

黄土高原半干旱区主要作物生育期土壤水分变化

史晓霞

(甘肃省定西市气象局,甘肃 定西 743000)

摘要:利用黄土高原半干旱地区农业气象观测站点春小麦、冬小麦、胡麻、燕麦、马铃薯、扁豆等主要作物农田土壤含水量实测资料,采用EOF、小波等方法分析研究该区域农田土壤水分变化特征。结果表明:长期干旱是这一地区土壤水分的基本状态,土壤水分垂直分布以递减为主,深层湿度小于浅层,夏季小于其它季节,秋季得以恢复;土壤水分垂直分布的差异与不同作物关系密切,作物对土壤水分耗费存在明显时空差异。

关键词:黄土高原;农作物,土壤湿度

中图分类号:P463.36

文献标识码:A

引言

黄土高原,属于温和半湿润气候区向干旱气候区的过渡带,在六盘山以西,乌鞘岭以东,西秦岭以北,大多在甘肃境内;海拔高度在1 000~4 000 m之间,丘陵(梁、峁)起伏,沟壑纵横,地表破碎,高度差距较大,山岭植被稀少,年降水量在200~800 mm之间,降水主要集中在夏季,秋季次之,春季较少,冬季降水最少,年际变化大,区域内年最大降水>700 mm,最少的年份不足100 mm,2~4 a就出现1次严重干旱。农田黄土深厚、土质疏松,土壤水分源于自然降水,雨养农牧业,以旱作为主。大陆性季风气候显著,夏季短促而不炎热,冬季漫长而干冷,水热同季,作物生长期主要在3~10月期间,该区域农、牧、林业生产对气候条件的依赖性极强^[1-4]。黄土高原气候暖干化加剧、积温增加、土壤湿度和气候生产力呈下降趋势^[5-7]。认识黄土高原半干旱区作物农田土壤水分变化响应特征,对脆弱生态区的发展具有重要意义。

1 资料和方法

资料选自黄土高原半干旱区内分布比较均匀的榆中、安定、通渭、环县、天水、西峰、镇原、泾川等8个农业气象观测站点,3月上旬至11月上旬用土钻

法逢8、18、28日观测,取10层,分别是0~10 cm, 10~20 cm, 20~30 cm, 30~40 cm, 40~50 cm, 50~60 cm, 60~70 cm, 70~80 cm, 80~90 cm, 90~100 cm土壤湿度(土壤含水量与干土质量之百分比,%),30 cm层以上资料长度为1971~2006年,其余资料序列为1981~2006年。

对年均土壤湿度序列资料,标准化处理后进行EOF分解^[8],第一特征向量的方差贡献率为53.56%,概括了场的主要信息,特征向量空间分布的大值区在安定一带。区域均值采用加权平均^[9],周期采用了小波方法^[10],以序列线性拟合方程一次项系数为线性趋势,系数表示线性变化率。

2 结果与分析

2.1 土壤水分基本特征

根据土壤相对湿度划分农田干旱程度的标准界限,相对湿度(占田间持水量)40%、60%和80%分别对应严重干旱、轻度干旱和最适宜作物生长。

统计榆中、安定、通渭、环县、天水、西峰、镇原、泾川8个农业气象观测站1981~2006年土壤湿度,黄土高原半干旱区主要作物生长期在3月上旬至7月底期间,平均相对湿度为45%,土壤湿度主要在40%~60%之间,低于40%和高于60%的年份大致相当,超过80%不足5%。其中属于严重干旱的年

收稿日期:2011-07-29;改回日期:2011-10-12

基金项目:科技部公益项目(2008DIB3J100)资助

作者简介:史晓霞(1973-),女,甘肃定西市人,工程师,主要从事地面气象观测工作。E-mail:dxsgh@126.com

份有 1/3,轻度干旱的超过 1/2,土壤适宜的年份不足 1/6。可见,长期干旱是这一地区土壤水分的基本状态。

2.2 土壤水分年内变化特征

黄土高原地区,3月土壤解冻,一般3月中下旬开始播种(冬麦区返青),7月收割,6月中旬前后耗水量最大,可见其土壤水分变化与作物生长阶段联系十分紧密,作物生长直接左右着土壤水分的变化(包括突变)。从年内土壤水分变化曲线(图1)看出3月到4月上旬期间土壤水分对于作物有盈余,4月中旬以后到6月底是作物大量耗水时段,5月上旬以后土壤水分处于亏损,到6月中下旬亏损达到了极点,之后亏损程度下降,到8月上旬土壤水分达到平均水平,之后土壤转入蓄水阶段,10月中旬达到最大,之后到封冻下降,漫长的封冻期间平均土壤湿度下降不到 1.5%。3月播种或返青需水量很少,土壤水分垂直分布保持封冻前的结构形状,4月苗期作物根系在浅层,作物需水主要由上层土壤提供,土壤水分垂直结构变化为上层垂直均匀,下层与封冻前的结构形状基本一致,5月、6月作物进入大量需水阶段,作物根系发达,整层土壤提供水分,土壤水分垂直结构呈现出上下等值垂直均匀,5月下旬到7月底是土壤失水最严重的阶段,造成的深层水分亏缺延续到8月初,浅层土壤水分在7月初开始得到补充,深层水分补充滞后。同时,降水对土壤水分垂直结构变化有影响,5月降水较少,6月容易出现少雨时段,7、8月是主汛期,这样5、6月正值作物大量需水,而自然降水严重不足,作物需水主要依靠土壤蓄水,7月降水猛然增多,土壤浅层水分得到补给。

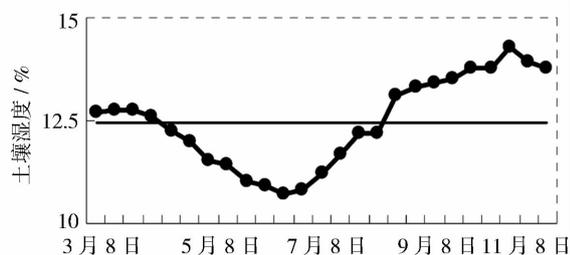


图1 土壤平均湿度时间曲线

Fig. 1 The monthly mean soil moisture variation

2.3 土壤水分垂直分布特征

图2给出1981~2006年间,黄土高原半干旱地区春小麦、冬小麦、燕麦、胡麻、马铃薯、扁豆等主要种植作物农田0~100 cm土壤湿度的垂直分布。

图2a显示春小麦田4~7月土壤水分呈现垂直递减的结构特征;6月进入明显耗水状态,土壤失水严重,尤其是深层,7月后浅层土壤水分开始补充。总体上,冬小麦农田土壤蓄水期长于春小麦,土壤深层水分较春小麦容易得到恢复。

图2b显示,冬小麦3月解冻后土壤就进入明显耗水状态,5月中旬至6月底是土壤失水最严重的阶段,7月初开始土壤水分得到补充,深层补充也较快;可见,冬小麦主要耗水在7月以前,7月开始土壤蓄水。

由图2c看到,燕麦3~4月青苗期土壤湿度变化较小,耗水较少;5~6月拔节到成熟期,土壤湿度急速递减,耗水十分明显;7月作物收割后,自然降水增多,土壤湿度再次升高。

图2d显示胡麻7月前青苗期,土壤湿度变化较小,耗水较少;7~8月灌浆到成熟期土壤湿度急速递减,耗水十分明显;9月以后在自然降水的补充下,土壤湿度才有所升高,但不及先前一半的水平。可见,胡麻生长耗水时段集中,耗水量多。

图2e显示马铃薯,土壤湿度在深层和表层变化较小,耗水较少;变化明显带主要在地表下20~40 cm层,4~9月湿度值不存在急速递减的情况,说明其耗水持续而相对缓慢。

图2f显示扁豆田,土壤湿度变化明显带主要在地表下20 cm附近,其余层变化较小。可见,扁豆耗水较少,主要耗费浅层水分。

从春小麦、冬小麦、胡麻、燕麦、马铃薯、扁豆等6种作物土壤水分时空分布状态看到,不同作物土壤水分分布差异比较明显,尤其是作物完成生长周期后,造成的土壤水分分布差异会影响到下年度;同时看到,不同作物生长初期其土壤水分的分布也存在明显的差异。

胡麻相对耗水多、时段集中,种植后土壤由适宜变为严重干旱,在半干旱地区自然降水很难充足补充的情况下,致使来年其他作物难以生长;对于降水偏多的年份种植较好,即能保证自身生长需水,还一定程度减轻水涝。扁豆相对耗水较少,一般干旱年份也能生长,不适宜降水多的年份。

从以上分析看到,土壤湿度垂直分布以垂直递减为主,深层湿度小于浅层;夏季小于其它季节,土壤水明显补充时间开始于8月上旬,没有出现剧烈的耗水阶段,土壤水分的变化主要在土壤上层,下层变化不太明显。不同作物差异大,如春小麦、冬小

麦、胡麻等作物农田土壤湿度等值线反映出土壤水分由浅到深逐渐降低、越往下变化越大,浅层土壤水分随时间变化明显于深层。燕麦、马铃薯、扁豆等作物以垂直递减为主,反映出这些农田的土壤水分垂直方向的变化一致性程度较高,随时间变化浅层和

深层也较为一致的增加或减少。

冬小麦主要耗水在6月前,春小麦在7月前,胡麻在7月后;扁豆耗水集中在浅层,马铃薯次浅层,燕麦、冬小麦在中层,春小麦、胡麻在深层。这些时空上的差异为作物轮作取长补短提供了可能。

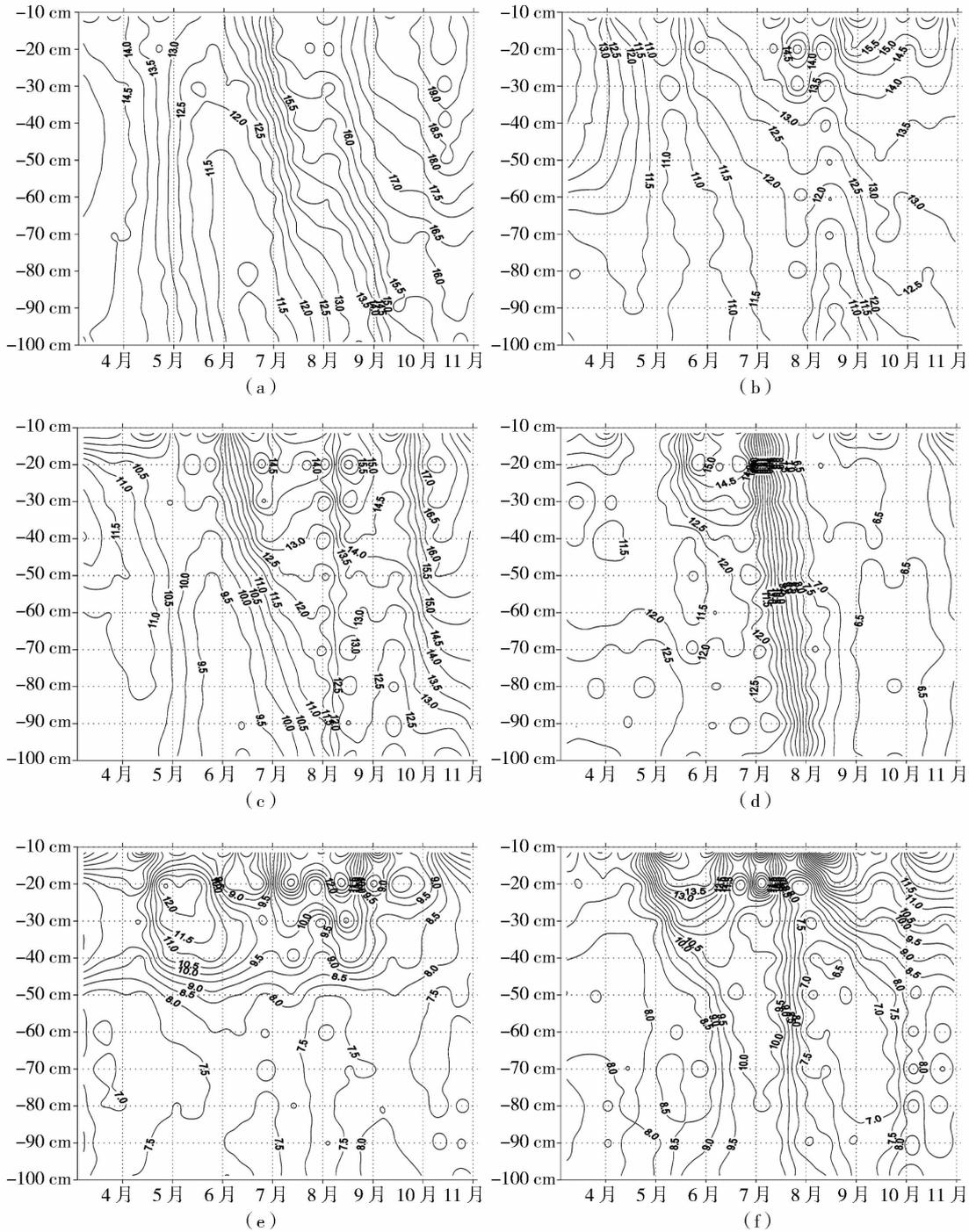


图2 春小麦(a)、冬小麦(b)、燕麦(c)、胡麻(d)、马铃薯(e)、扁豆(f)土壤湿度垂直分布

Fig.2 Vertical distribution of soil moisture in spring wheat(a), winter wheat(b), oat(c), benne(d), potato(e), haricot bean(f) field

2.4 土壤水分时间变化特征

现有的 30 cm 层土壤湿度实测资料序列长于 100 cm 层,为了便于周期分析,对 1971~2006 年间平均土壤相对含水量序列进行分析,以安定为例。

图 3 给出安定区逐旬土壤相对湿度变化曲线。黄土高原半干旱区土壤含水极小值(小值)容易出现在 5 月中旬至 8 月上旬,相对湿度的极大值(大值)容易出现在 8 月中旬至 9 月上旬。土壤含水量由大值转变为小值,周期在 34~44 旬;而由小值上升为大值时间明显缩短,大致在 2~8 旬之间;可见,土壤失墒是一个缓变过程,即慢过程,缓解或解除旱情是快过程,反映在黄土高原 1~2 月内若出现较大雨量的自然降水,土壤水分状况就能明显改观。从曲线也反映出,若土壤具有 80% 的相对湿度状况,经过接近 2 a 的时间才下降到 40% 以下,说明了土壤对水分具有极强的调控能力。

1971~2006 年间,平均土壤相对含水量(3~11 月上旬)线性趋势线方程($y = -0.002x + 48.579$, x :单位,旬)单调递减,表明土壤湿度下降,干旱趋向加重。生长期阶段(图略)在 1980 年代初和 1980 年代末,1990 年代初和 1990 年代中后期土壤干旱,蓄水期阶段(图略)在 1980 年代末和 1990 年代中后期土壤干旱,在 1997 年作物颗粒无收,出现百年不遇的大旱。

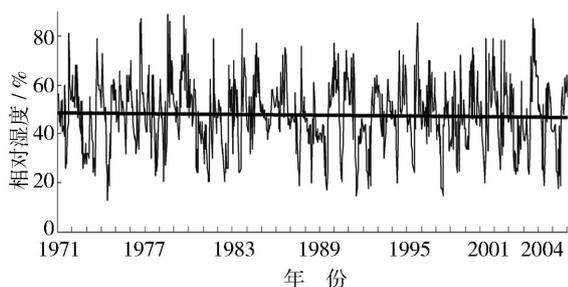


图 3 1971~2006 年安定站土壤相对湿度变化

Fig. 3 The variation of relative soil moisture in Anding station during 1971-2006

2.5 土壤水分时间变化周期特征

从图 4 小波分析看到,相对湿度具有 2 a、4~8 a 左右的年际振荡,4 a 周期振荡比较清晰。生长期小波(图略)分析相对湿度具有 2 a、4 a、6~9 a 左右的年际振荡,以 2 a 周期为主且振幅较大,1990 年代振幅较大;蓄水期(图略)小波分析相对湿度存在 2 a、4~9 a 左右的年际振荡,以 2 a 周期为主,1970 年代和 1990 年代初振幅较大。

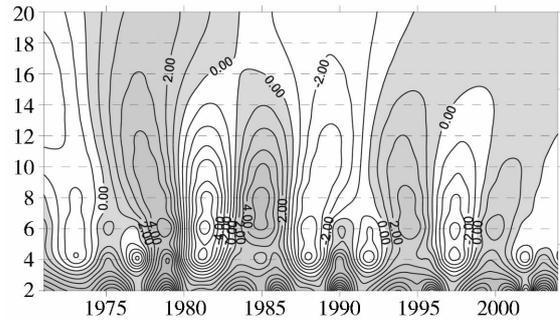


图 4 安定逐年土壤相对湿度距平小波分析

Fig. 4 The wavelet analysis of annual relative soil moisture anomaly during 1971-2006 in Anding

3 结论与讨论

(1)黄土高原半干旱区土壤水分时空分布的主要特点是,深层小于浅层,夏季小于其它季节,垂直分布季节差异大;春小麦、冬小麦、胡麻等作物农田土壤水分由浅到深逐渐降低,越往下变化越大,浅层土壤水分随时间变化明显于深层;燕麦、马铃薯、扁豆等作物土壤湿度以垂直递减为主,反映出这些农田的土壤水分随时间变化浅层和深层也较为一致的增加或减少。

(2)冬小麦主要耗水在 6 月前,春小麦在 7 月前,胡麻在 7 月后;扁豆耗水集中在浅层,马铃薯次浅层,燕麦、冬小麦在中层,春小麦、胡麻在深层。这些时空上的差异为作物轮作取长补短提供了可能。

(3)胡麻相对耗水多且深、时段集中,种植后土壤由适宜变为严重干旱,半干旱地区自然降水很难充足补充的情况下,致使来年其他作物都难以生长;对于降水偏多的年份种植较好,即能保证自身生长需水,还一定程度减轻水涝。扁豆相对耗水较少,一般干旱年份也能生长,不适宜降水多的年份。

(4)表层土壤年均相对湿度具有 2 a、4~8 a 左右的年际振荡和 14 a 左右的年代际振荡,2 a 周期振荡比较强烈。生长期相对湿度具有 2 a、4 a、6~9 a 左右的年际振荡,以 2 a 周期为主且振幅较大,1990 年代振幅较大。非生长期存在 2 a、4~9 a 左右的年际振荡,以 2 a 周期为主,1970 年代和 1990 年代初振幅较大。

参考文献:

- [1] 李军,邵明安,王立祥. 黄土高原地区粮食生产潜力与粮食生产发展战略探讨[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(1): 118-120.
- [2] 王宗明,梁银丽. 黄土塬区作物生产潜力分析[J]. 水土保持通

- 报,2002,22(1):30-33.
- [3] 林纾,王毅荣. 中国黄土高原地区降水时空演变[J]. 中国沙漠, 2007,27(3):502-508.
- [4] 王毅荣. 中国黄土高原地区积温演变[J]. 冰川冻土,2007,29(1):119-126.
- [5] 龚建福,王毅荣,张存杰. 黄土高原土壤干旱及其敏感阶段特征[J]. 国农业气象,2005,26(2):67-72.
- [6] 王毅荣. 中国黄土高原地区干旱特征[J]. 干旱区地理,2008,31(1):38-43.
- [7] 王毅荣,王润元,邓振镛. 黄土高原气候生产力演变特征[J]. 中国农业气象,2006,27(2):70-75.
- [8] 丁裕国,施能. 气象场经验正交函数不同展开方案收敛性问题的探讨[J]. 大气科学,1992,16(4):436-443.
- [9] Zhu Yimin, Yang Xiuqun. Joint propagating patterns of SST and SLP anomalies in the North Pacific on bidecadal and pentadecadal timescales[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2003, 20(5): 694-710.
- [10] 丁一汇,王遵娅,何金海,等. 近50 a来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报,2005,62(2):228-236.

Variations of Soil Moisture During the Growth Phase of Main Crops in Semi - arid Region in Gansu

SHI Xiaoxia

(Dingxi Meteorological Bureau of Gansu Province, Dingxi 743000, China)

Abstract: Based on the observed soil moisture data in the farmland of springwheat, winter wheat, benne, oat, potato and bean from 1971 to 2006 in the semi - arid region of Gansu Province, the variation character of soil moisture in the farming land was analyzed by using EOF and wavelet analysis method. Results show that the soil there kept long - term drought, and the soil moisture had 2 and 4 years variation period. The vertical change of soil moisture presented decreasing trend with soil depth increase, and soil moisture dropped down during the period of crop growth, it was smaller in summer than that in other seasons. The vertical variation of soil moisture was correlated with the sort of the crop, different crops consuming soil moisture had the obvious spatio - temporal difference.

Key words: loess plateau; crops; soil moisture; change