

黄河流域半湿润偏旱区土壤水分动态变化规律研究^{*}

邵晓梅^{1,2}, 严昌荣²

(1. 中国土地勘测规划院, 国土资源部土地利用重点实验室, 北京 100035;
2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

摘 要:以黄河流域半湿润偏旱区14个国家级土壤湿度站点资料为数据基础, 以Sufer7.0为技术手段, 分析代表站点多年平均和不同降水年型的土壤水分动态变化规律, 以期为研究区域节水高效农业的建设提供科学依据。

关键词:土壤水分; Sufer7.0; 半湿润偏旱区; 黄河流域

中图分类号: S152.7+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)02-0091-06

众所周知, 旱作农业主要依靠自然降水进行农业生产, 而自然降水又必须转化为土壤水才能为作物所利用。土壤水的变化及区域差异不但对于区域水文, 而且通过植被、土壤等对气候都有着很大的影响。在全球土壤湿度计划(Global Soil Wetness Project, GSWP)中, 土壤水已被作为专门的议题来进行探讨和研究^[1], 且已经成为全球变化研究的重要焦点之一^[2]。

土壤水分是土地持续利用、水资源规划与管理及节水农业技术研究的基础^[3,4]。黄河流域气候干旱, 造成水资源条件先天不足, 土壤水资源十分匮乏, 土壤水分状况成为影响黄河流域农业生产的重要因素。因此, 深入分析土壤水分状况及其变化规律, 是开发利用土壤水资源、建立节水型农业的基础, 具有重要意义。本文以黄河流域半湿润偏旱区14个国家级土壤湿度站点资料为数据基础, 以Sufer7.0为技术手段, 分析代表站点多年平均和不同降水年型的土壤水分动态变化规律, 以期为研究区域节水高效农业的建设提供科学依据。

1 研究区域概况

黄河流域半湿润偏旱区包括宁夏、陕西、山西、甘肃、山东、河南6个省(区)的136个县(市), 共包括7个旱地农业类型二级区, 分别是华北滨海半湿润偏旱农牧区, 华北低平原半湿润偏旱农区, 豫北豫西半湿润偏旱农区, 太行太岳山地半湿润偏旱农区, 关中原、临运盆地半湿润偏旱农区, 延、隰黄土丘陵

半湿润偏旱农牧区和陇中黄土高原南部丘陵沟壑半湿润偏旱农牧区, 共有国家级土壤湿度站点14个, 包括延安、泾阳、大荔、咸阳、隰县、长治、临汾、万荣、运城、济阳、新乡、濮阳、天水、西峰(见图1)。地貌包括华北平原、豫西山地、临运盆地、关中原、黄土高原等, 海拔高度变化在50~2 000 m之间, 年平均气温在7~14℃之间, ≥10℃积温变化在2 500~5 000℃之间, 多年平均降水量变化在450~600 mm之间, 平均复种指数为129%, 耕地灌溉率平均为45%, 平均粮食单产为3 755 kg/hm²。本区降水量为黄河流域较多地区, 地下水资源也较丰富, 为发展旱作农业提供了有利条件。

2 研究方法和资料来源

2.1 研究方法

本文采用Sufer7.0制图软件作为绘制等值线图的手段, 进行半湿润偏旱区主要站点的土壤水分时空变化规律分析。目前, 绘制等值线的软件较多, 但是, 它们往往是为满足各自的需要而以小程序的形式开发出来, 采用单一的插值方法, 功能比较简单, 适用性不广。而本文采用的Surfer系统是美国Golden软件公司开发的专门制作等值线的工具软件, 主要功能有: 插值功能、绘制图件功能、计算分析功能、变异函数建模等。该系统在地质、测绘、水利、气象、土地资源等领域都有较广泛的应用, 是科技工作者特别是地学研究人员必备的软件, 应用极广。Sufer7.0版本提供的内插方法多达9种, 用户可根

^{*} 收稿日期: 2005-08-19
基金项目: 国家自然科学基金(40271007); 科技部社会公益项目“北方旱区土壤水分测报评估系统研究”; “农业水资源利用与水环境监测重要技术研究”; 2003年度国土资源部百名优秀科技人才计划
作者简介: 邵晓梅(1973-), 女, 河北承德人, 博士, 副研究员, 主要从事土地资源利用及节水农业研究。E-mail: shaoxmbj@sina.com; shaoxiaomei@mail.cslpi.org.cn; 电话: 010-66562079

据不同的情况选用不同的内插方法^[5~7]。在以上功能中, Surfer 系统的绘制图件功能尤其被广泛应用于气象要素、土壤湿度等空间分析领域^[8,9]。用它绘制的等值线图准确美观, 速度快, 可任意填色, 并且可用多种格式导出图形, Surfer 7. 0 的三维图形输出功能对地理事物的特征及变化趋势反应能力较强, 在类似事物的图形输出上, Surfer 7. 0 具有广泛的应用空间。

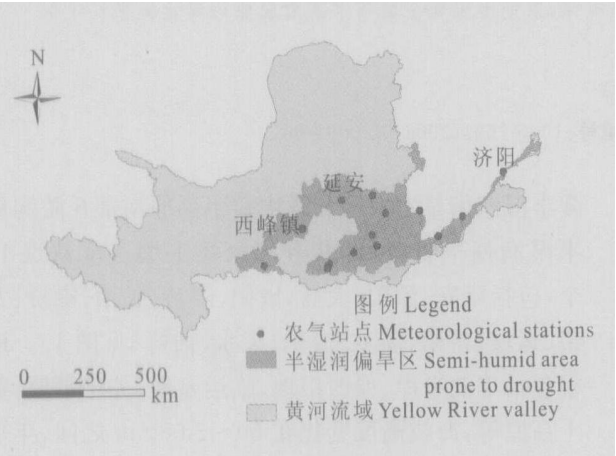


图1 黄河流域半湿润偏旱区范围及土壤湿度站点分布
Fig. 1 The location of semi-humid area prone to drought and the distribution of soil water stations

2.2 资料来源与处理

本文所采用数据来源于国家气象局, 土壤湿度

的大小用土壤重量含水率来表示, 可以用烘干称重法和中子仪两种方法进行测定。对土壤湿度的观测时间一般为2~11月份, 每月的8日、18日、28日进行3次观测。大部分土壤墒情台站建站时间是1981年, 土壤湿度的测定深度为0~5 cm、5~10 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 共11个层次。对上述数据进行处理, 分别计算出各土壤湿度站点11个层次不同深度的多年平均土壤含水量。

3 土壤水分多年平均动态变化规律

3.1 总的变化趋势

总的来看, 半湿润偏旱区土壤水分的季节变化可分为4个阶段: ① 相对稳定阶段, 11月至翌年3月下旬; ② 大量蒸发阶段, 4月下旬至6月下旬; ③ 雨季恢复阶段, 6月下旬至9月上旬; ④ 缓慢蒸发阶段, 9月中旬至11月上旬。半湿润偏旱区土壤水分变化范围在12.69%~18.84%之间, 其中最低值12.69%出现在4月下旬表层0~5cm处, 最高值18.84%出现在10月中旬5~10 cm处(见图2)。就垂直变化而言, 总体上呈波动趋势, 不同季节稍有变化。在干旱季节表现为增长型, 而在雨季则表现为降低型。

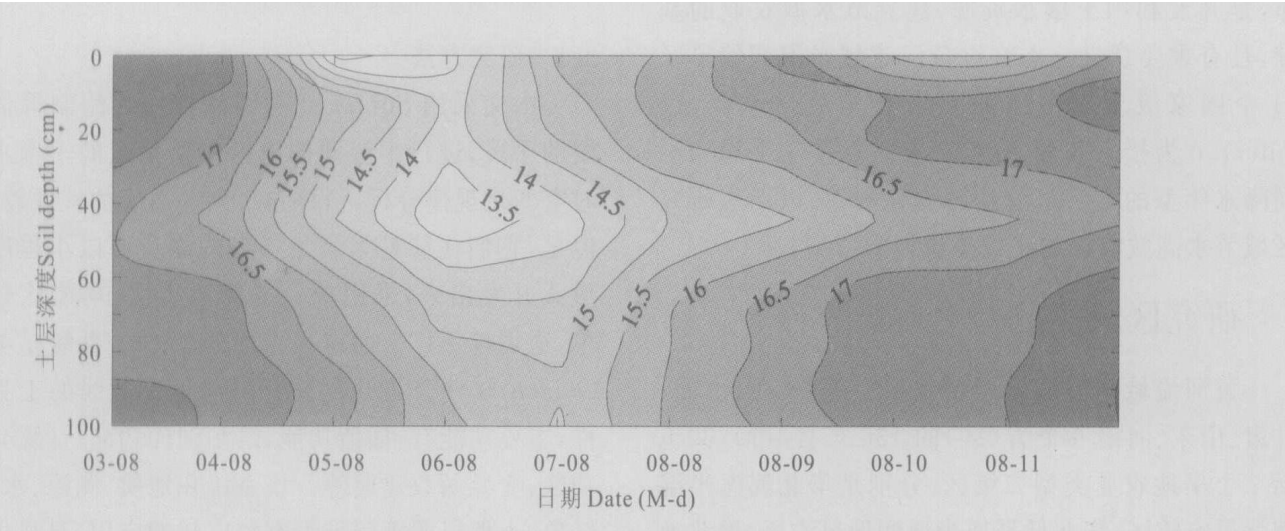


图2 半湿润偏旱区土壤重量含水率等值线图
Fig. 2 The isolines of soil water content in semi-humid area prone to drought

3.2 代表站点分析

本文选择华北低平原半湿润偏旱农区, 延、隰黄土丘陵半湿润偏旱农牧区和陇中黄土高原南部丘陵沟壑半湿润偏旱农牧区3个具有代表性的旱地农业

类型二级区进行分析。
3.2.1 华北低平原半湿润偏旱农区 选择济阳试验站作为代表站点进行分析。根据济阳试验站农业气象资料可将其土壤水分的季节变化划分为3个阶

段:① 春季土壤水分大量蒸发阶段。从3月中、下旬到6月下旬,为雨季来临前的干旱季节,降水量仍比较少,但气温回升迅速,风多风大,空气干燥,蒸发旺盛;② 雨季土壤水分恢复阶段。主要包括7、8月和9月上旬,由于本阶段降水量大于土壤潜在蒸发量,土壤水分的恢复过程占主导地位;③ 秋季土壤水分缓

慢蒸发阶段。主要包括9月中旬到11月下旬。期间气温明显下降,降水显著减少,但土壤水分很活跃,空气湿度大,裸地土壤蒸发量略多于同期降水量,土壤水分缓慢蒸发,且主要在表层0~20 cm进行。就垂直变化而言,济阳试验站土壤水分垂直变化表现为自上而下逐渐增加趋势,属增长型(见图3)。

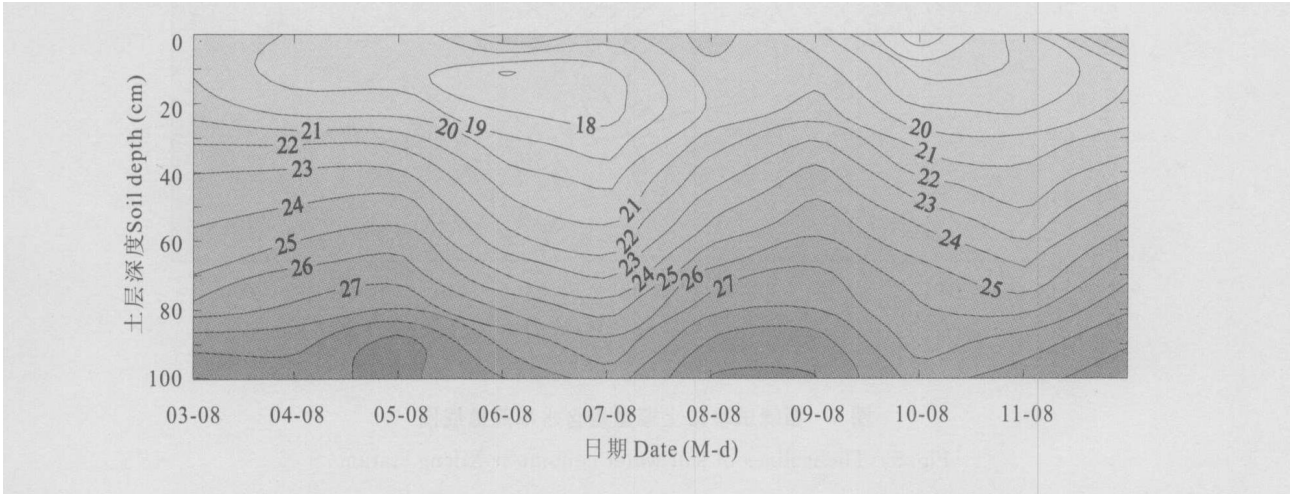


图3 济阳试验站土壤重量含水率等值线图

Fig.3 The isolines of soil water content at Jiyang station

3.2.2 延、隰黄土丘陵半湿润偏旱农牧区 本文选择位于延、隰黄土丘陵半湿润偏旱农牧区的延安试验站作为典型站点加以分析。延安试验站土壤类型为粗骨土,土壤性质类似于黄绵土,雨季时土壤湿度迅速升高,雨季过后土壤湿度骤然降低,尤其在50

cm以上表现尤为明显,而50 cm以下始终保持干燥状态。延安试验站土壤水分垂直变化表现为自上而下逐渐减少趋势,属降低型。上述变化趋势从图4可以明显看出。

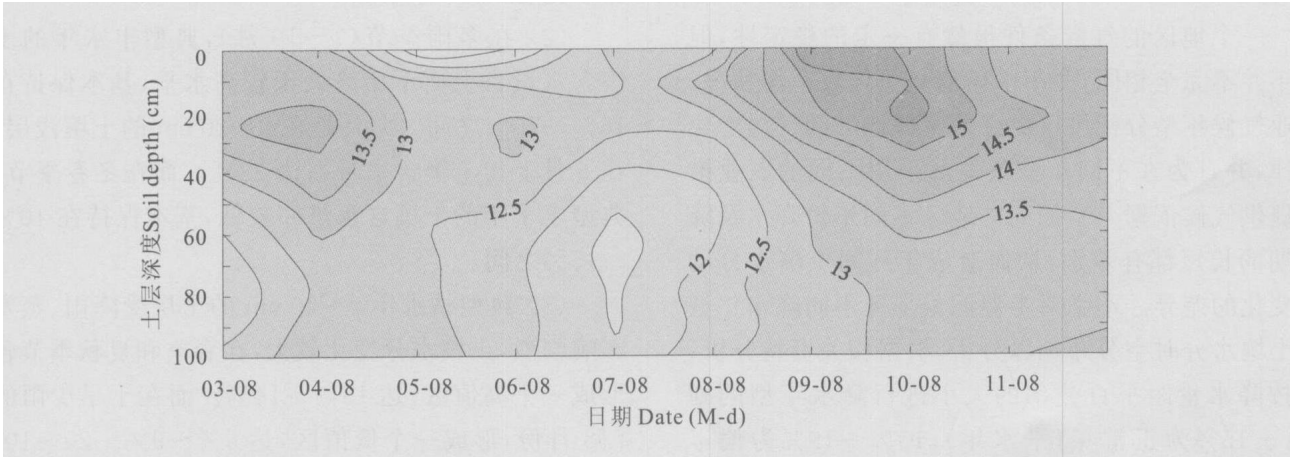


图4 延安试验站土壤重量含水率等值线图

Fig.4 The isolines of soil water content at Yan'an station

3.2.3 陇中黄土高原南部丘陵沟壑半湿润偏旱农牧区 选择位于陇中黄土高原南部丘陵沟壑半湿润偏旱农牧区的西峰站作为典型站点加以分析。西峰站土壤水分时空分布随时间变化呈现中间小、两头大的分布形式,土壤水分低值区出现时间随深度的

增加逐渐后延;6月初低值区出现在30~50 cm,7月初低值区则下移。这与前人的研究结果也是一致的^[10]。据此可将西峰站土壤水分季节变化分为3个阶段:① 土壤水分缓慢消耗阶段。该阶段从3月上旬到4月下旬,由于气温回升快,风多,空气干燥,蒸发

旺盛,但降水量仍比较少,土壤水分损失量明显增加;② 土壤水分大量损耗阶段。该阶段从5月上旬至7月下旬,该阶段虽然降水量明显增多,但因水分消耗量仍大于降水量,所以土壤水分大量损耗;③ 土

壤水分恢复阶段。该阶段从8月初开始,到10月底结束。该阶段系全年降水量最多的时期,加之气温有所降低,土壤蒸发失水强度减弱,土壤水分逐渐得到恢复(见图5)。

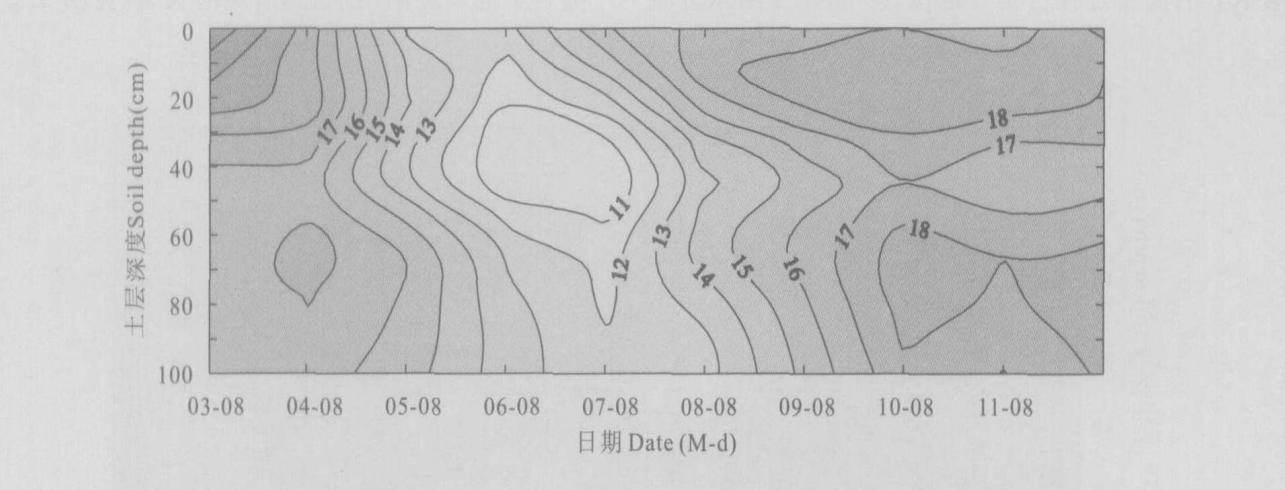


图5 西峰试验站土壤重量含水率等值线图

Fig.5 The isolines of soil water content at Xifeng station

从土壤水分垂直变化来看,西峰站0~30 cm 为土壤水分活跃层,土层因直接受天气—气候因素的影响,土壤水分运移迅速,土壤水分变异系数在22.8%以上;30~100 cm 为土壤水分次活跃层,土层受天气—气候因素的影响虽不及上层,但仍比较明显,土壤水分变异系数在16.5%与22%之间。就自上而下变化情况来看,属于波动型。

4 不同降水年型土壤水分变化特征

一个地区的气候条件虽然有一定的稳定性,但每年并不完全相同,多年平均值只是代表平均状况,农业气候年型分析可以更好地掌握地区的气候变化规律,并且在不同年型条件下采用不同的农业措施提供气候依据^[11]。如同一地区不同年份降水及降水期的长短都有差别,从而造成年际间土壤水分动态变化的差异。本文对半湿润偏旱区不同降水年型的土壤水分时空分布加以分析。根据相关资料分析,可按降水量距平百分率的大小进行降水年型的划分:±15%为正常年(平水年),15%~19%为偏丰年,-15%~-19%为偏枯年,≥20%为丰水年,≤-20%为枯水年。

选择位于延、隰黄土丘陵半湿润偏旱农牧区的延安试验站为例,延安试验站多年平均降水量为514.31 mm,1988年降水量为743.5 mm,降水量距平百分率为44.56%,是自20世纪80年代以来降水最多的一年,为典型丰水年,而1995年降水量为360.7 mm,降水量距平百分率为-29.87%,是历年

降水最少的一年,农业干旱严重,故选择1995年为典型枯水年。

从图6、图7可以看出:

(1) 春季(3~5月),典型丰水年的土壤含水量并不高于典型枯水年的土壤含水量,这主要受前一年的降水和土壤含水量的影响,但是自5月下旬开始,典型丰水年的土壤含水量逐渐增加,而典型枯水年的土壤含水量逐渐降低,二者的差额最高时约达10%左右。

(2) 在多雨季节(7~10月),典型丰水年的土壤含水量自上而下始终处于较高水平,基本保持在16%~20%之间。尤其是在0~20 cm 的土壤浅层,在8月上旬土壤含水量高达22%。而在冬春季节,典型丰水年的土壤含水量亦较低,基本保持在10%~15%之间。

(3) 典型枯水年0~40 cm 的土层受降雨、蒸发影响剧烈,土壤水分变化较大,在春季和夏秋季节各形成一个高值区,达13%~14%。而在干旱少雨的7、8月份,形成一个低值区,达5%~9%。20~100 cm 的土壤含水量始终保持较低状态,一般在10%~15%之间变动,干旱比较严重。但典型枯水年的土壤水分并不是无限制地失墒,总体上来看,土壤含水量变化比较稳定,基本保持在10%~15%之间。

(4) 总之,无论是垂直变化,还是水平变化,典型丰水年土壤含水量的变化幅度均较典型枯水年土壤含水量的变化幅度大。

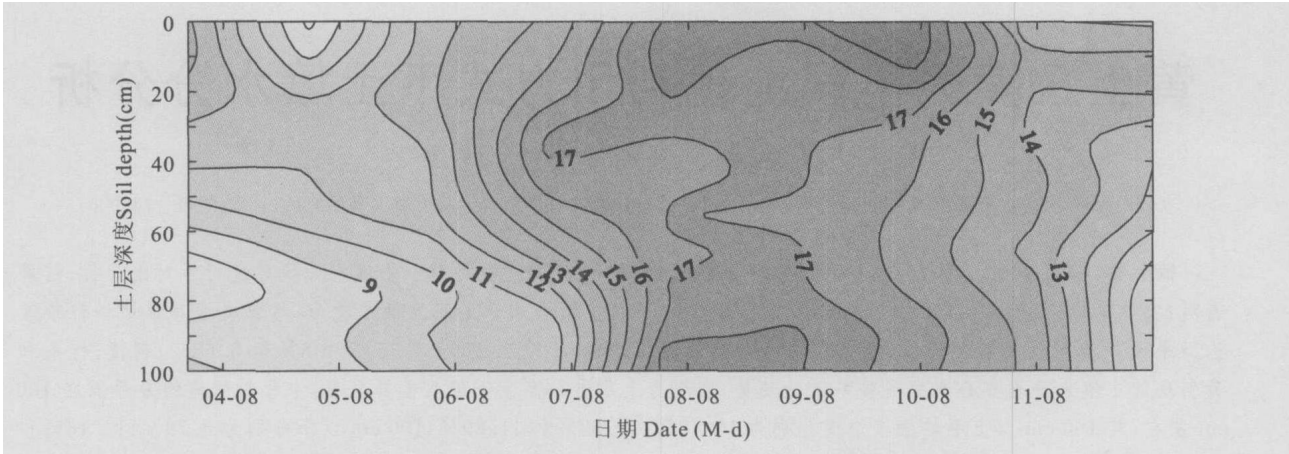


图6 延安试验站典型丰水年土壤重量含水率等值线图

Fig.6 The isolines of soil water content in rainy year (1988) at Yan'an station

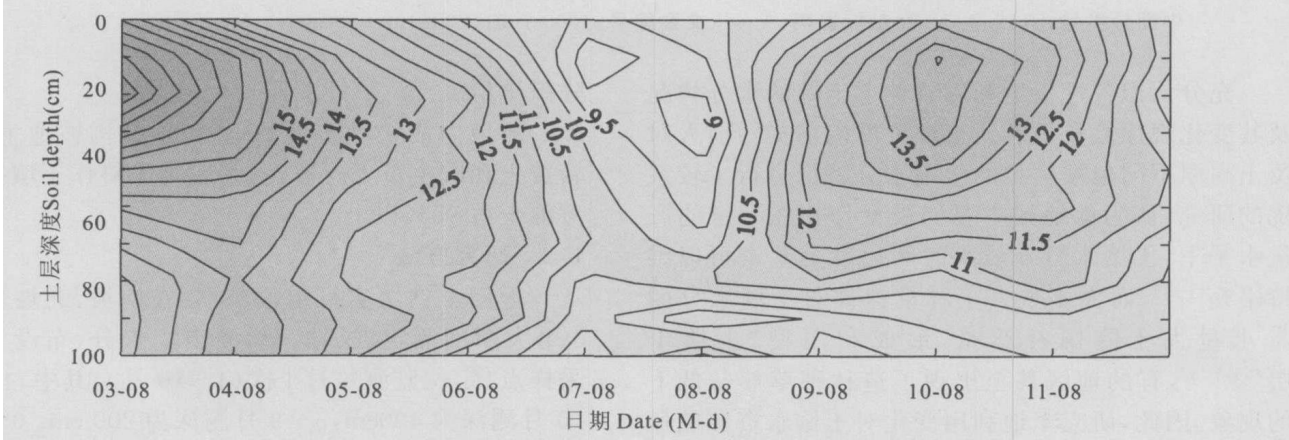


图7 延安试验站典型枯水年土壤重量含水率等值线图

Fig.7 The isolines of soil water content in dry year (1995) at Yan'an station

5 结 论

本文以黄河流域半湿润偏旱区 14 个国家级农业气象站点资料为数据基础,以 Sufer 7.0 为技术手段,分析了代表站点多年平均和不同降水年型的土壤水分动态变化规律,得出以下结论:

- 1) 总的来看,半湿润偏旱区土壤水分的季节变化可分为相对稳定、大量蒸发、雨季恢复和缓慢蒸发 4 个阶段。土壤水分变化范围在 12.69%~18.84% 之间,但位于不同旱地农业类型的济阳试验站、延安试验站和西峰镇试验站土壤水分变化动态又存在着区域差异。
- 2) 如济阳试验站土壤水分垂直变化表现为自上而下逐渐增加趋势,属增长型;延安试验站土壤水分垂直变化表现为自上而下逐渐减少趋势,属降低型;就西峰镇站土壤水分自上而下变化情况来看,属于波动型。
- 3) 就不同降水年型而言,延安试验站典型丰水

年的土壤含水量在春季并不高于典型枯水年的土壤含水量,这主要受前一年的降水和土壤含水量的影响。但是自 5 月下旬开始,典型丰水年的土壤含水量则逐渐增加,而典型枯水年的土壤含水量逐渐降低。无论是垂直变化,还是水平变化,典型丰水年土壤含水量的变化幅度均较典型枯水年土壤含水量的变化幅度大。

参 考 文 献:

[1] 李海滨,林忠辉,刘苏峡.Kriging 方法在区域土壤水分估值中的应用[J].地理研究,2001,20(4):446-452.

[2] A Henderson-Sellers. Soil moisture: A critical focus for global change studies[J]. Global and Planetary Change, 1996,13:3-9.

[3] 邵晓梅,严昌荣,徐振剑.土壤水分监测与模拟研究进展[J].地理科学进展,2004,23(3):58-66.

[4] 张 超,王会肖.土壤水分研究进展及简要评述[J].干旱地区农业研究,2003,21(4):117-125.

Water characteristics of plant diversity in temperate desert grassland

Xu Hai-liang^{1,2}, QIAO Mu¹, Aihmt · nayoup¹, ZHOU Sheng-bin¹
LIU Cheng-ge², SUN Chong-jiu²

(¹.Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi, 830011, China;
².Institute of Partacultural science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052, China)

Abstract: Base on the grassland restoration experiment in Yili pith plain, this article studied the relationship between the plant community diversity and the irrigation volume. The results showed: the water volume was the important factor in determining the vegetation growth in desert grassland; the vegetation coverage and *Seriphidium transillense* coverage were obviously improved when the irrigation volume was increased, and the grass yield and average plant height were distinctly increased too. Furthermore, all of the Simpson index, Shannon-Wiener index, Pielou index and Margalf index tended to be increased when the irrigational volume was added. By calculation, it was found that the Simpson index increased 0.021 when the irrigation volume added 1 kg/d. Therefore, the plant diversity index is sensitive to water volume in temperate desert grassland.

Key words: desert grassland; plant community diversity; water characteristic

(上接第95页)

[5] 白世彪,陈 晔,王 建,等.值线绘图软件SURFER 7.0 中九种插值法介绍[J].物探化探计算技术,2002,24(2):157-162.

[6] 熊文兵.用Surfer7.0 绘制气象等值线图[J].广西气象,2003,24(3):43-45.

[7] 李新宁,王家林,吴健生,等.借鉴GIS 基本思想在Sufer 中实现复杂地质图件的绘制[J].物探化探计算技术,2001,23(1):62-67.

[8] 邵明辉,李银芳.应用SURFER 软件绘制土壤湿度时间等值线图的方法[J].干旱区研究,1996,13(2):63-68.

[9] 文 雅,郭治兴.应用Win-Surfer 软件绘制降水等值线图[J].土壤与环境,2002,11(4):360-362.

[10] 陈洪松,郝明德,宋孝玉.黄土高原沟壑区农田土壤水分动态变化分析[J].水土保持研究,2003,10(1):92-94.

[11] 韩湘玲.农业气候学[M].太原:山西科学技术出版社,1999.

Analysis on dynamic changes of soil water
in semi-humid area prone to drought in Yellow River valley

SHAO Xiao-mei^{1,2}, YAN Chang-rong²
(¹.Key Laboratory of Land Use, Ministry of Land and Resources,
China Land Surveying & Planning Institute, Beijing 100035, China;

². Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Soil moisture is an important basis of land sustainable use and water resource planning and management, and it has become one of the research hotspots in the world. According to the data of soil water at 14 national stations, this paper analyzes the seasonal and vertical variations of soil water contents in typical sites during the last 20 years and in different precipitation years by means of Sufer7.0 technology. The results and conclusions will provide scientific guidance to the development of high-efficient water-saving agriculture in the semi-humid area prone to drought in Yellow River valley.

Key words: Sufer7.0; soil moisture; semi-humid area prone to drought; Yellow River valley