

文章编号: 1001-8166(2005)09-1041-06

甘肃黄土高原土壤水分气候特征

孙秉强, 张强, 董安祥, 陈少勇

(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, 甘肃 兰州 730020)

摘要 利用甘肃黄土高原42个气象站1961—2000年3~7月降水量和11个农业气象观测站逐年3~11月上旬的土壤重量含水率资料, 分析了甘肃黄土高原土壤水分的地域和时间分布特征。结果表明: 甘肃黄土高原土壤水分从西南向东北减少, 中部有一条从北向南的干舌, 干旱中心在陇中北部, 受六盘山的影响较大; 甘肃黄土高原分为7个气候区: 陇中、陇东土壤严重缺水区, 陇中、陇东土壤季节性缺水区, 土壤水分适宜区, 土壤水分湿润区和甘南高原土壤水分湿润区; 陇中北部和陇东北部土壤严重缺水区浅层土壤严重缺水主要出现在春季和春末夏初, 深层土壤也常年处于缺水状态。季节土壤缺水区浅层主要缺水在5、6月份, 深层土壤水分陇东高于陇中, 适宜区和湿润区无明显土壤缺水时段。

关键词: 甘肃黄土高原, 土壤水分, 气候变化

中图分类号: P461+.4 文献标识码: A

0 引言

陆地水资源源于大气降水, 组成包括3部分: 地表水、地下水和土壤水。对地处半干旱、半湿润地区的黄土高原雨养农业区来说, 只考虑地表水和地下水, 而忽略土壤水是不完整的^[1]。黄土高原深厚的黄土覆盖为降水资源转化为土壤水分创造了得天独厚的条件, 研究黄土高原土壤水分的变化对有效利用水资源和生态保护有重要意义^[1, 2]。在地表、大气和土壤之间存在不断的水分交换, 土壤水分对气候变化起着非常重要的作用, 它通过地表蒸发和植物蒸腾作用影响气候; 同时, 气候变化也直接引起土壤水分的变化^[3]。特别是地处内陆的黄土高原, 陆地表面的蒸发对降水的贡献较大, 而蒸发与土壤水分密切相关, 特别是土壤水分对中小尺度天气过程能起到调节作用^[4, 7, 10]。有关甘肃黄土高原土壤水分变化特征(主要针对某单点)的研究较多, 如张国胜^[5]对青海东部农业区旱地土壤水分演变特征的

分析和邓振镛^[6]对甘肃省土壤水分变化特征与分区的研究等, 而对甘肃黄土高原土壤水分的气候分析相对较少, 为了进一步认识黄土高原土壤水分的气候规律, 本文对甘肃黄土高原多年土壤水分资料进行了气候分析。

1 资料和方法

由于土壤水分观测站点密度小, 3~7月是甘肃黄土高原主要农作物生长期, 土壤水分的主要来源是降水^[5, 10], 所以我们利用甘肃黄土高原42个气象站1961—2000年3~7月平均降水的变差系数(刻画观测期间气象要素变化剧烈程度的相对量)和降水量多年平均分布状况对甘肃黄土高原进行气候分区。

使用11个农业气象观测站从建站(年代不一, 最早1981年, 最迟1988年)到2000年逐年3~11月上旬的土壤重量含水率(以下简称土壤水分, 单位:%)旬资料作为研究对象, 选取其中的靖远、环

* 收稿日期: 2005-05-11; 修回日期: 2005-07-13。

* 基金项目: 甘肃省科技攻关项目“甘肃干旱生态环境对全球气候变暖的响应及减灾技术的研究”(编号: 2GS042-A44-017)资助。

作者简介: 孙秉强(1964-), 男, 甘肃定西人, 工程师, 主要从事天气气候变化和灾害性天气预报方法研究。

E-mail: bq_sun122@126.com

县、西峰、定西、北道、成县和玛曲等有固定地段测湿的站作为代表站 对该区土壤水分变化进行分析。

其它有关统计量的计算方法如下：

(1) 土壤重量含水率 = 土壤含水量 / 干土重 * 100%。

(2) 变差系数 C_v ：

$$C_v = \frac{S}{R}$$

其中 S 为标准差 R 为降水量平均值。

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$$

(3) 用一、二阶主值函数：

$$f_1(t) = C_0 + C_1 t$$

$$f_2(t) = C_0 + C_1 t + C_2 t^2$$

拟合土壤水分随时间(t)的变化趋势 其中 t 表示年份序号 C_0, C_1, C_2 为系数 用最小二乘法求得；通过相关系数检验检测趋势的显著性。

2 黄土高原气候分区

黄土高原土壤水分与降水量之间有很好的一致性 而有降水量资料的气象站是 42 个,有土壤水分资料的气象站相对较少,为了确保气候分区的稳定性和合理性 采用降水变差系数为一级指标,3~7 月降水量多年平均值为二级指标,将甘肃黄土高原划分为 7 个气候区域(图 1,其中 C_v 值扩大了 100 倍),每个气候区域选一个代表站进行分析。

(1) 陇中土壤严重缺水区(A1 区): $C_v > 0.30$ 且降水量 < 200 mm,为陇中黄土高原北部,包括白银市的白银区、平川区、靖远和景泰县,兰州市的永登、皋兰县 靖远为代表站。

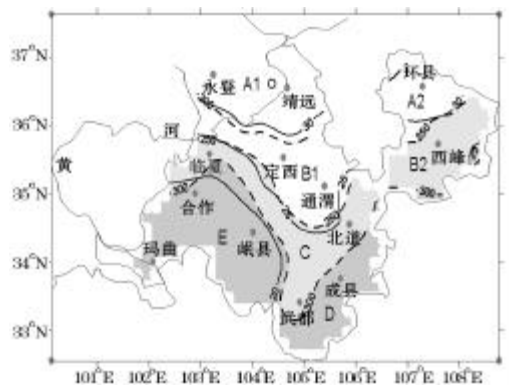


图 1 黄土高原气候区域划分图
Fig.1 The climate regional partition picture of loess plateau

(2) 陇东土壤严重缺水区(A2 区): $C_v > 0.30$ 且降水量 < 200 mm,为陇东黄土高原北部,包括庆阳市的环县和华池 环县为代表站。

(3) 陇中季节性土壤缺水区(B1 区): $0.25 < C_v < 0.30$ 且降水量 < 250 mm,陇中黄土高原中部,包括榆中、定西市北部、白银市南部、平凉市六盘山以西地区 定西为代表站。

(4) 陇东季节性土壤缺水区(B2 区): $0.25 < C_v < 0.30$ 且降水量 < 250 mm,包括庆阳市南部、平凉市六盘山以东地区 西峰为代表站。

(5) 土壤水分适宜区(C 区): $0.20 < C_v < 0.25$ 且降水量 < 300 mm,包括天水市大部、定西市西南部、临夏大部、甘南大部、陇南地区西北部,北道为代表站。

(6) 土壤水分湿润区(D 区): $0.20 < C_v < 0.25$ 且降水量 > 300 mm,主要是陇南市徽成盆地,成县为代表站。

(7) 甘南高原土壤水分湿润区(E 区): $C_v < 0.20$,包括甘南大部、定西市的岷县 玛曲为代表站。

通过分区可以看出,甘肃黄土高原的土壤水分以及降水量的分布受六盘山的影响较大。

3 土壤水分地域分布特征

用 11 个农业气象观测站 1988—2000 年 3~7 月 20~30 cm 的平均土壤水分值绘制等值线(图 2),从中可以看出：

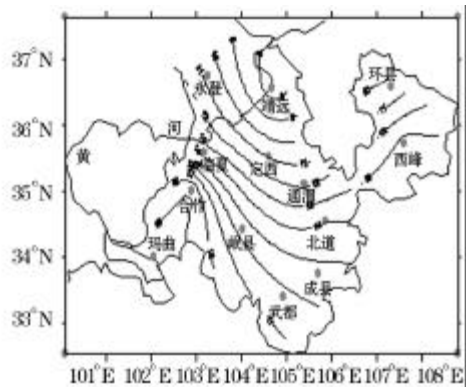


图 2 甘肃黄土高原 20~30 cm 土壤水分空间分布
Fig.2 Gansu loess plateau the space distribution of the soil moisture content of 20~30 cm

(1) 甘肃黄土高原土壤水分地域分布与年降水量分布大体一致,看来土壤水分的主要来源是降水,这与邓振庸^[6]的研究结果一致。

(2) 甘肃黄土高原土壤水分从南到北逐渐减少,高值中心在甘南高原低温阴湿地区,北道—临夏一线是分界线,向北存在土壤缺水现象,并逐渐加重,而南部很少有土壤缺水现象,甘肃黄土高原土壤水分是南湿北干。

(3) 陇中北部和陇东北部土壤水分小于13%,土壤常年处于缺水临界值以下^[9],是黄土高原土壤严重缺水地区。

(4) 黄土高原中部有一条从北向南的干舌存在。六盘山东西两侧土壤缺水程度存在差异,东部略好一些,同纬度相差2%左右。这可能是受六盘山阻挡东南季风影响所致。

4 土壤水分多年平均垂直剖面分布特征

4.1 陇中土壤严重缺水区(A区:图3a、3b)

(1) 土壤严重缺水区(A¹区和A²区)的土壤长期处于缺水状态,土壤水分多年平均值在6%~13%之间,陇中区比陇东区更差。

(2) 土壤水分稳定性很差,变差系数大,与其降水量少而不稳定具有一致性,不仅表现在浅层(浅层土壤指0~30cm,深层为30cm以下),30cm以下也不稳定。

(3) 浅层土壤严重缺水主要在春季和春末夏初,土壤水分多年平均值在10%以下,与该区是春旱和春末夏初干旱多发区相一致^[8]。

(4) 深层土壤常年处于缺水状态,80~100cm土壤水分多年平均值小于10%。

(5) 在6~8月中旬,随着降水逐渐增多,浅层土壤水分有所增加,并向深层输送,9月以后降水量减少,土壤水分下降。

4.2 季节性土壤缺水区(B区:图3c、3d)

(1) 季节性土壤缺水区(B¹区和B²区)的土壤是季节性缺水,主要表现在5、6月份,该区土壤水分多年平均值在9%~21%之间,陇中区比陇东区差。

(2) 陇中区(图3c)和陇东区(图3d)10~100cm土壤水分多年平均值垂直剖面分布非常相似,浅层土壤缺水时间在5~6月,与该区是春末夏初干旱多发区相一致^[8],不同的是陇中区在5月下旬有一短暂浅层土壤改善,与该区第一场10mm降水多年平均出现日期相吻合。

(3) 陇东区深层土壤水分较好,土壤水分低值区在30~60cm之间,在5月中旬到6月中旬出现,陇中区深层土壤水分较差,土壤水分低值区比陇东区深,在60~90cm之间,在7月上旬到8月上旬出现。

(4) 浅层土壤水分较好时段不同,陇东区在7~9月之间,陇中区在8~10月之间,土壤水分多年平均值在16%以上。

(5) 随着降水逐渐增多,从7~10月浅层土壤水分有所增加,并向深层输送,10月以后降水量减少,土壤水分缓慢下降。

4.3 土壤水分适宜区(C区:图3e)

(1) 从该区10~100cm土壤水分多年平均垂直剖面图可以看出,该区土壤水分适宜,在11%~20%之间。

(2) 耕作层土壤水分比较稳定,在13%以上,无明显的土壤缺水时段。

(3) 土壤水分相对低值区在80~100cm之间,6月出现。

(4) 浅层土壤水分从5月下旬到10月上旬逐渐增加,从11月上旬开始下降,进入冬季失墒期,5月降至最低值。

4.4 土壤水分湿润区(D区:图3f)

(1) 从该区10~100cm土壤水分多年平均垂直剖面图可以看出,该区土壤水分较好,在14%以上。

(2) 耕作层土壤水分比较稳定,在15%以上,无土壤缺水时段。

(3) 土壤水分相对低值区在30~90cm之间,出现在5月中旬到6月中旬。

(4) 浅层土壤水分有2个峰值,即6~7月和9~10月,也有2个相对低值,即5月和8月。

4.5 甘南高原土壤水分湿润区(E区:图3g)

(1) 该区土壤水分较好,常年在20%以上。

(2) 耕作层土壤水分比较稳定,无土壤缺水时段。

(3) 土壤水分相对低值区在50~70cm之间,出现在4月。

(4) 浅层土壤水分有2个峰值,即5月和8月,也有1个相对低值,出现在4月。

5 时间分布特征

选取各气候区代表站20~30cm土壤水分采用一、二阶主值函数和年滑动平均拟合土壤水分随时间(t)的变化趋势,进行时间序列分析(图4),并和同期降水趋势进行对比,有以下特点:

(1) 陇中黄土高原季节性土壤缺水区的土壤水分有上升趋势,1988—2000年上升了3.8%,峰值21.8%(2000年6月下旬),谷值3.5%(1991年7月中旬)。

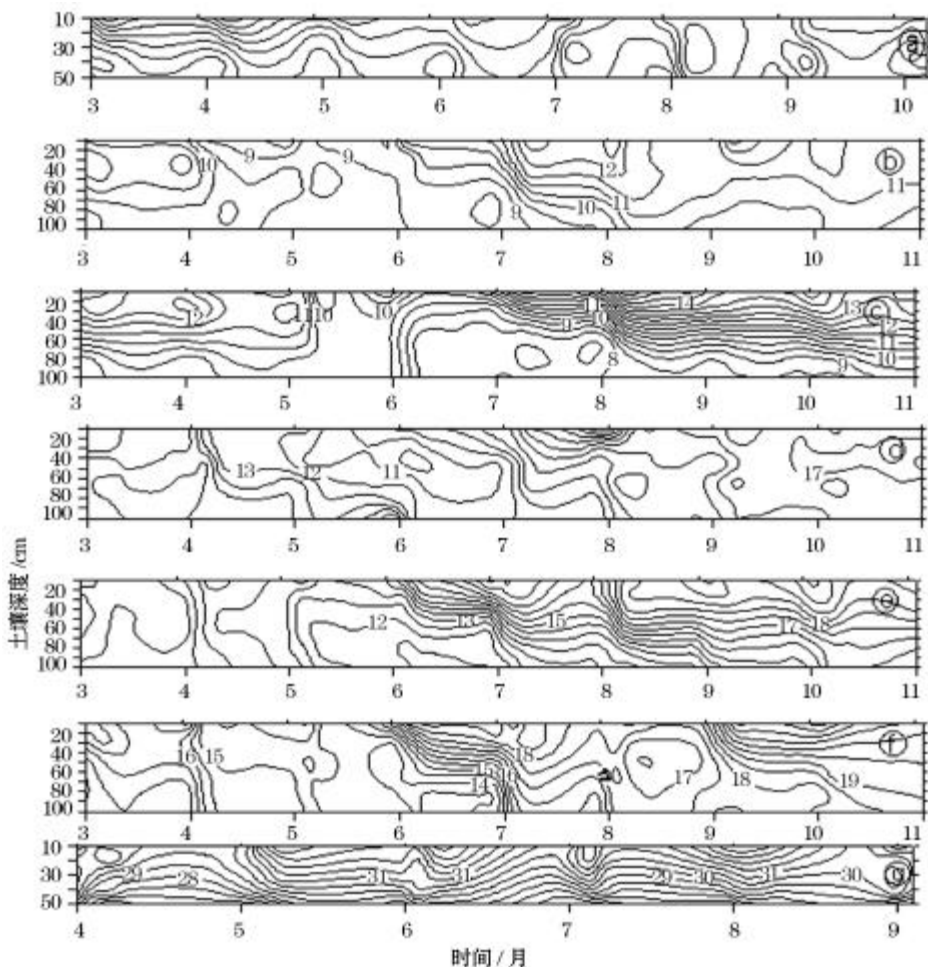


图3 不同气候区平均土壤水分垂直剖面分布

Fig.3 Different clim area regional representative station in the change of average soil moisture

a.靖远 b.环县 c.定西 d.西峰 e.北道 f.成县 g.码曲

a. Jingyuan b. Huanxian c. Dingxi d. Xi Feng e. Baidao f. Chengxian g. Maqu

(2) 陇东黄土高原季节性土壤缺水区的土壤水分有下降趋势,1981—2000年下降了3.2%,峰值24.0%(1983年10月上旬),谷值5.3%(1995年7月下旬)。

(3) 土壤严重缺水区的土壤水分无明显趋势,陇中区表现为1994年前上升,之后下降;陇东区出现两高一低波浪曲线。

(4) 其它区的土壤水分趋势不明显。土壤水分适宜区略有上升趋势,峰值为26.7%(1994年10月中旬),谷值为6.2%(1995年5月下旬);土壤水分湿润区略有下降趋势,峰值为22.5%(1991年5月

下旬),谷值为8.5%(1997年6月下旬);甘南高原土壤水分湿润区也有下降趋势。

(5) 土壤水分的时间变化趋势与同期降水变化趋势具有一致性,土壤水分谷值年份与降水干旱有对应关系,如1991、1995、1997年,也表明黄土高原土壤水分的主要来源是大气降水。

6 结论

甘肃黄土高原土壤水分从西南向东北减少,中部有一条从北向南的干舌,干旱中心在陇中北部,六盘山东西两侧土壤缺水程度存在差异,东部略好一

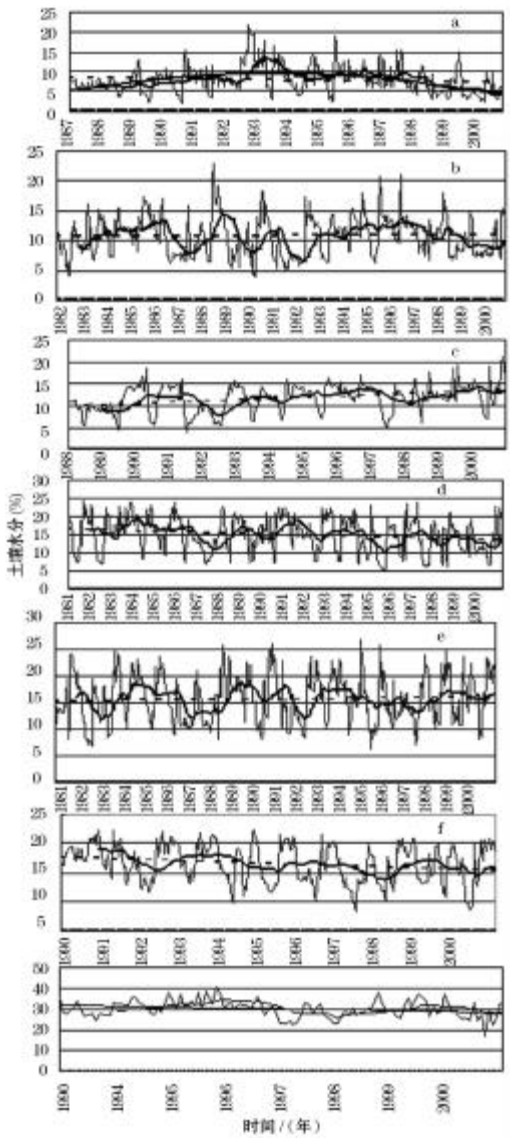


图4 各气候区 20 ~30 cm 平均土壤水分时间分布

Fig.4 The soil moisture time change that each climate regional in 30 ~40 cm

a:靖远, b:环县, c:定西, d:西峰, e:北道, f:成县, g:玛曲
 a: Jingyuan, b: Huanxian, c: Dingxi, d: Xifeng;
 e: Beidao, f: Chengxian, g: Maqu

些同纬度相差 2%左右。黄土高原季节性土壤缺水区的土壤水分趋势明显,陇中区存在明显上升趋势,而陇东区有明显下降趋势,其它气候区趋势不显著。

不同气候区多年平均垂直剖面特征是:陇中北部和陇东北部土壤严重缺水区土壤水分稳定性很差,变差系数大,浅层土壤严重缺水主要出现在春季和春末夏初,深层土壤也常年处于缺水状态,陇中和陇东季节性土壤缺水区主要缺水在 5、6 月份,深层土壤水分表现为陇东区相对较好,陇中区较差,而土壤水分低值区陇中区比陇东区深;土壤水分适宜区和湿润区无明显土壤缺水时段,30 cm 以上耕作层土壤水分比较稳定,并向深层输送;土壤水分的相对低值区存在明显的季节变化,各气候区在时段和深度上有差异。

但是,本文仅仅讨论了黄土高原雨养农业区的土壤水分气候特征,而地下水以及灌溉对土壤水分的影响还未涉及;另外,由于土壤水分资料年代较短,为了尽可能多的使用现有资料,资料使用开始年代未统一,在时间序列趋势分析中,还可能存在着较长时间的演变趋势;不同气候区土壤水分对工农业生产的影响等,有待我们进一步研究。

参考文献(References):

[1] Yang Wenzhi. Soil water resources and forestations in Loess Plateau [J]. Journal of Natural Resources, 2001, 16(5): 433-438. [杨文治. 黄土高原土壤水资源与植树造林[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 433-438.]

[2] Ma Zhuguo. Relationship between regional soil moisture variation and climatic variability over east China [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2000, 58(3): 278-287. [马柱国. 中国东北区域土壤湿度的变化及其与气候变率的关系[J]. 气象学报, 2000, 58(3): 278-287.]

[3] Liu Shuhua. Numerical simulation of evapotranspiration mechanism over soil-vegetation-atmosphere system [J]. Arid Meteorology, 2004, 22(3): 1-9. [刘树华. 土壤-植被-大气系统水分散失机理的数值模拟[J]. 干旱气象, 2004, 22(3): 1-9.]

[4] Ma Zhuguo. Some problems in the study on the relationship between soil moisture and climatic change [J]. Advances in Earth Science, 2001, 16(4): 563-568. [马柱国. 土壤湿度与气候变化关系研究中的某些问题[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 563-568.]

[5] Zhang Guosheng. Evolution on the moisture of soil for day land on east agricultural regions in Qinghai province [J]. Journal of Desert Research, 2000, 20(3): 165-171. [张国胜. 青海省东部农业区旱地土壤水分演变特征分析[J]. 中国沙漠, 2000, 20(3): 165-171.]

[6] Den Zhenyun. Research of soil moisture change feature and zone in the Gansu [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1999, 17(3): 86-92. [邓振镛. 甘肃省土壤水分变化特征与分区的研究[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(3): 86-92.]

[7] Bai Jingyu. Preliminary research on soil moisture in eastern part of

- Northwest China [J]. *Meteorological Science and Technology*, 2003, 31(4): 226-230. [柏晶榆. 西北地区东部春季土壤湿度变化的初步研究[J]. 气象科技, 2003, 31(4): 226-230.]
- [8] Guo Jiayang. Climatic characteristics and forecasting method of spring drought in Loess Plateau of Gansu province [J]. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(2): 211-217. [郭江勇. 甘肃黄土高原春季的气候特征及预测方法[J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 211-217.]
- [9] Den Zhenyun. The Gansu province research of soil agricultural hydrology feature [J]. *Journal of Natural Resources*, 1989, 4(2): 143-149. [邓振镛. 甘肃省土壤农业水文特征的研究[J]. 自然资源学报, 1989, 4(2): 143-149.]
- [10] Ma Zhuguo, Wei Helin, Fu Congbin. Progress in the research on the relationship between soil moisture and climatic change [J]. *Advances in Earth Science*, 1999, 14(3): 299-305. [马柱国, 魏和林, 符凉斌. 土壤湿度与气候变化关系的研究进展与展望[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 299-305.]

EVOLUTION FEATURE ON THE MOISTURE OF SOIL FOR LOESS HIGHLAND IN GANSU

SUN Bing-qiang, ZHANG Qiang, DONG An-xiang, CHEN Shao-yong

(Key Laboratory of Arid Climatic Variation and Disaster Reduction, Lanzhou Arid Meteorological Institute,
Chinese Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China)

Abstract: By precipitation data of 42 Gansu stations of loess plateau in March to July from 1961 to 2000 year and the soil weight information of moisture content at 11 agricultural meteorology stations from build station to 2000 year in March to November. Time distribution feature and the region of the Gansu soil moisture of loess plateau were analyzed. Show as a result: (1) The Gansu soil moisture of loess plateau decreases from southwest to northeast, central part has a dry tongue from north to south, arid center locate in Central part of Long north. (2) The soil moisture change of Gansu loess plateau has 7 districts: Soil serious short of water district in east of Long, Central part of Long, Soil seasoning short of water district in east of Long, Central part of Long, Soil moisture suitable district, Soil moisture moist district and Ganlan highland soil moisture moist district. (3) In soil serious short of water district in east of Long, Central section of Long, shallow-layer soil serious short of water mainly appearance in spring, late spring and early summer, deep layer soil is also short of water state in all the year; In soil seasoning short of water district, shallow-layer short of water is in May and June mainly, deep layer soil moisture in east of Long is higher than Central section of Long.

Key words: The loess plateau in Gansu; Soil moisture; Climate evolution feature.