

西北地区东部耕作层土壤湿度近 22 年变化分析

高 蓉^{1,2}, 陈少勇², 董安祥¹, 张晓芬²

(1. 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, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 白银市气象局, 甘肃 白银 730900)

摘 要: 利用西北地区东部 17 个测站 1981~2002 年 3~10 月固定地点测得 0~30 cm 土壤湿度资料, 分析了近 22 a 来西北地区东部耕作层土壤湿度的空间变化和时间变化。结果表明: 土壤湿度自西南向东北减少; 1981~2002 年呈现明显下降趋势, 20 世纪 80 年代前半期处于峰值; 湿度变化大多有 5~6 a 的周期, 1986~1988 年为较为一致的干旱时期; 春、夏、秋三季中春季湿度最小, 秋季最大; 22 a 中春、秋季湿度下降明显, 显著减少区位于陇中。

关键词: 土壤湿度; 时空变化; 西北地区东部

中图分类号: S152.7⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0186-05

西北地区东部地域广阔, 位于腾格里沙漠、毛乌素沙漠南部, 包括青海东部、甘肃中东部、宁夏南部、陕西中北部, 深居内陆, 地跨半干旱和半湿润区, 是温和半湿润气候区向温和半干旱、干旱气候区的过渡带, 干旱多发, 水土流失十分严重, 这里既是气候变化敏感区, 又是生态环境脆弱带, 农、林、牧业生产对气候条件的依赖性极强, 是黄河中上游水土保持重点区域^[1~3]。

土壤湿度是对气候变化较敏感的环境因子之一, 也是水循环的一个主要环节, 可作为地表水文过程的一个综合指标, 是地表水文过程信息的重要载体^[4]。也是作为气候变化研究中的一个重要的物理量一直受到研究者的重视^[5~7], 对中小尺度天气过程也有重要作用^[8,9]。随着经济的不断发展, 森林砍伐、农田开垦、过度放牧及城市化的发展都将造成地表植被覆盖的减小, 地表覆盖的减小将会使蒸发增加, 土壤含水量减少, 土壤表面的水粘膜力减小, 引起风对土壤的侵蚀, 其结果就是土壤沙漠化^[10], 另外地下水的过度开采也是形成土壤干化的重要原因。土壤水分是植物可有效利用的水分, 土壤湿度的变化直接影响到作物生长发育, 在西北地区东部半干旱区水分是影响植物生长的主要因子之一^[11], 3~10 月是植被和作物主要生长期, 研究这一时期土壤湿度的变化, 可以为该地区充分利用土壤水分资源, 合理安排农、林、牧业生产, 改善生态环境提供科学依据。本文采用了近 22 a 的土壤湿度观测资料, 利用线性倾向、小波分析等方法分析了西北地区东部浅层土壤湿度变化。

1 资料和方法

本文所选用西北地区东部的 17 个农业气象观测站为湟源、互助、贵德、靖远、会宁、定西、环县、通渭、西峰、天水、榆林、延安、洛川、永寿、大荔、咸阳、固原。各站点分布见图 1。资料为 1981~2002 年农作物生长期(3~10 月)固定地点每旬逢 8 测得的土壤湿度资料, 土壤湿度用土壤重量含水百分率表示, 即:

土壤重量含水百分率 = [土壤含水量(g)/干土重量(g)] × 100% (1)

耕作层土壤湿度用 0~30 cm 平均土壤湿度代替(%)。

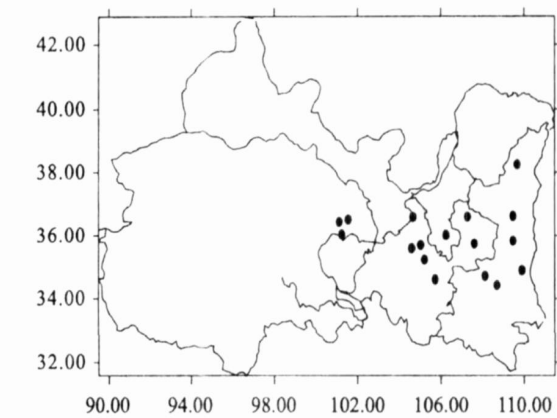


图 1 西北地区东部土壤湿度观测站分布

Fig. 1 Distribution of soil moisture meteorological stations in the east of Northwest China

收稿日期: 2008-05-08
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)资助
作者简介: 高 蓉(1966—), 女, 陕西延安人, 工程师, 主要从事生态与农业气象预报服务工作。E-mail: gaorong23@126.com。

线性倾向分析。把气候要素写成时间 t 的函数:

$$y = at + b$$

(2)

其中 a 、 b 为经验常数,用最小二乘法通过实际资料计算得出, a 表示线性倾向率, a 值的符号反映 y 上升或下降的变化趋势, a 值的大小反映 y 上升或下降的速率,也就是气候要素的线性趋势。

小波分析使用 MHAT 小波:

$$\Psi(x) = (1 - x^2)e^{-\frac{x^2}{2}}$$

(3)

2 耕作层土壤湿度的时空分布特征

2.1 空间分布

对所选用的 17 个站点耕作层土壤湿度(以下简称土壤湿度)逐站求年平均值,绘制多年平均土壤湿度分布图(图 2)。从图 2 可见,土壤湿度值东北部小于西南部,土壤湿度中部小,西部、南部大,最小值出现在甘肃靖远,小于 8%,最大值出现在青海东部,并且从中部至东北方向为一干旱带。

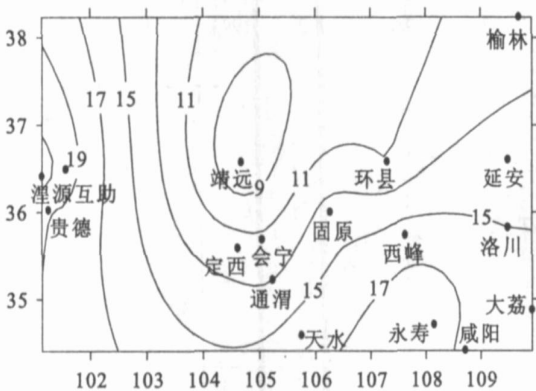


图 2 西北地区东部浅层年平均土壤湿度分布(%)

Fig.2 Distribution of annul mean soil moisture in shallow layer in the east of Northwest China

2.2 年际变化特征

2.2.1 平均年际变化特征 对西北地区东部 17 个测站 1981~2002 年耕作层 3~10 月每旬平均土壤湿度进行线性倾向分析(图 3)。结果表明,1981~2002 年西北地区东部土壤湿度呈现明显下降趋势,递减率 0.98%/10a,年际变化较大;20 世纪 80 年代前半期处于高值,1981 年、1984~1985 年处于峰值时段,年平均在 16%以上,1986~1987 年大幅下降,1987 年出现谷值,其后呈现逐渐上升趋势,在 14%附近上下摆动,1997 年又出现明显下降。

李新周^[12]等研究认为,西北地区东部变干趋势

明显,大部分地区干旱现象严重,当前的干旱化时空格局与东亚夏季风异常特征密切相关,夏季风减弱以及由此造成水汽输送量减少是导致干旱化发展的主要原因。

2.2.2 周期变化特征 我们选取具有代表性且资料年代较长的西峰、天水、通渭、延安 4 站,采用小波分析研究浅层土壤湿度的多时间尺度及周期变化特征。如图 4,其中横坐标为时间,纵坐标为小波伸缩尺度,实线表示小波变换系数的零或正等值线,虚线为负等值线,在此我们定义小波变换曲线函数值 $F < 0$ 为干旱时期,干旱的强弱可以由小波变换曲线的密度及数值 F 、时间层次的多少 t 和不同层次下 F 的正负号 S 共同决定,当 F 小、 t 大且 $S < 0$ 时,干旱强度最大。从图 4 可以看出,西北地区东部在上世纪 80 年代中后期(1986~1988 年)为全区一致的干旱时期,但各地在不同的时间层次上所对应的周期不同。西峰土壤湿度变化在 7 a 的时间层次上以 5 a 左右的周期最为明显,其中 1986~1988 年、1993~1996 年、1998~2000 年是干旱期,而在 14 a 的时间层次上有准 20 a 周期,20 世纪 90 年代为持续干旱期,从 2001 年起至今正经历着土壤湿度相对偏大时期。同一历史时期在不同时间层次上发生干旱的次数不同,1981~2002 年所发生的干旱次数在 6 a 的时间层次上出现了 4 次,而在 14 a 的时间层次上只出现了 1 次。从图 4A 知,1986~1988 年密度及 F 值较小,但 t 较小且 S 有正值,说明这期间浅层土壤湿度下降剧烈、持续时间短的特点,而 1992~2000 年 t 较大但密度和 F 较小,为持续时间较长的干旱时期。

天水土壤湿度变化在 3 a 的时间层次上以 5 a 左右的周期最为明显,其中 1981~1983 年、1986~1988 年、1990~1992、1996~1998 年是干旱期,而在较长的时间层次上目前处于土壤湿度相对偏大时期。1981~2002 年所发生的干旱次数在 3 a 的时间层次上出现了 4 次,而在 14 a 的时间层次上出现了 2 次。从图 4B 知,1986~1988 年的干旱强度最大。

通渭土壤湿度变化在 8 a 的时间层次上以 9~10 a 左右的周期最为明显,其中 1986~1991 年、1996~1998 年是干旱期,尤其是 1986~1988 年, F 小、 t 大而且 S 全为负,是干旱最为严重时期。

延安土壤湿度变化在 5 a 的时间层次上以 6 a 左右的周期最为明显,其中 1985~1988 年、1991~1993 年是干旱期,目前处于相对偏高时期。

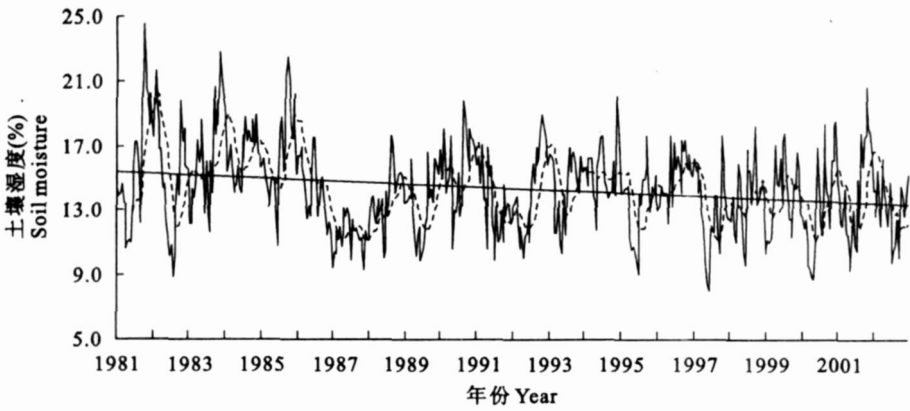


图 3 西北地区东部浅层平均土壤湿度线性倾向分析

Fig. 3 Distribution of linear tendency analysis of shallow average soil moisture in the east of Northwest China

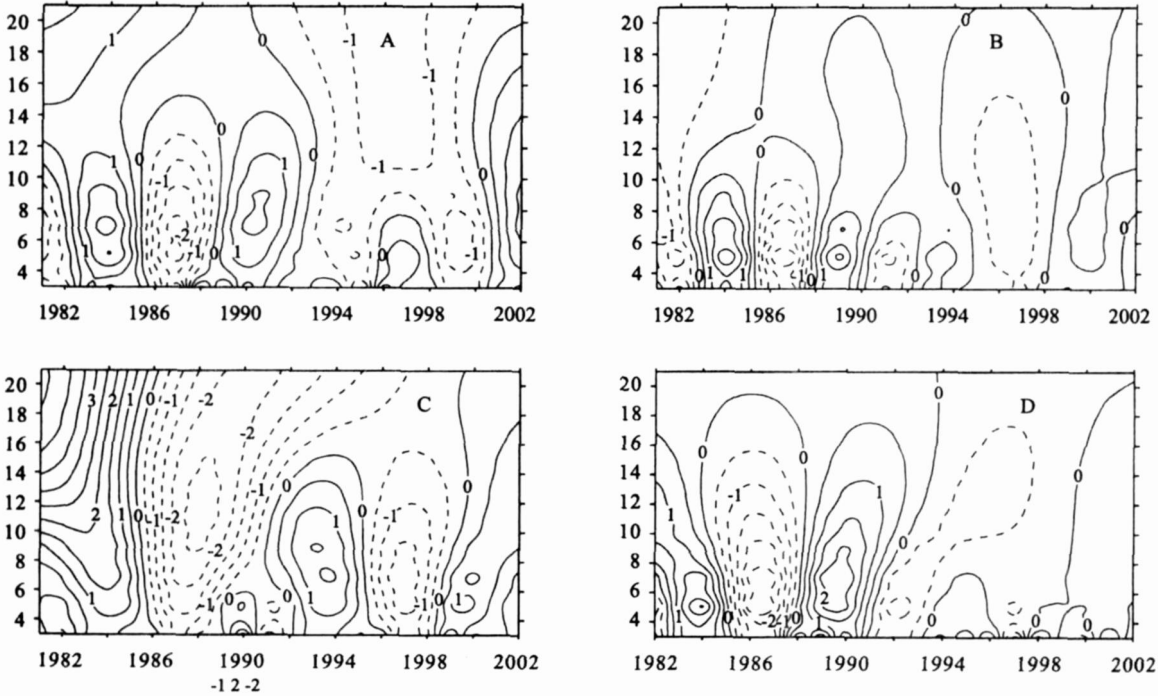


图 4 西北地区东部代表站耕作层土壤湿度小波分析图(A:西峰;B:天水;C:通渭;D:延安)

Fig. 4 Diagram of the cropping layer soil moisture using wavelet analysis of Northwest eastern region's representative stations

(A:Xifeng; B:Tianshui; C:Tongwei; D:Yan'an)

3 土壤湿度的季节变化特征

3.1 季土壤湿度的空间分布特征

我们以 4、7、9 月分别代表春、夏、秋三季(下同),分析各季平均土壤湿度的地理分布(图 5 A:春季,B:夏季,C:秋季)。从图可以看出,西北地区东部土壤湿度在 36°N 以北、104~108°E 地区常年偏小,且等值线呈西南—东北走向,甘肃中部靖远为一常年存在的干旱中心。春季,土壤湿度大于 16% 的地区主要在青海东部、甘肃西南部,而小于 12% 区域南部边界纬度偏南,103°E 以东地区土壤湿度基本都小于 16%,干旱区域较大,这与春季西北地区降水较少、升温较快、蒸发加大有直接关系,而青海

东部受祁连山气候影响,年降水量在 300~450 mm,年际变化小,降水稳定,加之气温低、蒸发小,土壤湿度较大。夏季,青海东部、甘肃东南部、陕西西部部分地方土壤湿度大于 16%,同时 105°E 以东的 12% 等值线向北移动,重旱区减少,而甘肃中部重旱区有所扩大。单红洮^[13]研究认为,甘肃中部土壤失墒是一缓变过程,夏季随作物耗水量的增加,土壤失水严重,土壤湿度下降明显。秋季,土壤湿度大于 16% 的区域显著扩大,包括青海东部、陕西中西部、甘肃东南部,重旱区范围减小,西峰、洛川土壤湿度均大于 16%,定西、固原在 13% 左右,湿度增加明显。进入秋季作物耗水量下降,蒸发减小,降水较多,土壤水分得以补充,如定西,9 月降水量较 4 月

偏多 80% 以上,而蒸发量下降 25%,所以土壤水分得以改善^[13]。

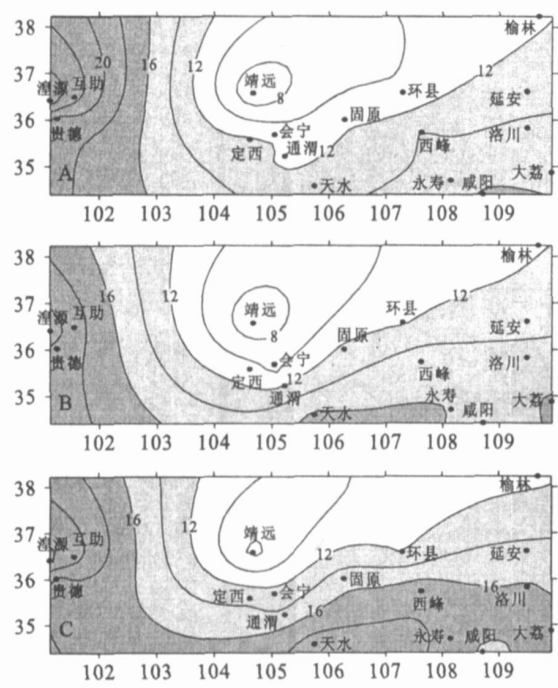


图 5 西北地区东部季土壤湿度空间分布(%)

Fig.5 Spatial distribution of seasonal soil moisture in the east of Northwest China

3.2 季土壤湿度的时间变化特征

为便于讨论,我们选取西峰、通渭两站进行讨论。用 1981~2002 年春、夏、秋土壤湿度旬资料绘制年变化曲线及一、二阶趋势拟合线,分析三季土壤湿度的年际变化。从图 6 中可以看到,西峰春季土壤湿度一、二阶趋势线基本重合,呈现单调下降趋势,22 年中下降率 2.2%/10a,土壤湿度在 1984、1994、2002 年出现峰值,而在 20 世纪 90 年代出现 3 次谷值,分别在 1995、1998、2000 年,湿度仅为 6%~8%,干旱频率明显加快;夏季土壤湿度变化最大特点为振幅加剧,线性下降趋势不显著。1984、1996、1998 年出现峰值,土壤湿度均在 23% 以上;1982、1989、1995、1997 年出现谷值,土壤湿度在 4%~8% 之间;秋季总体呈现下降趋势,下降率 2.8%/10a。从二阶趋势中可以看到,总趋势大体分为两部分,1981 年到 1996 为持续下降时期,从 1997 年起转为缓慢上升趋势。

通渭(图略)春、夏、秋三季线性趋势均呈现下降,三季中以秋季下降幅度最大,下降率 0.9%/10a,春季土壤湿度年际波动小,一般在 9%~15% 之间,夏、秋季年际变化大,在 5%~24% 之间;从二阶趋势线上看,春、秋季趋势大致相同,均为一降一

升,1981 年到 1996 年为下降,1997~2002 年为上升趋势,夏季则为先升后降,1981~1994 年为上升,1995~2002 年为下降。以上结果表明,西北地区东部春、夏、秋土壤湿度整体呈现线性下降趋势,其中秋季下降最为明显;而从二阶趋势上看,80 年代到 90 年代中期为缓慢下降,90 年代中后期开始回升。

3.3 季土壤湿度变化趋势

计算西北地区东部各站 1990~2002 年春、夏、秋各旬土壤湿度变化与时间 t 的相关系数,求得各站的 R ,绘制 R 的空间分布图(图 7)(夏、秋图略,通过 $\alpha=0.05$ 信度检验的减小区域用浅色块表示,增加区域用横线表示,通过 $\alpha=0.001$ 信度检验的减小区域用深色块表示),从中可以看出春季西北地区东部大多数区域土壤湿度变化有减小趋势,主要减小区域位于陇中靖远至六盘山北部、陇东至陕西西部,显著减小区在靖远;土壤湿度增加的区域较小,主要分布在青海高原东部。夏季西北地区东部大多数区域土壤湿度变化有增大趋势。除甘肃东南部至陕西西部减小外其余地方均呈现增加趋势,显著增加区在青海高原东部。秋季与春季变化趋势基本相近,大多数区域土壤湿度变化有减小趋势,主要减少区域较春季小,位于甘肃中部;土壤湿度显著增加的区域较小,主要分布在青海高原东部。

4 结 论

- 1) 西北地区东部浅层土壤湿度的空间分布自西南向东北减少,陇中形成最小中心,青海高原东部湿度大。
- 2) 线性倾向分析表明,浅层年平均土壤湿度呈现明显下降趋势,递减率 0.98%/10a,上世纪 80 年代前半期处于峰值,1981 年、1984~1985 年达最大值,年平均都在 16% 以上;1986~1987 年大幅下降,1987 年出现最小值,90 年代后期呈继续下降趋势。
- 3) 小波分析表明,西北地区东部土壤湿度变化大多有 5~6 a 的周期,1986~1988 年为全区一致的干旱时期,其中通渭干旱最为严重;各地在不同的时间层次上所对应的周期不同,西峰有 5 a 和准 20 a 周期,天水、延安 5~6 a 左右的周期最为明显,通渭 9~10 a 左右的周期最为明显。
- 4) 西北地区东部土壤湿度的季节变化明显,春季土壤湿度最小,与这一季节西北地区降水较少、升温较快、蒸发加大有直接关系;秋季最大,是由于进入秋季作物耗水量下降,蒸发减小,降水较多,土壤水分得以补充;陇中靖远为一常年存在的干旱中心。

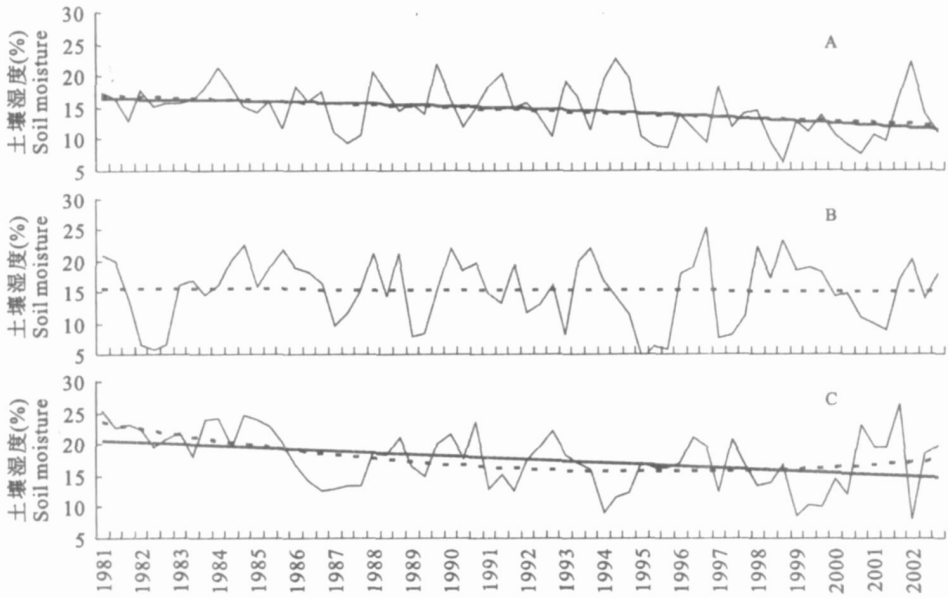


图 6 西北地区东部季土壤湿度的年际变化(A:春季;B:夏季;C:秋季)

Fig. 6 Annual change character of seasonal soil moisture in the east of Northwest of China(A:Spring; B:Summer; C:Autumn)

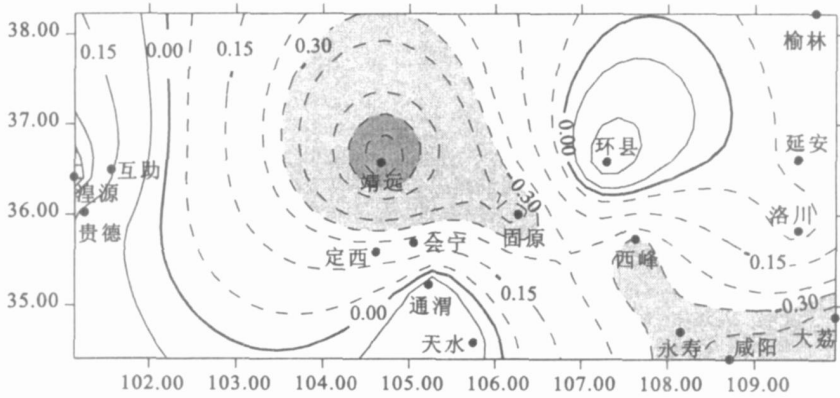


图 7 西北地区东部季土壤湿度线性变化趋势空间分布图

Fig. 7 Spatial distribution of linear change tendency of seasonal soil moisture in the east of Northwest of China

5) 22 年中春、秋季土壤湿度下降明显;春季显著减少区位于甘肃中部;夏季呈现增加趋势,但大部分地方增加不显著,显著增加区只有青海东部;秋季与春季变化趋势基本相近,大多数区域土壤湿度变化有减小趋势,主要减少区域较春季小,位于甘肃中部。

参考文献:

[1] 王毅荣. 黄土高原土壤干旱异常阶段特征[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 209—214.
[2] 钱林青. 黄土高原气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
[3] 谢金南, 李栋梁, 董安祥, 等. 甘肃省干旱气候变化及其对西部大开发的影响[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(3): 359—360.
[4] 王馥堂, 赵宗慈, 王石立, 等. 气候变化对农业生态的影响[M]. 北京: 气象出版社, 2003. 6—11.
[5] 马柱国, 魏和林, 符淙斌. 中国东部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.
[6] US National Research Council. GOALS (Global Ocean-Atmosphere-

Land System for) Predicting Seasonal-to-International Climate[M]. Washington D C: National Academy Press, 1994. 103—104.
[7] Chahine T M. The hydrological cycle and its influence on climate [J]. Nature, 1992, 359: 373—380.
[8] Fast J D, M Corcle M D. The effect of heterogeneous soil moisture on a summer baroclinic circulation in the central United States [J]. Mon Weather Rev, 1991, 119(6): 2140—2167.
[9] 王万秋. 土壤湿度异常对短期气候影响的数值模拟试验[J]. 大气科学, 1991, 15(2): 23—31.
[10] 贝佛尔 L D, 加德纳 W H, 加德纳 W R, 等. 周传槐译. 土壤物理学[M]. 北京: 农业出版社, 1983. 182—184.
[11] 邓振镛. 干旱地区农业气象研究[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 41—45.
[12] 李新周, 马柱国, 刘晓东. 中国北方干旱化年代际特征与大气环流的关系[J]. 大气科学, 2006, 30(2): 277—284.
[13] 单红洪. 甘肃中部安定区土壤湿度变化特征[A]. 中国气象学会. 中国气象学会 2005 年年会论文集[C]. 北京: 气象出版社, 2005. 3469—3474. (英文摘要下转第 195 页)

Spatial distribution characteristics of land surface temperature retrieved from MODIS data in Ningxia Hui Autonomous Region

DU Ling-tong, LI Guo-qi

(Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in North-western China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The split window algorithm is a kind of simplified algorithm that is suitable for MODIS data. For retrieving the land surface temperature, the paper discussed the calculation of some parameters, for example, brightness temperature, atmospheric transmittance, surface emissivity. In general, the brightness temperature can be calculated from band 31 and band 32 using Planck Radiation Function. The atmospheric transmittance is usually simulated by atmospheric water vapour content which can be calculated from band 2 and band 19. The surface emissivity of earth can be calculated by normalized difference vegetation index (NDVI) that deduced from band 1 and band 2 in MODIS data. Based on this simplified split window algorithm, the paper retrieves the land surface temperature of Ningxia Hui Autonomous Region. The results show that there are three different land surface temperature regions from south to north. We select a 30 km×30 km sample area in each regions and analyze their land surface temperature. In mountain regions of southern Ningxia, the land surface temperature distributes from 19.7℃ to 35.3℃ and it distributes averagely in the range. The average land surface temperature of mountain regions of southern Ningxia is 27.1℃. The land surface temperature of irrigation regions distributes in 25.9~37.1℃ and the main temperature point near in the low temperature part. The average land surface temperature of irrigation regions is 27.1℃. The land surface temperature of Ningxia middle arid regions distributes in 31.2~48.9℃ and the main temperature point near in the high temperature part. The average land surface temperature of this regions is 45.8℃. All these temperature characteristics are matched with the Ningxia land surface characteristics, such as vegetation coverage, elevation, forest distribution, etc.

Keywords: MODIS; land surface temperature; spatial distribution; split window algorithm; Ningxia

(上接第 190 页)

Analysis of the variation of shallow soil moisture in the east of Northwest China in recent 22 years

GAO Rong^{1,2}, CHEN Shao-yong², DONG An-xiang¹, ZHANG Xiao-fen²

(1. Institute of Arid Meteorology; Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of Gansu Province; Open and Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020; 2. Meteorological Bureau of Baiyin, Baiyin, Gansu 730900, China)

Abstract: Using 0~30 cm soil moisture data per ten days during March to October from 1981 to 2002 in fixed locations of 17 meteorological stations, the temporal and spatial variations of shallow soil moisture in the east of Northwest China in recent 22 years were analyzed. The results show that soil moisture reduced from southwest to northwest. It had an obvious down tendency from 1981 to 2002, and it reached its peak in the first half of the 1980s. Soil moisture variable cycle is mostly 5 to 6 years. The period from 1986 to 1988 was a more consistent time of drought. Among spring, summer and autumn, the soil moisture in spring was the smallest and it was the largest in the autumn. In the past 22 years, soil moisture was reduced significantly in spring and autumn, especially in central Gansu.

Keywords: soil moisture; temporal and spatial; variation; east of Northwest China