

# 西峰麦田土壤水分动态分布特征

张洪芬<sup>1,2</sup>, 王劲松<sup>1</sup>, 郭江勇<sup>1,2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃省干旱气候与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省庆阳市气象局, 甘肃 西峰 745000)

**摘要:** 利用西峰 1989~2004 年 3~11 月的土壤水分资料, 分析 0~200 cm 土壤贮水量的旬月变化、垂直分布特征和年际变化规律, 以及逐月土壤含水量与冬小麦产量间的相关关系。结果表明: 西峰土壤贮水量年季变化振荡明显, 呈多波动变化, 与降水量相关关系显著; 一年中含水量最高的时段是 11 月和 3 月, 最低的是 6 月和 7 月; 0~30 cm 为多变层, 30~110 为缓变层, 110~200 cm 为稳定层; 土壤水分含量对冬小麦千粒重影响有两个显著阶段, 分别是 3~5 月与 9 月, 均达到  $\alpha=0.01$  的信度水平。

**关键词:** 西峰; 土壤水分; 时间变化; 垂直分布; 小麦千粒重

**中图分类号:** S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)06-0151-04

水是黄土高原植物生长的主要限制因子, 土壤水分条件的好坏, 在很大程度上影响着植物的生长状况, 是作物生长、植被恢复的关键限制因素; 多年来不少学者对黄土高原农田不同层次含水量的动态变化规律进行了深入的研究和探讨<sup>[1~10]</sup>, 但对多年农田的土壤水份资料与作物产量之间关系的研究较少。本文利用 1989~2004 年 16 a 间西峰 3 到 11 月的土壤水分测量数据, 分析该地区土壤水分的旬、月和年际变化规律, 垂直变化特征, 以及逐月逐层土壤含水量和冬小麦产量间的相关关系, 尤其是对土壤水分的垂直分布特征作了比较详尽的分析, 为适时播种、充分利用土壤水分资源、调节土壤水分状况以提高冬小麦产量提供了依据。

## 1 研究材料和方法

### 1.1 研究区概况

西峰(35°44'N, 107°38'S)属黄土高原丘陵沟壑区, 由塬地, 川地和河流滩地组成, 海拔高度 1 421 m, 年平均降水量 527.1 mm, 年平均温度为 8.7℃, 平均日照 2 457.8 h, 具有典型的黄土高原地理和气候特征; 西峰农试站是陇东地区唯一的农业气象试验站, 其所测土壤水分含量是甘肃东部黄土高原土壤含水状况的典型代表。

### 1.2 资料来源及研究方法

土壤水分资料和冬小麦资料均来源于西峰农业气象实验站, 年际间非气候因素造成的误差较小, 且试验地毗邻气象观测场, 遵循农业气象平行观测原理, 为典型的塬地雨养农业区, 冬小麦品种为西峰

20 号, 耕作技术和管理措施同当地大田。

西峰农试站 1989~2004 年 16 a 间定时定点分层(每层 10 cm)土壤含水量(单位 mm)用统计方法与相关性计算进行整理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤水分年际变化

为分析土壤水分的年际变化, 对 16 年间西峰逐年平均土壤水分含量和降水量进行对比分析, 由其时间演变曲线(图 1)可以看出, 土壤贮水量及降水量年际变化振荡比较明显, 呈多波动分布, 两者达到显著相关水平, 且降水变化较土壤贮水量变化更剧烈; 年平均贮水量最小值出现在 1995 年为 289 mm, 最大值出现在 1991 年为 427 mm, 是最少年的 1.5 倍, 而年降水量最小值出现在 1995 年及 1997 年为 333 mm, 最大值出现在 2003 年, 为 828.2 mm, 是最少年的 2.49 倍; 1989~1991 年、1997~2003 年土壤贮水量持续增加, 1991~1995 年不断下降, 而年降水量波动变化较大, 1992~1995 年降水量持续降低, 1999~2003 年持续升高。所测土壤贮水量的变化与降水量变化并不完全一致, 是因为土壤贮水量的变化除了受作物消耗及蒸发作用影响外, 还与降水时段出现在测墒前与测墒后有很大关系。

### 2.2 土壤水分的月、旬变化

为了分析西峰土壤水分与时间变化的敏感性, 分析了土壤贮水量的月、旬变化, 其中月、旬变化总趋势是 3 月~6 月是土壤水分失墒期, 7 月~11 月为土壤水分增墒期。

收稿日期: 2006-05-19

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项“西北农作物对气候变化的响应及其评价方法”(2005DIB3J100)

作者简介: 张洪芬(1981-), 女, 山东聊城人, 学士, 助理工程师, 主要从事短期天气预报和气候变化规律应用研究。E-mail: sihetun163@163.com.

2.2.1 土壤水分的月变化 对西峰 1989~2004 年每年平均 3~11 月 0~200 cm 土壤贮水量进行了分析,由贮水量月变化图(图 2)可以看出,3~11 月的实测土壤水分月变化曲线基本呈“V”形分布,土壤贮水量低谷在 6、7 月,0~200 cm 土壤贮水量在 286~287 mm 之间波动,可分为春末初夏失墒期、秋季增墒期两个时期。

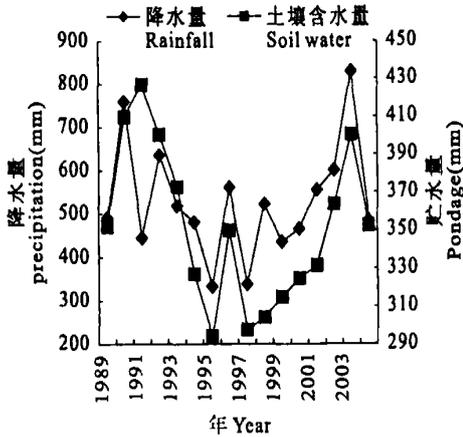


图 1 西峰土壤贮水量与降水量的年际变化

Fig. 1 The annual change of precipitation and soil moisture in Xifeng

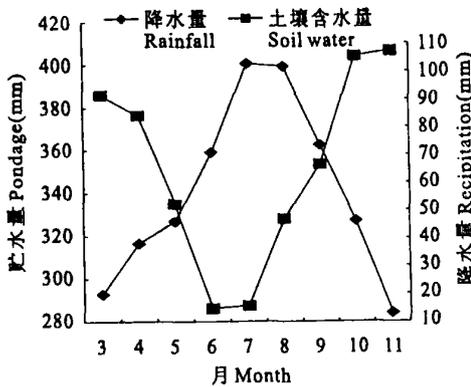


图 2 西峰 0~200 cm 土壤水分月变化特征

Fig. 2 Monthly variation of 0~200 cm soil moisture in Xifeng

春末初夏失墒期:3~5 月为春季少雨期以及冬小麦的返青与拔节期,耗水量远大于降水量,使得 0~200 cm 土壤贮水量由 386 mm 降至 335 mm;5~6 月为陇东地区的春末初夏期<sup>[11]</sup>,此时正值冬小麦孕穗~成熟季节,降水量远远不能满足作物的消耗,土壤水分进一步流失,失墒严重,为一年之中土壤贮水量的最低值期,0~200 cm 平均土壤贮水量仅为 286 mm。

秋季增墒期:结合西北地区东部降水季节变化<sup>[11]</sup>,西峰年降水峰值在 7 到 9 月,土壤墒情得到改善,土壤贮水量由 287 mm 回升到 354 mm,其后 10 月末~11 月,冬小麦由播种、出苗至停止生长,期间降水

量大于耗水量,0~200 cm 土壤贮水总量升至 406 mm。

2.2.2 土壤水分的旬变化 计算西峰 3 月上旬~11 月上旬每旬 8 日 0~100 cm 平均土壤贮水量(图 3),分析其变化规律,3 月上旬~下旬为冬小麦返青期,耗水量增加,而平均降水量略有增加,这时贮水量表现为有小波动,4 月上旬~6 月中旬,小麦处于孕穗期、腊熟期,其间西峰处于春末初夏干旱阶段,作物耗水量远大于降水量,土壤贮水量不断降低;6 月下旬~7 月中旬、8 月中下旬和 9 月各旬西峰处于降水高峰期,土壤水分得到补充,土壤墒情得到不断的改善,7 月下旬~8 月上旬,西峰为伏旱阶段,麦田处于休闲期,土壤水分变化缓慢,10 月上旬~11 月上旬,降水量急剧减少,由于期间作物消耗水量较少,土壤贮水量略有下降。

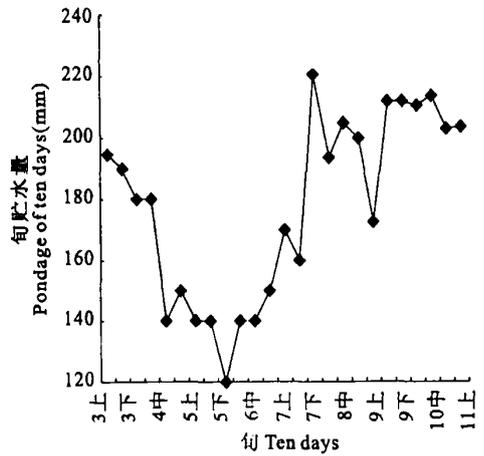


图 3 西峰土壤水分旬变化

Fig. 3 Ten-day period change of the soil moisture in Xifeng

### 2.3 土壤水分的垂直变化特征

2.3.1 逐层土壤水分的变化 为了分析土壤中每个层次水分含量对时间变化的敏感性,计算了逐层逐月平均土壤水分含量(图 4),根据不同层次土壤水分分布对时间的敏感性和变化量的大小,及其分布特点,将 0~200 cm 土壤划分为多变层、缓变层和稳定层。10~20 cm 为多变层,受降水和作物消耗以及日照蒸发等因素共同影响,含水量波动较大,如最高月 3 月为 25 mm,较最低月 6 月 13 mm 多 12 mm,其水分含量较其它层次的相应月份含水量变化幅度都大,受降水影响,8~10 月有波动;90~100 cm 层为缓变层,变化相对缓慢,最低含水量在 7 月为 13 mm、最高在 11 月为 23 mm,相对变化 10 mm,受 6~7 月干旱、较深层水分向上传输以及作物根系深层吸收共同影响,含水量变化幅度较小,8~10 月受降水影响相对较小,含水量变化波动不大;180~190 cm 层为稳定层,土壤水分变化缓慢,

且受季节影响幅度较小,在时间上较浅层变化滞后,含水量最低 13 mm(7月)、最高 20 mm(11月),变化幅度为 8 mm。

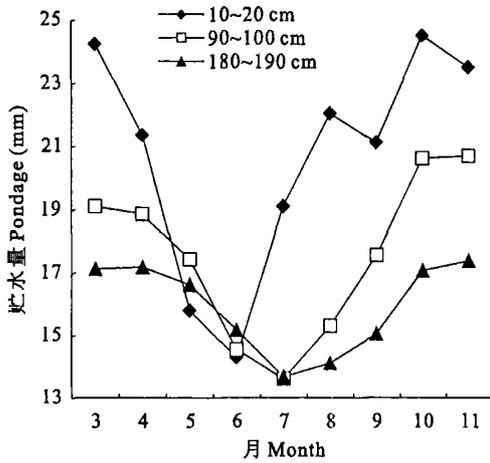


图4 西峰土壤含水量月变化特征

Fig. 4 The monthly variation of soil moisture in Xifeng

2.3.2 土壤水分的垂直分布 由1989~2004年平均月旬每层的平均含水量的时空分布图(图5)可知,在失墒期,深层土壤水分不断向上输送,以弥补由于降水不足而无法满足冬小麦生长发育对水分的消耗的需求;在增墒期,降水量大于冬小麦对水分的利用,水分不断下渗,浅层土壤中过剩的水分得以在深层土壤保存;由此可见,深层土壤是浅层和中层水分存储和供应的贮水库,具有调节自然降水的功能,且在供应和存储的时间分布上有一个延迟。

在土壤水分月平均时空分布上,3月20~40 cm层为含水量大值区,极值为24 mm;4~6月60~200 cm水分垂直分布均匀,6~7月40~60 cm层为土壤含水量的极小值区,含水量极小值为11 mm,其后由于深层水分不断向上传输以补充上层作物水分消耗,7~9月深层土壤水分含量为14 mm;7月雨季来临<sup>[11]</sup>,且麦田处于休闲期,水分消耗减少,上层土壤水分得到补充,20~40 cm层水分增加到21 mm,并且不断向深层土壤渗透;10~11月为冬小麦苗期、三叶到停止生长土壤消耗减少,水分向深层渗透,极值区在20~40 cm层,为25 mm,并且不断向深层延伸。

为了进一步分析土壤水分的垂直分布,计算了0~100 cm土壤贮水量的旬分布(图5b)。3月上旬为冻土开冻时期,土壤水分由浅层向深层渗透,极值由20~35 cm层的23 mm,随时间延迟到3月下旬~4月上旬60~70 cm层的21 mm;4月中旬~5月中旬,降水量与小麦水分消耗相对稳定,土壤水分分布均匀,6月上旬~6月下旬是西峰的旱段,土壤含水

量由上向下不断减少,深层水分不断向上传输以满足作物需求,7月上旬后雨季来临,给土壤不断补充水分,到8月中旬,浅层0~40 cm含水量达到23 mm,且不断补充深层水分的消耗;10月上旬~11月上旬为冬小麦苗期,10~80 cm层的水分含量为23 mm。

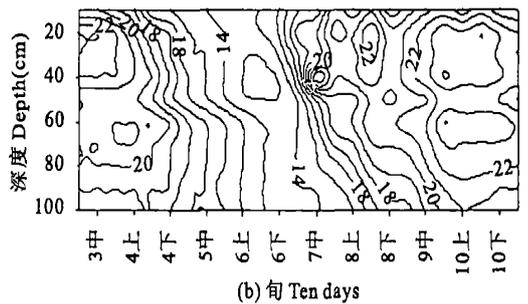
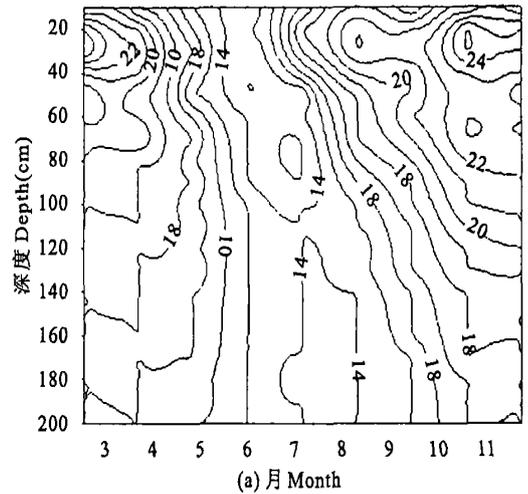


图5 西峰0~200 cm(a)、0~100 cm(b)土壤水分垂直分布  
Fig. 5 0~200 cm (a), 0~100 cm (b) soil moisture vertical distribution of Xifeng

## 2.4 土壤水分与小麦产量的关系

为分析土壤水分含量与冬小麦产量的关系,利用逐月土壤含水量与冬小麦千粒重进行相关性计算(图6),结果表明,土壤水分对产量影响有两个显著阶段,分别是3~5月(尤其是4月)及9月,其相关系数均在0.72以上,达到 $\alpha=0.01$ 信度水平。3~5月为冬小麦拔节抽穗期,是小麦茎秆发育,穗部器官形成旺盛阶段,对水分要求敏感,需水量最多,而在此期间,西峰春季少雨多风,干旱频繁,往往水分的供需矛盾最为紧张,其土壤含水量对冬小麦产量有着至关重要的作用,土壤水分利用率最高,且含水量每增加1 mm,小麦千粒重可增加0.132 g;9月是麦田休闲贮水期和小麦播种出苗期,期间土壤含水量的高低不仅关系到小麦的播种出苗,而且还关系冬小麦冬前壮苗和分蘖以及能否顺利越冬,是冬小麦生育期内蓄水保墒的关键时期,对冬小麦来年返青后水需求的贡献比较

大,奠定了小麦高产的前期基础;6月及8月土壤水分对冬小麦千粒重的影响相对较小。

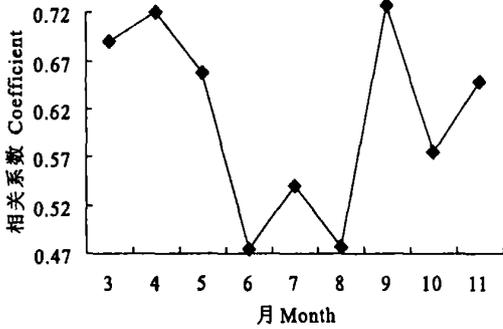


图 6 西峰土壤含水量与小麦千粒重的相关系数

Fig. 6 The correlation coefficient between soil moisture content and wheat weight of thousand seeds in Xifeng

### 3 结论

1) 西峰土壤水分含量年际变化振荡明显,呈多波动变化,其变化较年降水量相对迟缓;土壤含水量与降水量的相对变化除了受作物消耗及蒸发作用影响外,还与降水时段出现在测墒前与测墒后有很大关系;土壤水分具有明显的时间变化,逐月土壤水分变化曲线基本呈“V”形分布,土壤含水量低谷在6、7月,可分为春末初夏失墒期与秋季增墒期。

2) 土壤平均含水量的垂直变化明显,深层是浅层和深层水分存储和供应的贮水库,具有调节自然降水的功能,在失墒期,深层土壤水分不断向上输送,以弥补降水的不足和冬小麦生长发育对水分的消耗的需求,在增墒期,水分不断下渗,浅层土壤中过剩的水分得以在深层土壤保存,且在供应和存储

的时间分布上有一个延迟。

3) 西峰土壤水分对冬小麦产量影响有两个显著阶段,分别是3~5月与9月,其相关系数达0.72以上,达到 $\alpha=0.01$ 的信度水平。3~5月是冬小麦返青拔节期,水分消耗量大,而9月则为冬小麦的播种出苗期,其水分含量的大小关系到小麦的安全越冬以及来年的发育成长,影响显著。

#### 参考文献:

- [1] 仇化民,邓振镛,方德彪.甘肃省东部旱作区土壤水分变化规律的研究[J].高原气象,1996,15(3):45-49.
- [2] 李军,邵明安,张兴昌.黄土高原旱地冬小麦水分生产潜力与土壤水分动态的模拟研究[J].自然资源学报,2004,(6):52-55.
- [3] 张超,王会肖.黄土高原丘陵沟壑区土壤水分变化规律的研究[J].中国生态农业学报,2004,12(3):45-48.
- [4] 杨兴国,柯晓新,张旭东,等.甘肃河东雨养农业区土壤水分变化规律的研究[J].应用气象学报,2000,11(2):55-59.
- [5] 张国胜,徐维新,董立新,等.青海省旱地土壤水分动态变化规律研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(1):66-69.
- [6] 孔学夫,晋小军.旱地农田土壤水分动态变化规律及其应用[J].甘肃农业科技,2001,(1):28-32.
- [7] 崔灵周,李占斌,丁文峰.四川中部丘陵地区不同种植模式下旱地土壤水分变化规律[J].干旱地区农业研究,2001,19(1):66-68.
- [8] 苏年贵,张定一,冀秀梅.隔坡水平沟土壤水分变化规律及利用效果[J].水土保持通报,1995,15(2):25-29.
- [9] 邵明安,杨文治,李玉山.黄土区土壤水分有效性研究[J].水利学报,1987,(8):22-25.
- [10] 郭建平,高素华.土壤水分对冬小麦影响机制研究[J].气象学报,2003,61(4):44-48.
- [11] 白肇焯,徐国昌.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1988.152-164.
- [12] 邓振镛.高原干旱气候作物生态适应性研究[M].北京:气象出版社,2005.38-56.

## Characteristic of soil moisture change of wheat field in Xifeng

ZHANG Hong-fen<sup>1,2</sup>, WANG Jin-song<sup>1</sup>, GUO Jiang-yong<sup>1,2</sup>

(1. Key laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of

Gansu province Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration,

Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Qingyang Meteorological Bureau, Xifeng, Gansu 74500, China)

**Abstract:** The ten-day and monthly changes, the vertical distribution characteristic and the yearly changes of soil moisture as well as the relationship between the monthly soil moisture content and winter wheat output are analyzed by using the data of soil moisture during March to November from the year 1989 to 2004 in Xifeng. The results show that the annual vibration of the soil moisture content is obvious and with multiwaves; the content of soil moisture has obvious monthly change, the maximum of soil moisture content is in November and in March, and the minimum is in June and July; the content of soil moisture has a obvious vertical variation, it changes much in layer from 0 to 50cm, changes slow in layer from 60 to 130 cm, and stabilizes in layer from 140 to 200cm; the soil moisture content has two remarkable influence stages to the winter wheat output. they are in March to May and September, respectively.

**Keywords:** Xifeng; soil moisture; vertical distribution; time distribution; wheat output