the northeast. The entire basin average precipitation has slowly increased at a rate of 45 mm/10a in recent 51 years. The area has experienced two obvious fluctuations of “up-down-up-down” from the 1961 up to 2011. The precipitation increased significantly from the late 1970’s to mid 1980’s, but it decreased obviously from the late 1980’s to mid 1990’s. From the late 1990’s to the beginning of this century, the precipitation has slightly increased, and then decreased rapidly. The statistics show that the area had less rainfall from 1960’s to 1970’s, and in the 1980’s it had obvious rainy period but it had slight more rain in 1990’s. The precipitation in the year from 2001 to 2011 was like the corresponding period flat of the past years.

Keywords: First Month of Summer; Precipitation; Variable Characteristics; Yellow River Basin; Upper and Middle Reaches

黄河中上游流域初夏降水变化特征分析*

贺红梅^{1,2}, 陈少勇², 孙喆³

¹中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 兰州

²白银市气象局, 白银

³武山县气象局, 武山

Email: qixianghe@126.com

收稿日期: 2013年7月10日; 修回日期: 2013年8月6日; 录用日期: 2013年8月20日

摘要: 利用黄河中上游45个气象站1961~2011年6月降水资料, 采用降水变率、降水距平百分率、线性倾向估计、三年滑动平均等统计方法, 分析了近51年黄河中上游地区初夏降水的时空变化规律。结果表明: 黄河中上游地区初夏降水具有明显的空间差异, 降水量由东南向西北呈递减格局; 降水的年际变化从西南向东北呈递增趋势; 近51a来流域平均降水以2.45 mm/10a的速率缓慢增多。从1960年代至今经历了“升-降-升-降”两次明显的波动, 1970年代后期到1980年代中期明显增多, 1980年代后期到1990年代中期明显减少, 1990年代后期至本世纪初略有增多, 以后又迅速减少。按年代统计表明: 1960、1970年代黄河中上游地区初夏处于少雨期, 1980年代处于明显多雨期, 1990年代略多, 本世纪2001年~2011年与历年同期平均持平, 接近常

*基金项目: 公益性行业专项基金(GYHY201006038-5-1); 白银市科技计划项目(GK2011-2-087A)。

年。

关键词：初夏；降水；变化特征；黄河流域；中上游

1. 引言

被誉为中华民族摇篮的黄河流域幅员辽阔，资源丰富。流域总面积 79.5 万平方公里，流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙、陕西、山西、河南、山东等 9 省(区)，地理位置重要，但水资源比较匮乏，流域大部分处于干旱、半干旱、半湿润的气候区。黄河流域以它占全国 2% 的径流量，向占全国 15% 的耕地和 12% 的人口供水，水资源短缺现象比较严重。作为作物生长、发育的重要环境因子之一的水分，它与光、热资源相配，决定着农业气候资源的优劣和农业生产过程中对气候资源的开发利用。黄河流域水资源的根本来源是大气降水。受大气环流和季节环流的影响，流域不同地区降水差异较大，降水时空分布不均，年季变化大，具有冬干春旱、夏秋多雨的降水特征。降水的时空分布对流域的农业生产影响重大。近年来我国科技工作者对黄河流域降水做了大量研究。如徐宗学、张楠对黄河流域近 50 a 降水变化趋势做了分析研究^[1]；邵晓梅等对黄河流域近 40 a 来降水的季节变化和年际变化时间序列进行了小波分析^[2]；董安祥、白虎志等研究了黄河流域 1922~1932 年特大旱灾的特点及其对流域生态环境、人民群众的生产、生活等造成的重大影响^[3]，刘晓东等对全球气候变暖条件下黄河流域降水的可能变化进行了分析研究^[4]，庞爱萍等研究了近 50 年黄河流域降水变化的时空特征^[5]，叶笃正研究了长江黄河流域旱涝规律和成因^[6]等等。不同研究者运用不同方法从不同角度对流域的降水以及由此引起的自然灾害等做了大量分析研究，但对于该流域初夏的降水研究比较少。本文采用 1961~2011 年降水资料来分析黄河中上游初夏降水的时空分布特征，了解降水分布特点，对于提高公众的节水、惜水意识，促进黄河水资源的合理开发利用，具有实际意义。

2. 资料来源及分析方法

选取黄河流域中上游地区 31.8°~42.5°N、96.0°~114.5°E 范围内，包括黄河中上游 7 省(市)45 个站点 51 年月降水资料，时间序列为 1961~2011 年，资料来

自中国气象局信息中心。在我国气候评价中，统一把 6~8 月作为夏季。“初夏”一般指的是夏季的第一月即 6 月。分别计算出各站 51 a 初夏降水总量及平均值，用来分析降水的时空分布特征。利用降水变率、降水距平和距平百分率来反映降水量的年际及年代际变化特征，采用线性倾向估计及 3 年滑动平均的统计方法来分析黄河流域中上游地区初夏降水的长期变化趋势。其中

降水变率：

$$v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - P| \quad (1)$$

降水距平：

$$\Delta P = P_i - P \quad (2)$$

降水距平百分率：

$$PP = \frac{\Delta P}{P} \times 100\% \quad (3)$$

(1)~(3)式中： v 为降水变率， P_i 为逐年降水量值， P 为多年平均降水量， n 为样本量， ΔP 为降水距平， PP 为降水距平百分率。

线性倾向：

设 $f(t)$ 为某一变量， t 为时间，建立 $f(t)$ 与 t 的一元线性回归

$$f(t) = C_0 + C_1 t \quad (4)$$

C_0 、 C_1 为回归系数， C_1 值的符号反映 $f(t)$ 上升或下降的变化趋势， C_1 值的大小反映 $f(t)$ 上升或下降的速率，一般称之为倾向率。

3. 降水量空间分布特征

由于流域面积大，地形地势不同，多年平均降水量的地区分布不仅受天气系统影响又受地形等地理因素的影响，形成明显的地区性差异，降水空间分布也呈现出很大的差异。从 1961~2011 年黄河流域 6 月平均降水量分布(图 1)可以看出，降水的空间分布总体趋势是：东南多，西北少，由东南向西北递减。黄河源区、川北、甘南、陇南以及陕南等地区，6 月降水

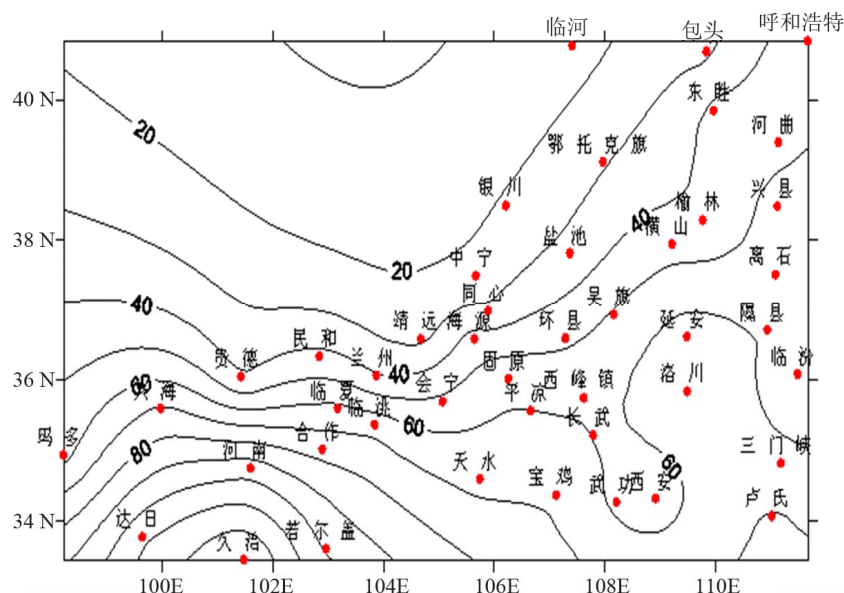


Figure 1. The average precipitation distribution of June in the Yellow River basin from 1961 to 2011
图 1. 1961~2011 年黄河流域 6 月平均降水量分布

量在 60 mm 以上；高原东北部、宁夏北部、河套西部等地区 6 月平均降水量在 20~30 mm 之间。流域初夏降水量在 30~70 mm 之间的地区约占全流域的 71%。降水量最大处位于流域南部的青海久治、达日、川北若尔盖一带的 100 mm，然后沿东北一线递减至陇中北部靖远、内蒙西南鄂托克旗的 30 mm，直至宁夏北部银川、河套西北内蒙临河一带的 20 mm。降水最大地区出现在位于黄河上游河曲地带的青海久治，6 月平均降水量为 131.20 mm；河套腹地的内蒙临河 6 月平均降水量为 16.16 mm，为降水量最小地区。降水量最大与最小地区 6 月降水量相差竟达 115.04 mm，最大降水量比最小降水量偏多 8.1 倍，这跟流域中上游地区所处地理位置有很大关系。流域东南部基本属湿润气候，中部属半干旱气候，西北部属干旱气候，南界秦岭山脉北坡降水较多，内蒙河套地区距离海洋较远，边沿有山脉阻隔，气候以温带大陆性气候为主，降水稀少。黄河中上游流域初夏降水的空间分布极为不均。

4. 降水量年际和年代际变化趋势

4.1. 降水量的年际变化特征

黄河流域地域辽阔，降水时空分布差异较大，为了较好的反映流域 6 月降水年际变化特征，我们采用降水变率作为评价一地水资源利用价值的一个重要

指标，降水变率的大小可以衡量一个地区降水的稳定性和可靠性。降水变率是指一段时期内，各年降水量的平均绝对距平数与多年平均降水量的百分比。

我国幅员面积广，降水量的地理分布十分不均匀，南北差异比较大，降水变率大致是北方大于南方，内陆大于沿海^[7]。黄河流域大部分地区处于干旱半干旱地区，年降水量少，降水变率大。统计结果显示，黄河中上游地区初夏降水变率多年平均值为 46%，降水变率在 40%~60% 之间的地区占全流域的 75.6%。从图 2 可以看出，中上游流域初夏降水变率分布与初夏降水量多年平均分布刚好相反。降水变率从西南向东北方向呈递增趋势，沿高原东部、陕北、宁夏北部、河套北部降水变率逐渐增大。青海久治降水变率为流域最小。内蒙临河是全流域降水变率最大的地区。高原、南部降水变率小可能与高原雨季开始较早有关^[8]，因为在青海高原东缘边坡多雨带上，深受高原东侧偏南季风气流影响，雨日较多^[9]。内蒙中、西部深居内陆，远离海洋，同时受青藏高原的地形影响，降水稀少。降水越少的地区降水变率愈大，反之则愈小。降水变率大的地区说明降水年际变化明显，降水稳定性较差，发生旱涝的频率较高。初夏降水变率从南部青海的久治往北至河套腹地内蒙的临河，降水变率值由 22% 递增至 74%。从高原东部到河套北部，地区降水越往北越不稳定，降水利用率相应也在降低。

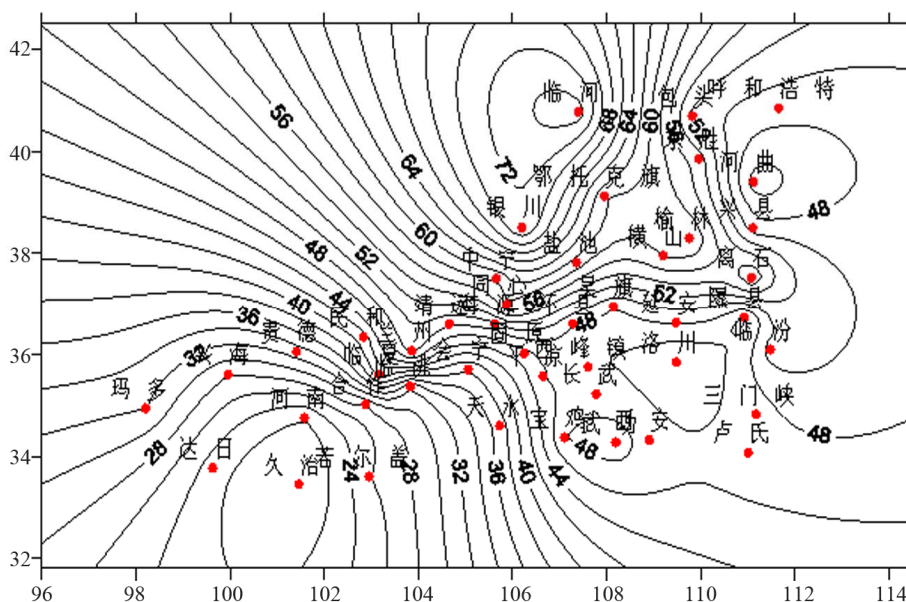


Figure 2. The variability of precipitation distribution of June in the Yellow River basin from 1961 to 2011
图 2. 1961~2011 年黄河流域 6 月平均降水变率分布

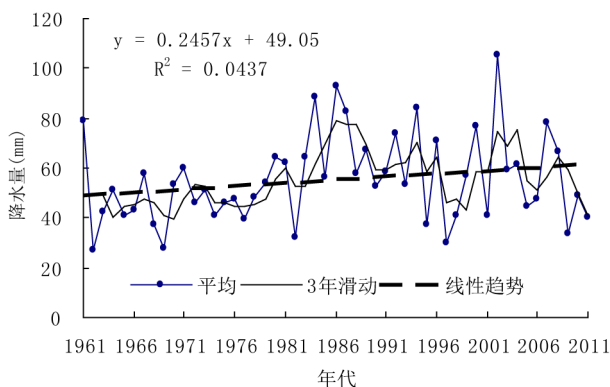


Figure 3. The rainfall interannual variation diagram of June in the upper and middle reaches of Yellow River from 1961 to 2011
图 3. 1961~2011 年黄河中上游 6 月降水年际变化图

4.2. 降水量的年代际变化特征

自 1960 年以来, 北方气候进入暖干阶段, 降水量呈下降趋势^[2]。但就黄河流域初夏降水而言, 降水略呈增加趋势(图 3), 降水倾向率为 2.45/10a, 相关系数 0.0436, 但未通过 0.05 信度检验, 表明降水增加趋势不明显, 降水变化比较缓和。从表 1, 1961~2011 年各站气候倾向率和相关系数中可以看出, 除陇中临洮、河南三门峡、宁夏固原、山西隰县、甘肃会宁、天水为负值外, 其余各地均呈正值。这说明黄河中上游地区初夏降水呈下降趋势的只有临洮、三门峡、固原、隰县、会宁、天水六个地区, 流域其余地区均呈小幅增加趋势。降水量倾向率通过信度 $\alpha = 0.05$ 检验

的只有青海高原东部的兴海、甘南高原的合作两个地区, 说明除兴海、合作初夏降水随年代增多趋势较明显外, 流域其余地区初夏降水随年代变化幅度并不显著。

从图 3, 1961~2011 年黄河中上游 6 月降水年际变化图中可见, 上世纪 60 年代到 70 年代中期初夏降水量虽有小的波动但变化并不明显; 70 年代后期到 80 年代中期降水呈明显增多趋势; 80 年代后期到 90 年代中期降水呈明显减少趋势; 90 年代后期至本世纪初降水略有增多趋势, 2002 年达到历史最大值, 降水集中在渭河流域和黄河源头。之后又呈迅速减少趋势。总的来说, 中上游流域初夏降水从上世纪 60 年代以来经历了“升-降-升-降”两次明显的波动变化过程。

按年代统计(表 2), 上世纪 60 年代中上游流域 6 月降水距平为 -9.39, 距平百分率 -17%, 降水量比历年同期平均偏少近 2 成, 处于少雨期。其中陇东地区的临洮、宁夏北部地区的银川, 南部的固原以及高原东部的青海达日降水量与历年同期持平, 其余各地偏少 1~4 成; 70 年代 6 月降水距平百分率 -10%, 降水量比历年同期平均偏少 1 成, 趋于持平年份的地区增多至 9 个, 分别是黄河源区的青海民和、川北的若尔盖、陇东的西峰镇、陕北延安、陇中会宁、内蒙呼和浩特、山西西部的离石、豫西重镇三门峡、卢氏, 其

Table 1. The climate tendency rate and correlation coefficient of the stations from 1961 to 2011
表 1. 1961~2011 年各站气候倾向率和相关系数

| 站名 | 趋势/10 | 相关系数 | 站名 | 趋势/10 | 相关系数 | 站名 | 趋势/10 | 相关系数 |
|-----|-------|-------|----|-------|------|------|-------|-------|
| 若尔盖 | 4.13 | 0.19 | 民和 | 2.84 | 0.19 | 包头 | 2.73 | 0.23 |
| 靖远 | 2.26 | 0.16 | 兴海 | 5.52 | 0.32 | 临河 | 2.94 | 0.25 |
| 临夏 | 3.37 | 0.16 | 玛多 | 2.45 | 0.15 | 鄂托克旗 | 3.48 | 0.22 |
| 临洮 | -0.28 | -0.02 | 达日 | 5.07 | 0.24 | 东胜 | 2.76 | 0.14 |
| 环县 | 3.81 | 0.18 | 河南 | 2.02 | 0.11 | 呼和浩特 | 2.04 | 0.10 |
| 平凉 | 0.72 | 0.03 | 久治 | 4.32 | 0.19 | 河曲 | 1.55 | 0.08 |
| 西峰 | 1.92 | 0.09 | 榆林 | 2.03 | 0.09 | 兴县 | 4.72 | 0.22 |
| 合作 | 5.21 | 0.27 | 吴旗 | 1.13 | 0.05 | 离石 | 1.95 | 0.07 |
| 银川 | 1.98 | 0.13 | 横山 | 6.15 | 0.25 | 隰县 | -2.49 | -0.11 |
| 中宁 | 1.96 | 0.16 | 延安 | 0.24 | 0.01 | 临汾 | 0.48 | 0.02 |
| 盐池 | 2.21 | 0.14 | 长武 | 4.93 | 0.20 | 三门峡 | -0.42 | -0.02 |
| 海源 | 2.08 | 0.10 | 洛川 | 4.94 | 0.20 | 卢氏 | 2.9 | 0.10 |
| 同心 | 3.64 | 0.24 | 宝鸡 | 1.3 | 0.05 | 兰州 | 4.11 | 0.25 |
| 固原 | -1.19 | -0.05 | 武功 | 5.65 | 0.23 | 会宁 | -2.19 | -0.14 |
| 贵德 | 2.12 | 0.19 | 西安 | 3.93 | 0.19 | 天水 | -0.48 | -0.02 |

Table 2. The rainfall precipitation in anomaly and anomaly percentage of June in the upper and middle reaches of Yellow River from 1961 to 2011

表 2. 黄河上中游 6 月降水年代距平及距平百分率(1961~2011)

| 年代 | 距平/mm | 距平百分率/% |
|-------------|-------|---------|
| 1960 | -9.39 | -17 |
| 1970 | -5.43 | -10 |
| 1980 | 10.24 | 18 |
| 1990 | 2.95 | 5 |
| 2001~2011 a | 1.47 | 3 |

余各地偏少 1~3 成，降水偏少幅度较 60 年代明显减小；80 年代迎来一个降水明显增多时期，6 月降水距平百分率为 18%，降水量比历年同期平均偏多近 2 成，处于多雨期。其中 9 个地区 6 月降水量与历年同期持平，只有宁夏银川和内蒙呼和浩特两地降水偏少，且偏少近 1 成，其余各地 6 月降水比同期平均偏多 1~7 成，陕西榆林降水增幅最大，距平百分率为 67%，内蒙呼和浩特降水偏少最多，距平百分率为-9%，降水量差异较大，地区降水分布十分不均。这与文献[2]的结论“80 年代黄河流域年平均降水与正常值相比要偏高的多”相一致；90 年代 6 月降水距平百分率为 5%，

降水量比正常值略多，与历年同期持平的地区有 12 个，降水偏少地区由 80 年代的两个增加至 10 个，降水总体增幅明显减小；本世纪 2001 年~2011 年 6 月降水与历年同期平均持平，接近常年，降水变化不明显。

5. 结论

黄河中上游地区初夏降水量的地理分布不仅受大气系统制约，同时又受地形地势等地理环境影响，造成明显的空间差异。初夏降水空间分布十分不均，总体趋势是：东南多，西北少，降水量从东南到西北递减，最大值位于黄河上游青海东南部河曲地带的久治，最小值位于河套腹地的内蒙临河，降水量分别为 131.2 mm 和 16.2 mm，最大最小降水量之差达 115.0 mm，最大值是最小值的 8.1 倍。

夏季受东亚季风及高原季风的共同影响，黄河中上游初夏降水变率从西南向东北呈递增趋势，75.6% 的地区初夏降水变率在 40%~60% 之间。河套北部内蒙的临河降水变率为 74%，全流域降水近 51 a 来黄河中上游地区初夏降水量总体呈增加趋势，增加幅度并不明显，但有明显的年代变化特征。从 60 年代至今经历了两次明显的波动：上世纪 1960 年代初中期至

1970 年代中期, 降水量交替升降变化幅度小, 1970 年代后期到 1980 年代中期呈明显增多趋势, 1980 年代后期到 90 年代中期明显减少, 1990 年代后期至本世纪初略有增多, 尔后呈迅速减少趋势。

按年代统计表明: 上世纪 60 年代中上游流域初夏降水量比历年同期平均偏少近 2 成, 处于少雨期, 70 年代初夏降水量比历年同期平均偏少 1 成, 处于少雨期, 80 年代降水量比历年同期平均偏多近 2 成, 处于明显多雨期, 90 年代降水量比正常值略多, 本世纪 2001~2011 年初夏降水接近常年。

参考文献 (References)

[1] 徐宗学, 张楠. 黄河流域近 50 年降水变化趋势分析[J]. 地理研究, 2006, 25(1): 27-34.

- [2] 邵晓梅, 许月卿等. 黄河流域降水序列变化的小波分析[J]. 北京大学学报(自然科学版)网络版(预印本), 2006, 42(4): 503-509.
- [3] 董安祥, 柳媛普, 白虎志等. 黄河流域 1922~1932 年特大旱灾的特点及其特点[J]. 干旱气象, 2010, 28(3): 270-278.
- [4] 刘晓东, 安芷生, 方建刚等. 全球气候变暖条件下黄河流域降水的可能变化[J]. 地理科学, 2002, 22(5): 513-519.
- [5] 庞爱萍, 李春晖, 杨志峰等. 近 50 年黄河流域降水变化的时空特征[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2008, 44(4): 420-423.
- [6] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 济南: 山东科技出版社, 1996.
- [7] 伍光和, 田连恕, 胡双熙等. 自然地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 80-85.
- [8] 陈少勇, 林纾, 王劲松等. 中国西部雨季特征及高原季风对其影响的研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(3): 765-773.
- [9] 栾晨, 宋敏红, 蔡英等. 西北区西部下半年强降水分布与变化特征[J]. 高原气象, 2012, 31(3): 629-637.