

西安地区丰水年农田深层土壤含水量研究

李瑜琴¹, 赵景波^{1,2}

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062;
2. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075)

摘 要: 通过对西安南郊吴家坟、长安区郭杜镇大学城和双竹村附近丰水年(年降雨量 883 mm)麦地、玉米地土壤含水量的测定, 以及与正常年份该地土壤含水量的对比, 研究丰水年该地区农田 0~6 m 土壤含水量的变化。结果显示, 正常年份西安地区麦地 0~2 m 土层含水量高于 12%, 2~6 m 土层含水量高于 13%; 丰水年西安地区麦地 0~2 m 的土壤含水量在 18% 以上, 2~6 m 土层含水量达 24% 以上, 远远高于正常年份这一层位的土壤含水量。分析得出, 西安地区农田深层土壤含水量高的主要原因是重力水带分布范围大于或等于农作物的强烈耗水层范围。

关键词: 西安地区; 丰水年; 麦地; 玉米地; 含水量
中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0078-04

陕西是全国缺水最严重的省份之一, 年均缺水量 20 亿 m³, 人均 667 m² 地均水资源量仅为全国平均水平的 54% 和 42%, 特别是关中主要产粮区, 水资源量更是远远低于绝对缺水线, 遇到干旱年份全省粮食减产达 10 多亿至 25 亿 kg^[1]。小麦是陕西省第一大粮食作物, 播种面积和总产均占粮食作物的 40% 左右。据调查, 陕西省小麦单产比全国低 40 kg 左右。水分是农作物生存的基本因子, 它不仅影响作物的个体发育, 也决定着作物的结构类型, 并限制了作物的分布范围。黄土高原土层深厚, 地下水埋深大, 植物生长难于利用地下水^[2], 所需的水分主要来自土壤水, 土壤水分的多少直接制约着植物的生长状况。土壤水分不足, 特别是深层土壤水分亏缺, 直接影响到水循环^[3,4], 限制了植被的正常生长发育, 造成农作物低产, 导致土地生产力退化, 严重的甚至造成大面积死亡。因此, 研究该区农田的水分环境状况及其土壤水分的变化规律对该区农业生产有重要意义。

1 地区概况与研究方法

1.1 地区概况

西安地区的气候属暖温带大陆性季风气候, 四季冷暖分明, 冬夏两季较长, 春秋两季较短。春季升温迅速, 干燥多风; 夏季炎热高温, 日照强烈; 秋季温和湿润, 时有阴雨; 冬季寒冷干燥, 雨雪偏少。西安市≥10℃的积温为 4 500~4 700℃, 年平均气温为

13.0~13.5℃^[5,6]。种植制度为一年两熟或两年三熟制, 小麦是西安地区最重要的夏粮作物, 玉米是西安主要的秋粮作物, 因此, 我们选取这两种典型的作物研究其土壤水分状况。西安市年平均降水量为 550~600 mm 左右。降水主要集中在夏秋 7、8、9 三个月。并且降水量的年际变化与季节变化都很大, 降水最多年与最少年之间相差达 311.5~449.3 mm, 差值为平均值的 51%~68%^[5]。2003 年平均降水量为 883 mm, 比其多年平均降水量(600 mm)高出近 300 mm, 是西安地区的丰水年, 2004 年降水量正常, 但受 2003 年较多降水的补给, 土壤含水量也较大。以 2003 年 5 月为界, 2002 年初到 2003 年 5 月初之前的土壤含水量为正常年份的土壤含水量, 之后为丰水年土壤含水量。研究地点选在西安南郊吴家坟(108°55'E, 34°18'N)和长安区双竹村少陵塬(108°55'E, 34°10'N)。二地均位于渭河二级阶地, 地形平坦开阔, 表土为马兰黄土, 土质疏松, 结构均一。

1.2 研究方法

土壤样品用轻型人力钻采取, 取样深度为 6.0 m, 样品间距为 10 cm。所采样品均用铝盒包装而且用胶带密封, 尽量减少水分的散失。含水量测定采用烘干称重法。烘干温度 105℃, 烘干时间为 10 h。烘干前后的土样重用 1/10 000 精度电子天平称得。含水量计算式:

$$W = (W_1 - W_3) / (W_2 - W_3) \times 100\%$$

其中 W 为所测样品的土壤含水量, W_1 为烘干前土壤样品和铝盒质量(g), W_2 为烘干后土壤样品和铝盒质量(g), W_3 为铝盒质量(g)。

2 双竹村丰水年土壤含水量测定结果

在长安区双竹村少陵塬上同一地点根据不同季节我们选择了不同的农田进行了土壤含水量的测定。

2.1 春季麦田和秋季玉米田土壤含水量

于 2004 年 4 月 28 日对长安双竹村麦田进行了打钻取样, 根据样品测定结果得知, 该地土壤含水量

总的变化范围为 16.2%~26.8%, 平均含水量为 21.9%, 含水量很高(图 1a)。地表以下 0~200 cm 含水量较低, 范围在 16.2%~21.7%, 平均 19.2%; 第二层 210~400 cm, 含水量迅速升高, 其范围在 21.4%~26.8%, 平均为 24.4%; 第三层 410~600 cm, 含水量又逐渐减小, 范围在 20.4%~25.1%, 平均为 22.1%。西安地区春季降水少, 而且 4 月是冬小麦灌浆的季节, 消耗水分较多, 但该地 0~200 cm 含水量达 19.2%, 完全能够满足作物生长发育的水分需求。

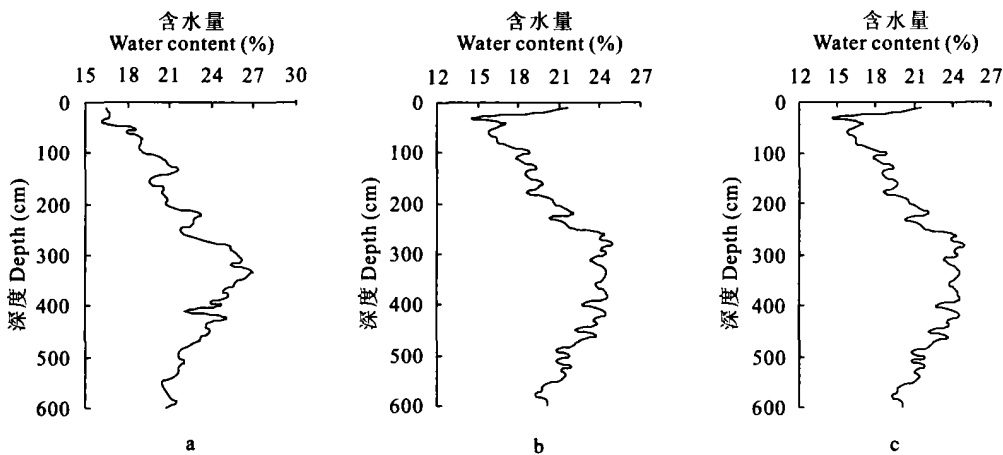


图 1 长安双竹村丰水年春季麦田和夏季玉米地土壤含水量

Fig. 1 Soil moistures of wheat land in spring and maize land in summer in rainy year at Shuangzhu village in Chang'an

a. 春季麦田土壤含水量; b. 夏季玉米地 a 孔土壤含水量; c. 夏季玉米地 b 孔土壤含水量

由于西安地区为一年两熟制, 夏季麦子收获之后, 播种玉米。2004 年 8 月 1 日我们在长安双竹村原地点进行了采样测量, 农作物已由春季的麦子变为玉米, 两采样点以玉米地 a 孔和玉米地 b 孔来代表, 两个采样点相隔约 500 m。玉米地 a 孔的土壤含水量变化范围 14.6%~25.0%, 平均 21.2%, 变化规律与春季基本类似(图 1b)。0~200 cm 为第一层, 含水量较低, 含量范围在 14.6%~21.6%, 平均为 18.3%; 210~440 cm 为第二层, 含水量升高, 范围在 20.3%~25.0%, 平均为 23.5%; 450~600 cm 为第三层, 含水量又降低, 范围在 19.3%~23.8%, 平均为 21.2%。玉米地 b 孔的含水量变化范围在 13.5%~23.2%, 平均为 19.4%。第一层在 0~220 cm, 含水量变化范围在 13.5%~21.5%, 平均为 16.3%; 第二层在 230~400 cm, 含水量变化范围迅速增大到 18.0%~23.0%, 平均为 21.4%, 第三层在 410~600 cm, 含水量逐渐降低, 范围在 19.1%~23.2%, 平均为 20.9%(图 1c)。5~8 月是西安地区

降水集中的月份, 2004 年 5~8 月累计降水 157 mm, 7、8 月正是玉米拔节时期, 消耗水分也比较多, 表层 0~200 cm 土层受降水和蒸发的影响, 水分变化剧烈。虽然此农田 8 月 0~200 cm 土层含水量比 4 月低, 但是已经达到 16% 以上, 也能满足作物的需要。

2.2 秋季麦茬地土壤含水量

经过两个月的降水补给, 于秋季 10 月 6 日我们又对以上同一地点进行了观测, 只是在距离原地点 500 m 处增加了一个采样点, 而且地势比原来低了一些。2004 年 8~10 月份西安地区累积降水量为 76.7 mm。两个地点分别以麦田 a 孔和麦田 b 孔加以区分。麦地 a 孔的土壤含水量变化范围为 11.8%~24.3%, 平均为 19.5%, 由于采样前一天刚降过雨, 表层 70 cm 很湿润。80~260 cm 含水量较低, 范围在 11.8%~19.0%, 平均为 14.6%; 270~450 cm 含水量范围增加到 20.1%~24.3%, 平均为 23.1%; 460~600 cm 土层含水量范围为 19.8%~23.0%, 平均为 21.2%(图 2a)。

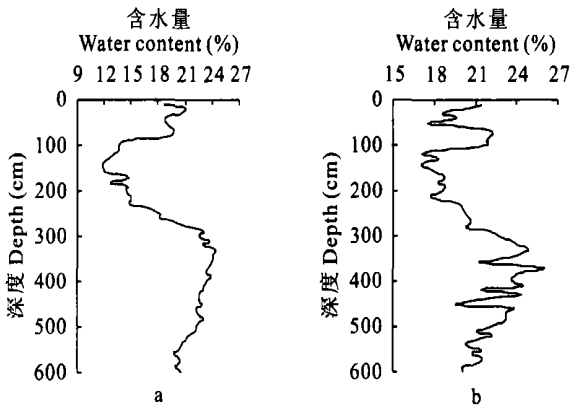


图 2 长安双竹村丰水年秋季麦地土壤含水量

Fig. 2 Soil moisture of wheat land in autumn at Shuangzhu village in Chang'an

a. 秋季麦地 a 孔土壤含水量; b. 秋季麦地 b 孔土壤含水量

麦地 b 孔表层 1 m 同样由于降雨的作用变化极不规则,从 1 m 向下的变化仍然可分为三层。第一层在 110~230 cm,含水量明显低,变化范围 17.1%~19.9%,平均为 18.2%;第二层在 240~430 cm,含量范围增加到 20.1%~25.9%,平均为 22.8%;第三层在 440~600 cm,含水量范围又减小到 19.6%~23.8%,平均为 21.5%(图 2b),0~6 m 土壤含水量平均值为 21.1%,比麦地 a 的土壤含水量

略高一些,这也是由于地势有所降低的缘故。

3 吴家坟正常降水年份麦地土壤含水量

2003 年 4 月 5 日,在西安市吴家坟附近麦地进行了钻孔取样。样品分析结果(图 3a)表明,麦地土壤含水量较高,平均含量为 13.4%。上部 0~200 cm 含水量变化在 10.3%~13.5%,平均含量 12.0%;中部 210~400 cm 土壤含水量增加,其变化范围在 11.6%~15.6%,平均含量为 13.3%;下部 410~600 cm 含水量在 13.3%~15.7%,平均含量为 15.0%。虽然麦地在 210~400 cm 含水量相当高,但比 400 cm 以下含水量偏低,表明小麦根系也吸收了该层段中一定的水分。

2005 年 4 月对长安大学城附近和双竹村少陵塬麦地进行了样品的采集,样品测定结果(图 3d),麦地土壤含水量较高,平均含量为 21.0%。上部 0~200 cm 含水量变化在 16.2%~19.7%,平均含量为 18.0%;中部 210~400 cm 土壤含水量增加,变化在 16.4%~22.1%,平均含量为 18.8%;下部 410~600 cm 含水量在 18.4%~25.0%,平均含量为 23.3%。由图 3b,c 可知,b,c 测点含水量的变化与 d 测点基本相似。

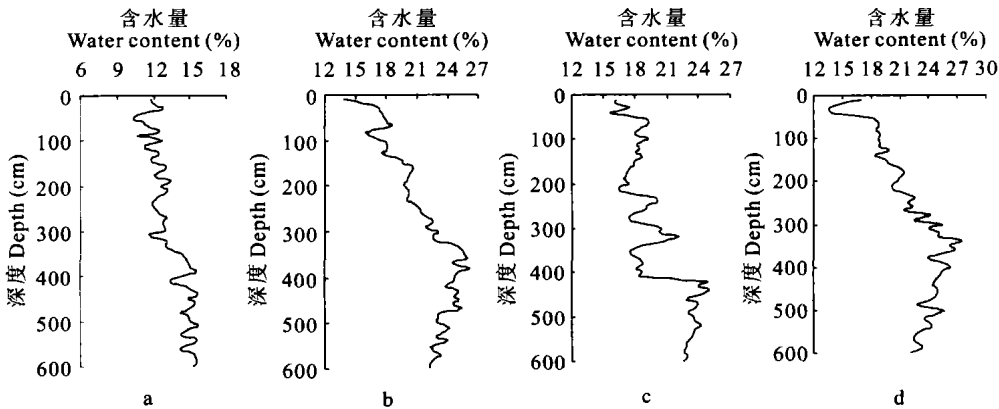


图 3 正常降水年份西安地区麦地土壤含水量

Fig. 3 Soil moisture of wheat land in Xi'an area in normal year

a 为 2003 年 4 月 5 日西安吴家坟麦地土壤含水量;
b 为 2005 年 4 月 12 日长安郭杜镇大学城附近麦地土壤含水量;
c,d 分别为 2005 年 4 月 15 日和 21 日长安少陵塬麦地土壤含水量

4 丰水年与正常年份土壤含水量对比

对比丰水与正常年春季 4 月相同地点土壤含水量的测定结果(图 4)可以清楚地看出,第一、二层土壤水分变化遵循由低到高再到低的规律,而第三层则是由低到高再到更高。2003 年 4 月土壤的含水

量主要是由 2002 年的降水量决定,因此,含水量较低。2003 年西安地区降水丰富,2004 年 4 月第一、二层土壤含水量明显升高,尤其是第二层,经过土体物理蒸发和作物生长发育消耗,到 2005 年 4 月含水量逐渐恢复正常。因为水分向深层土壤入渗较缓慢,到 2005 年 4 月第三层土壤含水量还在继续升

高。虽然各降水年份农田第一层土壤含水量最低,但均超过了 12%,能够满足作物生长的需要。

5 深层土壤含水量高的原因分析

研究表明,上世纪 50 年代以来关中气候变化总体趋势暖干化,近 50 a 增温 0.690℃,降水量减少了约 115.96 mm^[8]。由图 5 可得,近 15 a 来西安降水量呈现减少趋势,而年均温呈现上升趋势,重力水的

入渗深度也相应变浅。因为大气降水通过入渗进入土壤,在土壤中主要以重力水形式存在。西安地区重力水带分布范围多在 200 cm 以上,虽然小麦和玉米的主要根系分布在 50 cm 以上土层,但冬小麦最大根深在 200 cm 以上,农作物强烈耗水层在 200 cm 以内^[9~12]。因此,虽然气候逐渐暖干化,但西安地区农田 2~6 m 土层含水量仍较高。

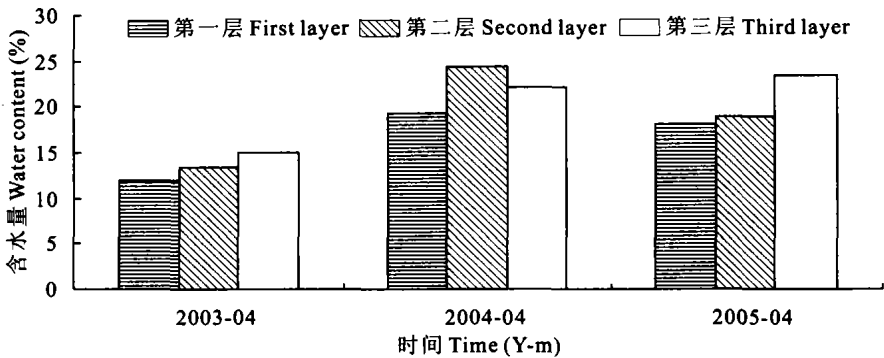


图 4 不同降水年份麦地土壤含水量对比
Fig. 4 Comparison of soil moisture in wheat land in different year

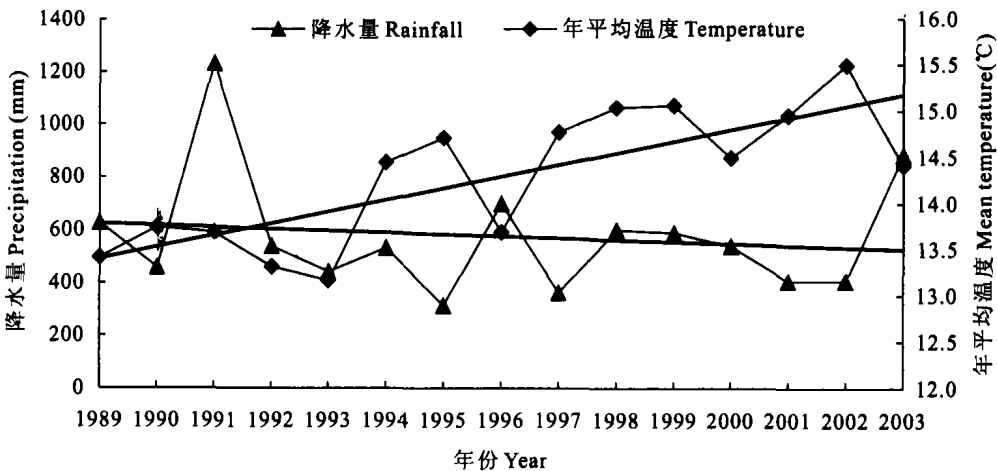


图 5 近年来西安地区气候变化^[7]
Fig. 5 Climate changes of recent years in Xi'an area

6 结 论

- 1) 西安地区田间稳定持水量约为 12%,正常年份该地区农田 200 cm 以上土壤水分含量大于 12%,因此,该层土壤水分能够满足作物生长的需要。
- 2) 西安地区农田丰水年 2~4 m 土层含水量最高,可达 24%以上;正常年份 4~6 m 土层含水量最高,达 15%。
- 3) 西安地区农田 2~6 m 土层水分含量高的主要原因是重力水带分布范围大于或等于农作物的强

烈耗水层范围。
参 考 文 献:

[1] 马祖琦,尹怀庭. 陕西省粮食单产影响因子分析及粮食灾损评估[J]. 经济地理, 2001, 21(6): 731-735.
[2] 董柏林. 陕西农业土壤环境质量状况调查与评价[J]. 农业环境保护, 1994, 13(4): 173-176.
[3] Connolly R. D. Modelling effects soil structure on the water balance of soil crops systems; a review [J]. Soil and Tillage Research, 1998, 48: 1-19.

(下转第 103 页)

(3):96—99.

[5] 刘 萍,代红军,张立杰,等. DNA 提取方法与植物种类的效应比较[J]. 宁夏农林科技,1998,(1):15—18.

[6] 刘 萍 李树华 马宏伟,等. 燕麦 DNA 导入普通小麦后代的同工酶酶谱分析[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(1):49—51.

Oat (*Avena sativa* L.) exogenous DNA introduction
into common wheat and PAPD analysis

LIU Ping^{1,2}, KANG Zhen-sheng¹

(1. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, College of Plant Protection, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan, 750021, China)

Abstract: 12 variant strains have been developed form pollen tube pathway method by taking oat (*Avena sativa* L.) and common wheat (Ningchun 4) as donor and recipient. The major agronomic traits of variant strains such as the flagleaf area, spike length, grain number of main spike, grain weight of main spike and weight of thousand grains were significantly exceeded of Ningchun 4. RAPD analysis with 68 random primers was performed. Products of each primer were detected to have polymorphism among oat, Ningchun 4 and variant strains. The specific DNA fragments of donor have been found in genome of progenies, which didn't exist in the original recipient. Oat total DNA fragments can insert into recipient through pollen tube pathway and perform phenotypic expression can be inherited in progenies. This has been directly verified through technique of molecular level of DNA.

Keywords: oat (*Avena sativa* L.); exogenous DNA introduction; pollen tube pathway; ningchun 4 spring wheat; RAPD

(上接第 81 页)

[4] Li Y S. Effects of forest on water circle on the Loess Plateau[J]. Journal nature resources, 2001,16(5):427—432.

[5] 陕西师大地理系. 西安地理志[M]. 西安:陕西人民出版社, 1988.

[6] 张 航,徐明岗,张富仓,等. 陕西农业土壤持水性能及其与土壤性质的关系[J]. 干旱地区农业研究,1994,12(2):32—37.

[7] 陕西统计局. 陕西统计年鉴(1990—2004) [M]. 北京:中国统计出版社,2005.

[8] 延军平. 渭河谷地的气候干暖化与未来趋势[J]. 环境科学, 1999,20(2):85—87.

[9] 黄明斌,杨新良,李玉山. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J]. 地理学报,2001,56(1):7—13.

[10] 陈云明,侯喜禄,刘文兆. 黄土丘陵半干旱区不同类型植被水保生态效益研究[J]. 水土保持学报,2000,14(3):57—62.

[11] 杨文治,邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京:科学出版社,2000,86—114.

[12] 王义风. 黄土高原地区植被资源及其合理利用[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991.

Study on deep soil moisture in farmlands in rainy year in Xi'an

LI Yu-qin¹, ZHAO Jing-bo^{1,2}

(1. College of Travel and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;
2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Environment Institute of Earth, CAS, Xi'an, Shaanxi 710075, China)

Abstract: Based on the determination of soil moisture in farmlands in south of Xi'an and Chang'an, the changes of soil moisture from zero to six meters in different rainy year are studied in this paper. The results show that the soil moisture is higher than 12 percent from zero to two meters, soil moisture in farmland is normal. In plentiful rainy year, the soil moisture from zero to two meters is higher than 18 percent and the soil moisture from two to six meters is higher than 24 percent, which are higher than that of the layers in normal year. It shows that Xi'an district is the place suitable to the flat root crops.

Keywords: Xi'an; rainy year; wheat land; maize land; soil moisture