

黄土高原降水量与地理因素关系分析

穆兴民 陈国良 徐学选

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要

黄土高原地区多年平均降水量的空间分布趋势主要决定于地理位置和海拔高度,纬度>经度>海拔高度作用。东南及东部气流支配着黄土高原降水。综合因素(植被盖度、坡向、坡度等)对降水有显著影响。

关键词 黄土高原 降水量 趋势面 地理因素

1 引 言

降水是重要的气候要素之一,也是自然界的一项重要的气候资源。研究降水的时空分布规律是认识一地气候特征和合理开发利用气候资源的基础,也是地理气候学研究的重要内容之一。

降水的空间分布受到多种因素制约,概括起来可分为地理条件、气象条件和天文条件。气象条件和天文条件是不稳定的、易变的。地理条件是气象条件和天文条件对降水影响的外部直观表现,它对降水分布的影响可看作相对稳定的因子,故就静态或多年平均降水量,某地降水量可认为是地理条件的函数:

$$R = R(\varphi, \lambda, h, G) \quad (1)$$

它表示,某地多年平均降水量是地理纬度 φ 、经度 λ 、海拔高度 h 及综合因素 G (如植被盖度、坡度、地形等)的函数。在未完全搞清这些因素特别是千变万化的综合因素 G 与降水的内在关系之前,要客观的确定(1)式的精确解析表达式,模拟降水量的空间分布,即使在计算技术及工具相当发达的今天仍非易事。关于 G 与降水关系,近年来做了一些工作,但都集中于孤立山体中海拔高度与降水关系研究^{[1][2]},并指出降水量随海拔高度升高而增大,当海拔超过2300~2700m之后随海拔高度升高而减小,而植被对降水的效应多为模拟模型的研究和实测资料的定性分析,指出:提高植被覆盖度能有效增加地区降水量。而对于其他因素则少有报道。但是地形、植被等对降水影响往往难以分开,有时只是有主次之分而已。本文拟用趋势面分析方法,研究黄土高原降水空间分布趋势,综合分析 G 对局地降水量的效应,并试图对黄土高原地区干旱的原因做以解释,同时也为无雨量观测区降水量估算提供一种参考方法。

2 趋势面分析原理

气候要素的空间分布特征之一,是它具有显著的区域性。而以数学模型方法来模拟气候要素的空间分布及其区域性变化趋势的方法称趋势面分析^[3]。降水量空间分布的实际曲面可分解为趋势面和剩余曲面两部分:

实际曲面(R) = 趋势面(R') + 剩余曲面(R₀) (2)

R' 反映了降水量大小产生的气候背景或区域性变化规律, R₀ 为剩余曲面,反映了降水量的局部异常,受局地因素所控制。

多年平均降水量的空间分布趋势主要为地理位置(φ、λ)、海拔高度(h)所控制,因此,降水量趋势面模型:

R' = R'(φ、λ、h) (3)

(3)式可用多项式来拟合,其二次多项模型为:

R' = b₀ + b₁φ + b₂λ + b₃h + b₄φ² + b₅λ² + b₆h² + b₇φ·h + b₈φλ + b₉λh (4)

那么 R₀ 为:

R₀ = R - R' (5)

3 黄土高原地区降水量趋势面与分析

3.1 地理因素对降水分布的影响

用黄土高原地区(100°~114°E, 34°~41°N) 230 个气象站多年平均降水量(15 年以上平均值)及气象站所在地理位置、海拔高度资料,首先分析三个地理参数及其组合共九项与降水量关系,相关系数如表 1。表中 γ·x 表示降水(年或季)与因素 X 的相关系数(如

表 1 降水与地理因素的相关分析

相关系数	γφ	γ·λ	γ·h	γ·φ ²	γ·λ ²	γ·h ²	γ·φλ	γ·φh	γ·λh
年降水	-0.731***	0.332***	-0.192*	-0.727***	0.335***	-0.037	-0.437***	-0.251***	-0.196*
春季降水	-0.718***	0.143*	-0.153*	-0.713***	0.144*	-0.032	-0.525***	-0.209**	-0.161*
夏季降水	-0.465***	0.394***	-0.087	-0.464***	0.401***	-0.062	-0.183**	-0.128*	-0.087*
秋季降水	-0.773***	0.243***	-0.257***	-0.769***	0.242***	-0.137*	-0.518***	-0.319***	-0.262***
冬季降水	-0.477***	0.470***	-0.365***	-0.472***	0.473***	-0.240***	-0.163*	-0.398***	-0.365***

注: ***指达0.001信度水平,**指达0.01信度水平,* 指达0.05信度水平(t检验)

γ·φ 表示降水(与纬度 φ 的相关系数)。除个别项外,大部分项与降水量相关达 0.001 显著性水平。根据相关系数的正负,表 1 表明:随纬度升高,经度减小,降水量减少,因而降水以西北区最少。就整个黄土高原地区平均而言(而不是某一特定小地区或地点),降水随海拔高度的升高表现出递减之倾向,这与某些大尺度范围内降水与高度关系一致^[4]。影响黄土高原地区降水量空间分布的三大地理因素中,各因素大小次序为:纬度>经度>海拔高度,即地理位置作用大于海拔高度作用。

3.2 降水量的空间分布趋势

根据最小二乘法原理,建立黄土高原地区年、季降水二次趋势面模型,模型参数及其

检验如表 2、表 3。表明 F 检验达 0.01 信度水平,复相关系数大部分在 0.800 以上。方差拟合率达 75% 以上, 年降水量方差拟合率达 82%,即纬度、海拔、经度的二次多项式反映了年降水量空间变异(波动)的 82%。故黄土高原地区,尽管地貌丘陵起伏,沟壑纵横,但

表 2 黄土高原年、季降水趋势面模型参数

变量*	φ	λ	h	φ^2	λ^2	h^2	$\varphi\lambda$	φh	λh		模型
参 数	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}	
年降水	-767.71	230.23	0.14	4.39	-1.38	-2.00×10^{-5}	3.21	1.85×10^{-2}	-5.6×10^{-3}	974.0	I
春季降水	-248.32	37.44	-0.47	3.15	-0.14	8.34×10^{-7}	-0.12	6.34×10^{-3}	2.54×10^{-3}	2960.7	II
夏季降水	-289.21	310.0	2.60	-0.86	-1.68	-5.54×10^{-5}	2.98	5.39×10^{-3}	-2.38×10^{-3}	-13887.2	III
秋季降水	-310.70	145.31	-0.62	1.24	-0.94	9.28×10^{-6}	1.70	8.09×10^{-3}	3.03×10^{-3}	-1640.5	IV
冬季降水	43.82	-92.23	-0.50	0.94	0.59	7.23×10^{-6}	-1.08	-6.0×10^{-4}	4.74×10^{-3}	4425.4	V

* 变量单位: φ, λ 为度, h 为米

表 3 模型显著性检验及拟合效果

项 目*	回归平方和	残差平方和	总平方和	方差比 $F^{(1)}$	R	$I^{(2)}(\%)$	$S_E^{(3)}$
年 降 水	4387000.5	961599.4	5348599.8	111.5	0.906	82	66.1
春季降水	327228.0	192050.1	519278.1	41.7	0.794	63	29.5
夏季降水	880722.8	248366	1129089.0	86.7	0.883	78	33.6
秋季降水	469937.0	112528.1	582465.1	102.1	0.898	81	22.6
冬季降水	21236.8	11004.2	32241.0	47.2	0.812	66	7.1

1) 方差拟合率。 2) 均方误。

地理位置及海拔高度仍是影响高原降水量空间分布的主要地理因子。

利用降水趋势面模型,绘制黄土高原降水量的空间分布趋势。图 1 为年降水量分布趋势,它与实际降水量空间分布^[5]虽有不同,但它反映了在大气环流作用下,黄土高原年降水量随地理位置、海拔高度变化的总趋势。其趋势等值线在东部太行山区,以南北走向为主,向西北腹地则以东北—西南走向为主,在东部及西北等值线梯度大。年降水趋势由东南部的 650mm 逐渐降到西北边缘临河县的 150mm。西部的海东地区因受青藏高原影响,等值线以东西走向为主。由此推断:黄土高原主体,年降水形成以东南及东来暖湿气流为主。

3.3 综合因素 G 对局地降水的影响

实测降水减去经度、纬度及海拔高度影响之后的剩余值即为综合因素 G 对降水的局部效应,可由(5)式来确定, R_G 为正,表示实测降水量大于理论值, R_G 为负则表示实测降水量小于理论值(趋势值 R')。年降水量的 R_G 空间分布如图 2。可以看出,不同强度、不同符号的 R_G 成片状分布。

R_G 负值区主要有三个区:(1)气流下沉造成实际降水量减少。I 区为太行山西坡与吕梁山之间的汾河谷地,II 区为秦岭北坡与北部关中北山之间的渭河谷地。主要是:由于东进或北上的暖湿气流翻越太行山或秦岭之后,沿山坡下沉,使这些夏季风较强地区降水量比理论值低。其中 I 区实际年降水比理论值低 1%~17%,平均 7%,II 区低 1%~7%,平均

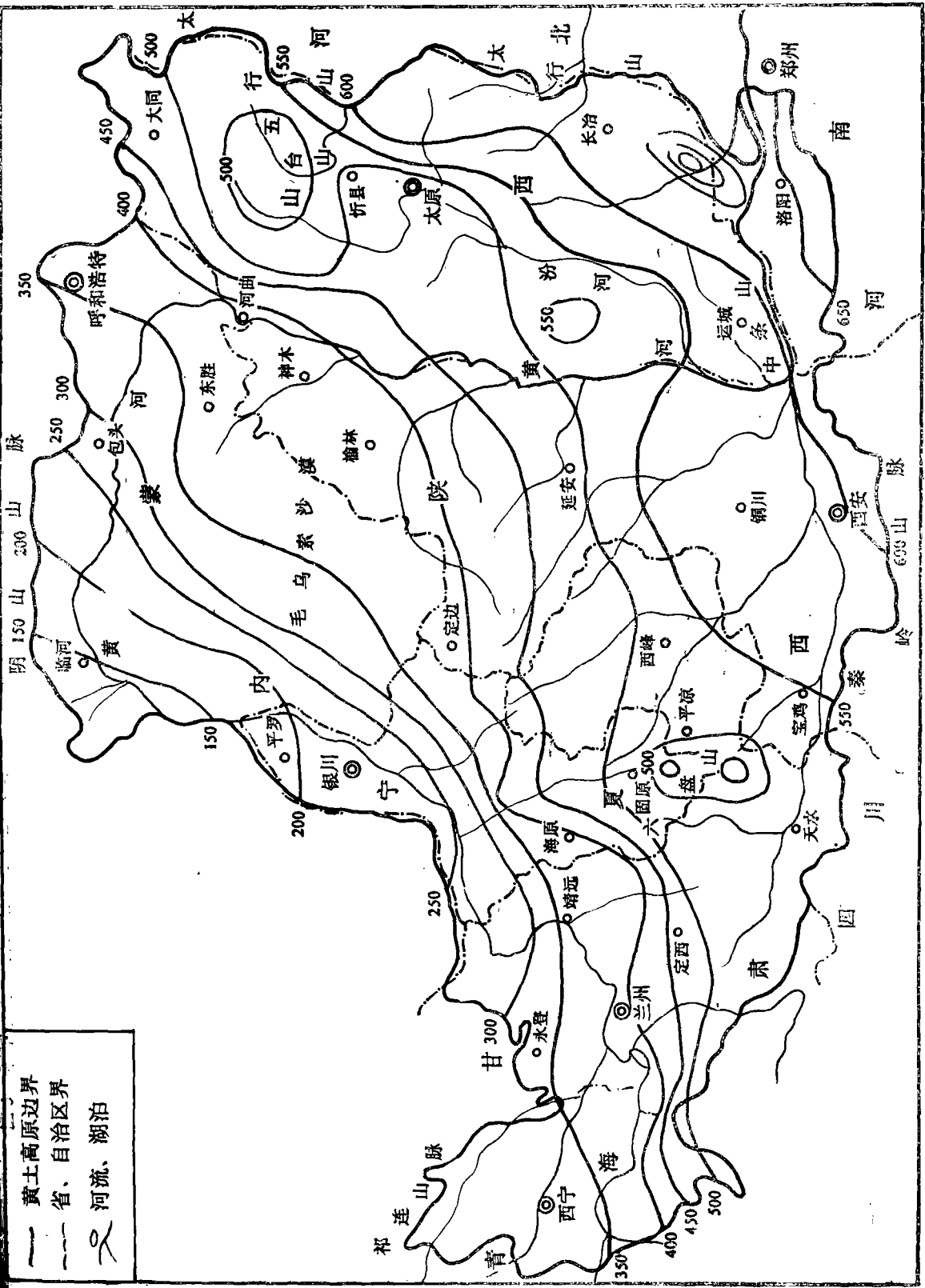


图 1 黄土高原地区年平均降水量趋势图 (mm)

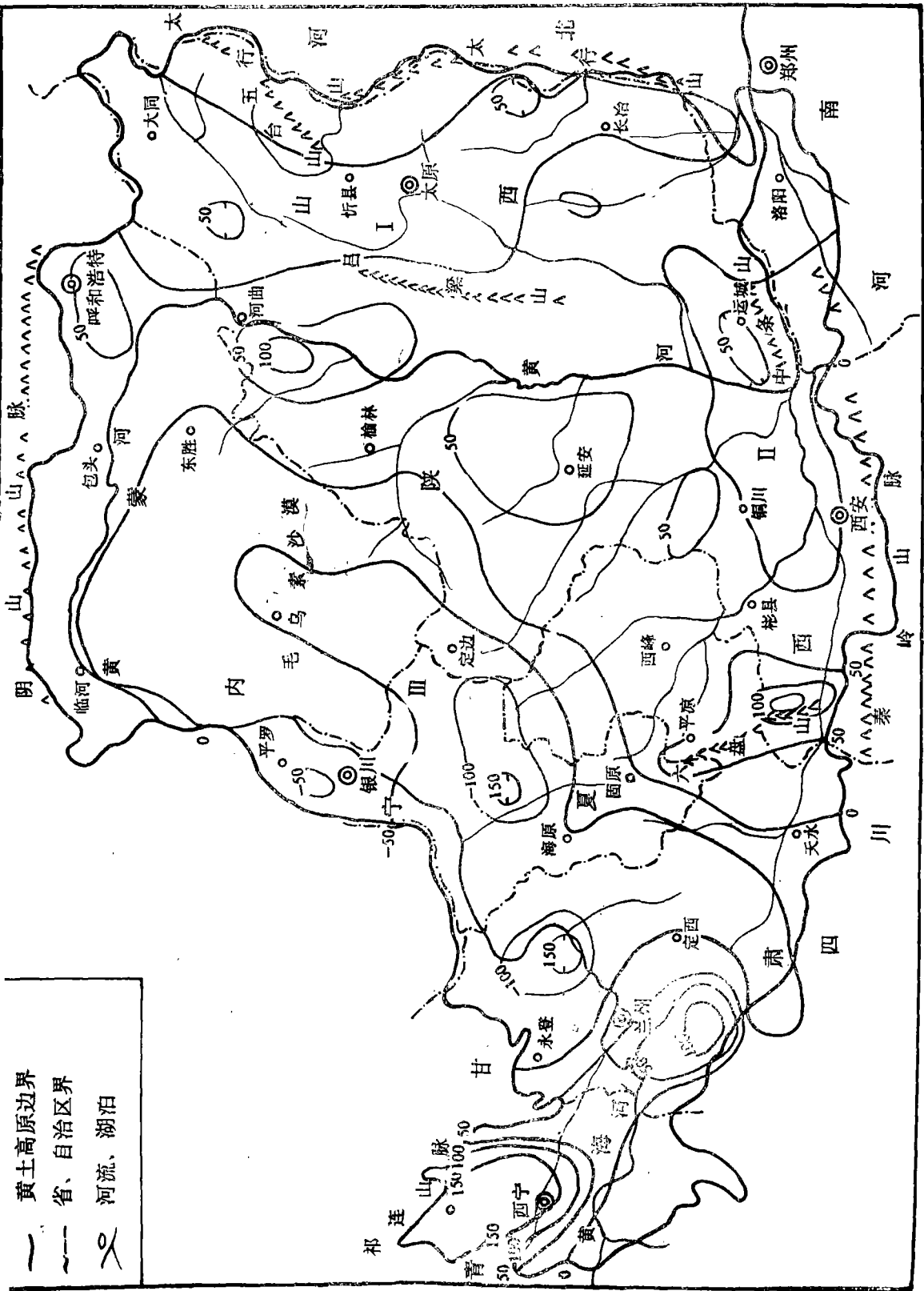


图 2 黄土高原地形图

5%。(2)主要由于植被条件差等造成实际降水量减少。Ⅲ区为黄土高原西北部,这里远离暖湿空气源地,高原的整体抬升,并且高原东边和南边的高大山脉太行山、秦岭阻挡了夏季风的西进和北上,过山之后又遇吕梁山、关中北山等一系列高山、丘陵,使空气中的水汽含量愈向西北愈小,导致高原西北部趋势降水在150~400mm以下。但由于植被盖度小,使这里实际降水比理论值更低,年降水低1%~43%,平均14%。大量理论研究和事实也说明了这一点。Charney·J.^[6]、R. A. Anthes^[7]、崔启武^[8]、傅抱璞^[9]及罗贤哲^[10]等通过模拟研究指出:提高植被覆盖度能降低下垫面反射率,提高土壤湿度等,使进入大气中的水汽总量显著增加,大尺度的上升运动及小尺度的对流活动加强,从而能有效的提高地区降水量,并使持续无降水日缩短。崔启武(1964)模式估算:若黄河流域大面积种草种树和实现水利化后,可使降水量增加7.3%;傅抱璞(1981)模式估算,西北地区(黄土高原位于该区东部)全面绿化后,下垫面反射率可能比现在减小9%,使夏季降水可能增加110mm,春、秋季分别可能增加35mm和27mm,冬季约4mm。窦景新^[11](1984)实测资料也说明了森林植被好的地方降水多,山西省沁源县与襄垣县(36.5°N),相距较近,海拔高度相差120余m,但沁源森林覆盖度40%,襄垣仅2.5%,十余年平均降水量,沁源(662.8mm)比襄垣(526.7mm)多26%,其中春季前者比后者多23mm,这些观测事实还很多。从历史时期的气候与植被条件看,人为破坏植被是造成黄土高原干旱原因之一。因此,除一些人类难以改变的因素外,对黄土高原大力植树种草,提高植被覆盖度是改善生态环境,增加该区降水量,减小干旱危害的措施之一。

剩余曲面的正值中心,1)为山地,当然这些山地地区森林覆盖度也好,但地形作用大于森林植被作用。如六盘山—陇山地区,陕西北部的黄龙山、白于山等,其中六盘山—陇山的突起等原因,使其所在区年实际降水比理论值多1%~31%,平均约16%,使六盘山区成为黄土高原中的“湿岛”。2)海东地区的迎风坡,主要是孟加拉湾暖湿气流沿雅鲁藏布江而上,到达海东地区之后受地形抬升作用并沿祁连山南坡而上,使该区实际降水比趋势理论值高0~150mm,提高1%~37%,平均18%。而积石山、临夏、渭源等由于植被及地形等作用使实际降水比理论值高0~100mm。

4 讨 论

通过以上分析,说明地理位置、海拔高度决定了黄土高原降水的空间分布基本趋势,综合因素(植被、地形、坡向)使所在地区实际降水增加或减少,从而使降水的空间分布趋势发生变异。大量研究已经说明:受地形抬升作用,气流沿迎风坡上升降水增加,而沿背风坡下沉会使降水减少。许多事实及理论模拟都说明:植被覆盖度的提高能增加降水量,特别是森林的水文效应更显著。地形、植被等综合因素由于变化多样、结构复杂,它对降水的效应往往也是复杂多变,难以区分。因此在未解决精确模拟综合因素对降水的效应之前,我们尝试将纬度、经度及海拔之外的因素综合考虑,研究它们对降水的综合效应,结果较为理想,但仍有必要进一步深入探求更加理想、更加符合实际的方法,为黄土高原综合治理干旱风沙危害提供依据。

黄土高原地区降水测站较少,利用此方法也可进行无降雨观测区降水量估算。具体作法是先测定估算点的纬度、经度及海拔高度,然后用表2中的模型计算降水趋势值 R' ,

再由 R_G 分布图(图2)查算 R_G , 最后将 R' 及 R_G 相加, 即可确定估测点的降水量。沈国权(1984)^[12] 用类似方法作过湖南省不同网格点的温度推算, 效果良好。

参考文献

- [1] 傅抱璞. 山地气候. 北京: 科学出版社, 1983
- [2] 汤懋荃. 祁连山区降水的地理分布特征. 地理学报, 1985, 40(4)
- [3] 张超等. 计量地理学基础. 北京: 高等教育出版社, 1984
- [4] 金栋梁. 水文要素与高程的关系. 地理研究, 1987, (2)
- [5] 穆兴民、陈国良. 黄土高原牧草生产潜力及其提高途径. 生产潜力与土地承载力网络试验研究, 赵名茶主编, 北京工业大学出版社, 1991
- [6] R.Charney.J.Science, 1975; 187(4175)
- [7] R A Anthes. Enhancement of Convective Precipitation by mesoscale Variation in vegetative Converging in semiarid Regions Journal of climate and Applied Meteorology, 1984, 23(4)
- [8] 崔启武. 人类活动对黄河流域降水量影响的估算. 中国科学院林业土壤研究所集刊, (1), 北京: 科学出版社, 1984; (1)
- [9] 傅抱璞. 人类活动对大气降水影响的估算. 全国气候变化学术讨论会文集, 北京: 科学出版社, 1981
- [10] 罗贤哲. 植被盖度变化对干旱气候影响的数值试验. 地理研究, 1985, (2)
- [11] 窦景新. 森林能增加降水的几个实例. 地理知识, 1984.
- [12] 沈国权. 考虑宏观地形的小网格温度场分析方法及应用. 气象, 1984, (6)

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PRECIPITATION AND GEOGRAPHICAL FACTORS IN LOESS PLATEAU

Mu Xingmin Chen Guoliang Xu Xuexuan

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

Abstract

The paper has studied the distributive tendency of long term average precipitation and the relationship between precipitation and geographical factors, in Loess plateau. The main factor controlling the distributive tendency of precipitation is geographic position and the height above sea level. Their effect orders as follows: latitude longitude height above sea level. The airflow from southeastern or eastern controls the precipitation in loess plateau. Sythetical factors (vegetation cover percentage, direction of slope, degree of slope) also have a remarkable effect on precipitation.

Key words the loess plateau precipitation distributive tendency curve. geographical factor