

黄土高原降雨量的地理地带性研究

穆兴民 徐学选 陈国良

(中国科学院
水利部 西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

提 要

黄土高原地区230个气象站年平均降雨量492mm, 52%的降雨量集中在夏季, 与同纬度地区比较, 年降雨总量少, 且季节分配集中。降雨量具有明显水平地带性, 随纬度升高降雨量按指数率减少, 随经度提高降雨量逐渐增加。年降雨量平均水平变化率为60mm/纬度和26mm/经度, 不同水平地带内, 降雨量愈少, 降雨量的水平变化率愈大。降雨量的垂直分布, 对山地降雨量与海拔高度关系多为抛物线, 年最大降雨量出现的海拔高度为2300~2700m, 不同山区降雨量垂直递增率差异较大。对黄土高原地区而言, 降雨量与海拔高度呈负相关, 海拔低于1800m的地区, 降雨量随海拔升高而减少。

关键词: 黄土高原地区 降雨量 地理地带性

Study on Geographical Zone Feature of Precipitation in the Loess Plateau

Mu Xingming Xu Xuexuan Chen Guoliang

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and Ministry
of Water Resources, Yangliang, Shaanxi, 712100)

Abstract

The measured data of precipitation for many years in 230 meteorological stations show that the mean annual precipitation is 492mm, in the Loess Plateau and about 52% of that is concentrated in summer. The annual precipitation in the Loess Plateau is small, and its distribution is more centralized than that in the same latitude regions. The precipitation has a distinct feature of level zone that reduces exponentially with increase of latitude and increases gradually with increase of longitude. The mean level variation rates of annual precipitation are 60mm per latitude and 26mm per longitude. Within the different level zones, the less the precipitation is, the bigger the level varying rate of precipitation is. In respect to the vertical distribution of precipitation, the relationship of the precipitation and elevation is a

parabola in the mountains, and the elevation of maximum annual precipitation is from 2300 meters to 2700 meters. The vertical increasing rate of precipitation is very difference in the different mountains. As to the Loess Plateau, the relationship of the precipitation and elevation is negative correlation and the precipitation reduces with the increase of the elevation that is lower than 1800 meters.

Key words the Loess Plateau precipitation geographical zone feature

一、引言

黄土高原地区位于太行山以西，日月山以东，秦岭以北，阴山以南，地处我国湿润向西北干旱区的过渡带。该区地域广阔，植物资源丰富，光温潜力大，但因降雨偏少，地表可用水资源贫乏，大部分地区以雨养农业为主，降雨量成为影响本区农牧业发展最直接的气候因子之一。

降雨量的分布受多种因素制约，但从静态或多年平均状况看，某地的降雨量可认为是地理条件的函数。在以往的降雨量地理分布研究中，多以降雨量等直线分析为主，或者是进行不同纬度、经度单站降雨量的简单对比，由于不能消除其它因素的影响，难以了解降雨量变化的地带性规律。降雨量与海拔高度关系的研究，以中小型山地为主，很少涉及象黄土高原这样大的范围。基于此，本文研究分析了黄土高原降雨量随经、纬度及海拔高度的分布规律，降雨量的空间分异特点，为降雨资源的开发利用提供依据。

二、黄土高原降雨量特征

本文资料为东经 $100^{\circ} \sim 114^{\circ}$ 、北纬 $34^{\circ} \sim 41^{\circ}$ 范围内的黄土高原230个气象站，15年以上降雨量资料的平均降雨量。黄土高原年平均降雨量492mm，比世界陆地年平均降雨量800mm低，相当于世界同纬度陆地年平均降雨量573mm的75%（表1），相当于亚洲年平均降雨量740mm的58%，是全国平均降雨量的57%。

表1 黄土高原与世界陆地降雨量比较

地 区	春季 (3~5月)		夏季 (6~8月)		秋季 (9~11月)		冬季 (12~下年2月)		年降雨量 (mm)
	降雨量 (mm)	占全年%	降雨量 (mm)	占全年%	降雨量 (mm)	占全年%	降雨量 (mm)	占全年%	
黄土高原	93.9	19	254.8	52	130.0	26	14.2	3	492.7
北纬 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 陆地	161	28	145	25	140	25	127	22	573.0
日本、朝鲜 (东临国)	325.0	21	625.4	41	388.3	25	188.3	12	1527.0
伊拉克等国 (西临国)	74.8	28	16.3	6	46.8	17	134.3	49	272.2

黄土高原与同纬度的国家和地区相比，东部的日本、朝鲜等国11个气象站，年平均降雨量1527.0mm，是黄土高原年平均降雨量的3.2倍，冬季则为13.3倍（表1）。我国东部的华北平原年平均降雨量500~900mm，北京、石家庄、天津及济南4个气象站，年平均降雨量612.3mm，比黄土高原高24%。黄土高原西部的国家和地区，伊拉克、土耳其等沙漠地区4个气象站，年平均降雨量272.2mm，比黄土高原地区少44.8%，我国的吐鲁番、张掖等气象站资料，年降雨量150~250mm，远比黄土高原少。黄土高原降雨量季节分配极不平衡（表1），属夏雨型，夏季（6月至8月）降雨量占全年降雨量52%，而冬季（12月至下年2月）仅占3%，形成“冬干、春旱、

夏多、秋少”的季节分配特征。由于黄土高原降雨量少且季节分配不均，干旱普遍而严重，大部分旱地适宜于发展草地牧业。

三、黄土高原降雨量的水平地带性

(一) 降雨量的纬度地带性 太阳辐射沿纬度的规律性变化，使地面热量、高空大气环流等要素随纬度而有规律的变化，导致降雨量出现纬度地带性规律。计算每一纬圈内各气象站降雨量的平均值，以消除或减弱纬度以外各因素对降雨量的影响^[1]，分析降雨量的纬度变化。黄土高原降雨量随纬度变化如图1。图1表明，随纬度的升高降雨量减小，它可近似用指数函数表示：

$$R = a \cdot e^{b\varphi}$$

式中：R为降雨量（mm）； φ 为纬度（°N）；a、b为参数。对黄土高原年、季降雨量随纬度变化的指数函数的参数如表2。表2表明：

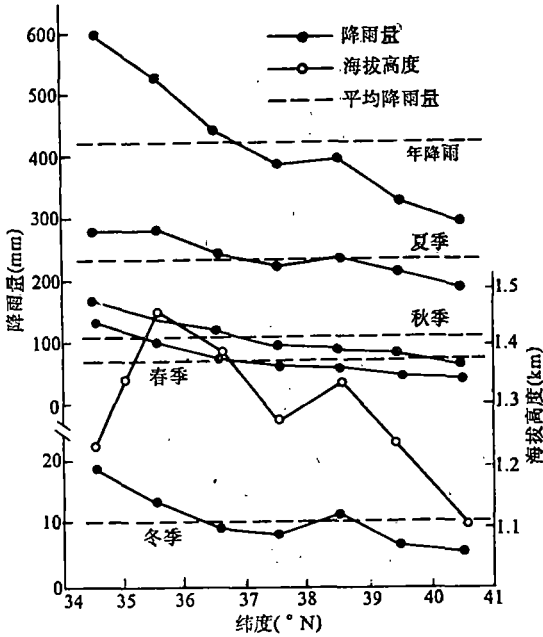


图1 年、季降雨量及海拔高度随纬度变化

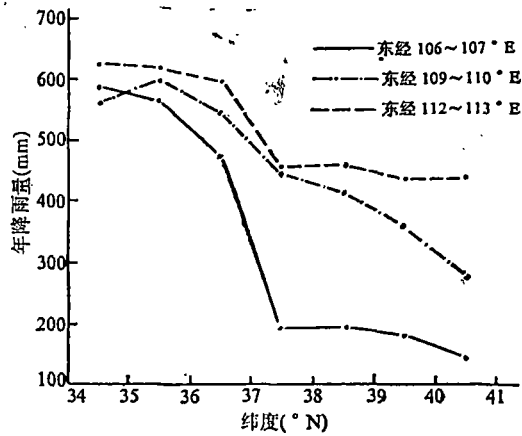


图2 降雨量随经、纬度的变化

各方程均达极显著水平。

在黄土高原纬度范围内，降雨量与纬度的单相关亦很显著，其单相关系数：年降雨量为-0.731、秋季-0.773、春季-0.718、夏季-0.465、冬季-0.477，临界相关系数 $r(229,001)$

表2 黄土高原降雨量与纬度关系方程参数表

项 目	参 数		方 程 检 验		
	a	b	决定系数	方差比	临界方差
年降雨量	84 326.64	-0.143 5	0.738	272.3	自由度 f_1 为1、 f_2 为228时 $F(0.01) = 6.76$
春季降雨量	426 704.30	-0.235 6	0.737	271.2	
夏季降雨量	4 844.47	-0.082 4	0.446	56.7	
秋季降雨量	131 762.30	-0.193 4	0.785	367.0	
冬季降雨量	79 615.50	-0.245 0	0.457	60.1	

= 0.320, 均达极显著水平。由此可得黄土高原降雨量随纬度的平均变化率, 随纬度每升高 1° 年平均降雨量约减少 60mm; 春季约 18mm; 夏季约 17mm; 秋季约 21mm; 冬季约 3mm。

在不同经度带内降雨量随纬度的变化率亦有差异 (图 2)。图 2 表明: 东部地区, 年降雨量的南北差异小, 西部地区大。如在东经 112°~113° 正带内, 年平均降雨量南北最大相差 194.3mm (约 27.8mm/纬度, 在 109°~110° 带内南北差异 325.4mm (约 46.5mm/纬度), 而在 106°~107° 经度带内南北差异 446.1mm (约 63.7mm/纬度)。

(二) 降雨量的经度地带性 黄土高原位于我国腹地, 周围附近无大的水域, 东面的太平洋是该区主要水汽来源之一。来自海上的暖湿气流经华北平原, 翻越太行山脉, 进入黄土高原, 并在大气环流作用下, 继续从东向西输送, 从而使该区降雨量出现经度地带性 (图 3)。降雨量随经度增大 (即从西向东) 而有增加之趋势。在东经 105°~114° 经度带内, 降雨量随经度增大而增加, 直线相关分析表明: 年降雨量随经度的变化率约为 26mm/经度 (°E), 夏季为 17mm/经度 (°E)。在东经 100°~105° 经度带内, 由于印度洋上暖湿气流沿雅鲁藏布江北上^[2] 及其青藏高原的影响, 使该范围内降雨量随经度变化近似为抛物线, 在东经 102° 以西, 海拔高度 2 300m 以上的青海东部, 甘肃的部分地区, 随经度的减小降雨量减少。

降雨量的经向变化率在不同纬度带内是不同的 (图 2), 降雨量的经向差异南部小, 北部大, 如在北纬 34°~35° 纬度带内, 年降雨量东西差异 80mm (约 13mm/经度, 而在北纬 40°~41° 带内东西差异 300mm (约 50mm/经度)。

四、黄土高原降雨量的垂直地带性

海拔高度是影响降雨量垂直分布的重要自然因子, 由于它的影响, 常使降雨量的水平地带性发生变异。

(一) 黄土高原山地降雨量的垂直分布 山地降雨量随海拔高度分布的研究较多, 一般认为, 随海拔高度升高, 降雨量增大, 但到某一临界高度后, 则随海拔高度升高降雨量减小。对于不同地区, 山地降雨量随海拔高度的分布规律是有差异的, 现将黄土高原范围内主要山地降雨量随海拔高度变化特征分述如下。

秦岭山地降雨量随海拔高度分布^[3] (图 4)。降雨量随海拔高度变化可用 $R_z = R_h + b [(2H - h)z - (2H - h)b]$ 来拟合。

式中: R_z 为任一海拔高度 Z 处的降雨量 (mm); R_h 为参考海拔高度 h 处的降雨量 (mm);

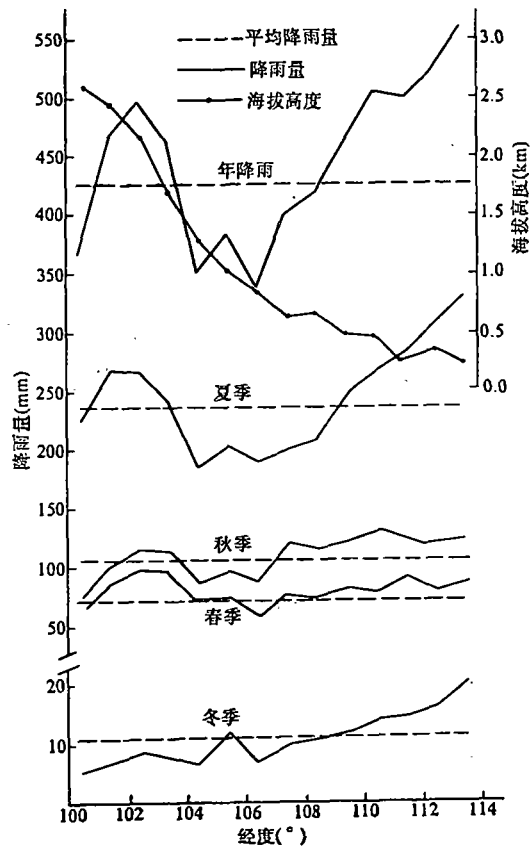


图 3 黄土高原年、季降雨量及海拔高度随经度变化

H 为最大降雨量高度 (海拔高度 m); b 为参数 (表 3)。图 4 及表 3 表明: 秦岭山地降雨量除冬季外, 南坡比北坡多, 在海拔 1 000m 以下, 南坡比北坡多 100~200mm, 在海拔 1 000~

2 000m, 南坡比北坡多50~100mm。秦岭山地降雨量最大海拔高度1 350~2 500m, 夏季北坡高于南坡, 冬季与夏季相反, 年最大降雨量海拔高程北坡比南坡高100m。年降雨量垂直递增率南坡为5.7mm/100m, 北坡19.2mm/100m。季节降雨量垂直递增率, 夏季南坡为2.9mm/100m, 北坡为10.0mm/100m, 冬季很小, 且南北差异不大, 南北坡分别为1.2mm/100m和1.3mm/100m。

六盘山区年降雨量随海拔高度升高而增多, 不同坡向的分布趋势略有不同(表4)。据固原地区农业气候区划资料, 海拔高度为2 600m年降雨量最大, 但背风坡略高于此线, 迎风坡东坡年降雨量比背风坡西坡多; 年降雨量垂直递增率, 迎风坡约37.7mm/100m, 而背风坡为26.8mm/100m。

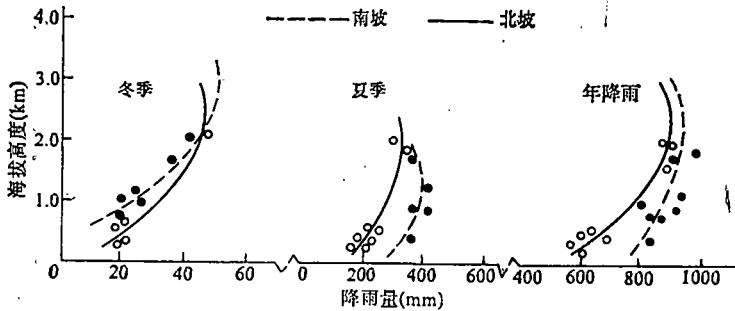


图4 秦岭山地降雨量随海拔高度变化

祁连山区各流域年降雨量随海拔高度的分布, 如图5^[4]。山区降雨量以山麓地区最少, 随海拔高度升高, 年降雨量逐渐增多, 在2 700m左右降雨量最大, 之后, 又随着海拔升高降雨量减小。黄洋河流域降雨量的垂直分布有待进一步分析。

(二) 黄土高原地区降雨量随海拔高度

分布 就整个黄土高原地区而言, 降雨量与海拔高度的关系较复杂, 如图1。降雨量随海拔高度增加而有递增之趋势, 图3表明: 在东经105°以东的黄土高原地区, 降雨量随海拔高度的升高而有递减之趋势, 黄土高原230个气象站降雨量与海拔高度相关分析表明, 二者之间呈负相关, 这与山地降雨量垂直分布相反, 与其它大范围地区降雨量与海拔高度关系结论一致。

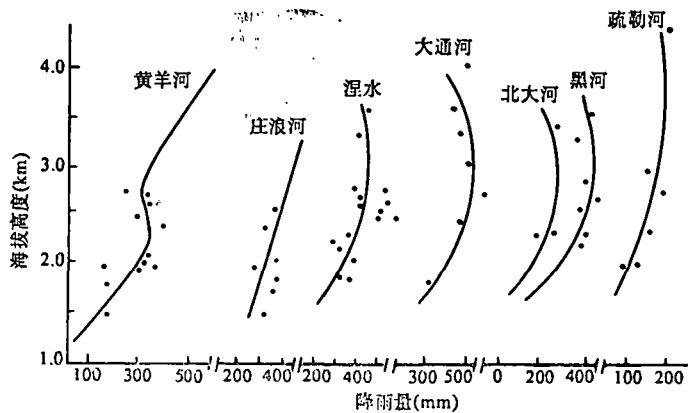


图5 祁连山各流域降雨量与海拔高度关系

黄土高原不同海拔高度区间内, 平

表3 秦岭山地最大降雨量海拔高程与参数b

项 目	北 坡			南 坡		
	年	冬 季	夏 季	年	冬 季	夏 季
最大降雨量海拔高程	2 300	2 500	1 900	2 200	2 900	1 350
参 数 b	0.000 089	0.000 006413	0.000 061	0.000 037 280	0.00 000 7969	0.00 0087 29

均降雨量与平均海拔高度关系, 如图5。降雨量与海拔高度的变化趋势近似为抛物线。年降雨量随海拔高度变化可用:

$$R = 668.29 - 0.278h + 7.687 \times 10^{-6}h^2$$

拟合。式中R为多年平均降雨量 (mm)，h为海拔高度 (m)。方差比 $F = 32.7$ ，临界方差 $F_{2, 227}^{(0.01)} = 4.7$ 表明方程达极显著水平。极值分析表： $h = 1807\text{m}$ 时，年降雨量最少，为400mm，表明：（平均而言）海拔低于1800m的地区，年降雨量随海拔高度增加而减少(图6)。在大范围内降雨量随海拔高度的变化关系有待进一步研究。

表4 六盘山东西两侧年降雨量与海拔系数关系

迎风坡(东侧)			背风坡(西侧)		
站 点	海拔(m)	年降雨量(mm)	站 点	海拔(m)	年降雨量(mm)
六盘山	2 840	676.9	六盘山	2 840	676.9
大南川	2 170	820.9	山河	2 180	598.1
泾源	1 942	650.7	隆德	2 112	556.5
沙南	1 720	638.3	沙塘	1 900	515.6
平凉	1 347	515.9	静宁	1 650	479.3

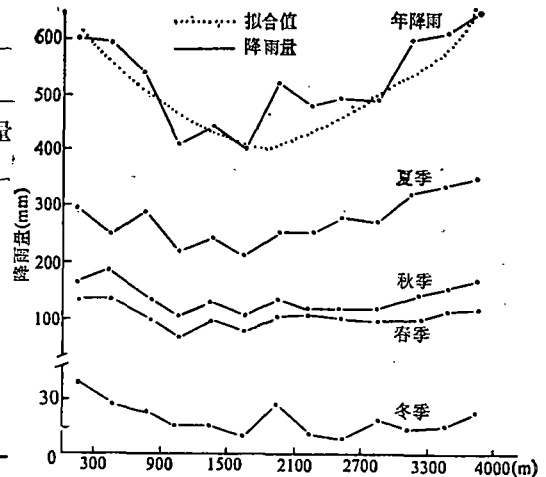


图6 黄土高原年、季降雨量垂直地带分斗

五、结 语

1. 黄土高原深居我国大陆腹地，年平均降雨量不足500mm，年内分配极不均匀，夏季集中了年降雨量的50%以上，而冬季仅占3%，降雨量季节分配特点：冬干、春旱、夏多、秋少。

2. 降雨量具有明显的水平地带性规律。随纬度升高降雨量减少符合指数函数规律，降雨量随经度变化从东向西逐渐减少。降雨量的水平变化率，随纬度每升高 1°N 年降雨量平均减少0mm，随经度每升高 1°E 年降雨量平均增加26mm。降雨量的水平变化率在降雨量多的地区小，降雨量少的地区大。

3. 降雨量的垂直分布，对于黄土高原范围内的山地，随海拔高度升高降雨量逐渐增多，到某一高度（降雨量最大值）后，又随高度继续升高而减少，年最大降雨量的海拔高度一般为2300~2700m，降雨量多的地区，最大降雨量出现的海拔高度低。不同山地降雨量垂直递增率不同。由于整个黄土高原大范围地区降雨量与海拔高度的关系较为复杂，有待于今后进一步分析研究。

参 考 文 献

- [1] 么枕生. 《气候学原理》. 北京: 科学出版社, 1965年, 第1版
- [2] 钱林清. 《黄土高原气候》. 北京: 气象出版社, 1990年, 第1版
- [3] 李兆元等. 秦岭山地的气候特点. 《山地气候文集》, 北京: 气象出版社, 1984年, 第1版
- [4] 翁笃鸣等. 《山区地形气候》. 北京: 气象出版社, 1990年, 第1版.
- [5] 汤懋苍. 祁连山区降水的地理分布特征. 《地理学报》, 1985年, 第4期