

西北地区东部春季土壤湿度变化的初步研究

柏晶瑜 施小英 于淑秋

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要 利用中国西北地区东部(包括宁夏、内蒙古西部以及甘肃、陕西两省 35°N 以北地区)农业气象站近 20 年固定地段旬土壤湿度资料,对该地区春季土壤湿度的变化进行了初步分析。结果表明,中国西北地区东部土壤湿度的变化具有 3 年左右的周期,而且 20 世纪 90 年代以来呈下降的趋势,这与该地区的降水和气温变化有关系;西北地区东部的土壤湿度变化对该地区群发性沙尘暴的爆发有一定影响。

关键词 西北地区东部 春季土壤湿度 沙尘暴

引言

全球陆地占地表面积近 $1/3$,其复杂性不仅表现在植被的类型、地表覆盖状况、土壤的质地、结构和属性等,还表现在土壤中水分的变化。

不同的气候带和不同的气候时段^[1],相应地都有不同的土壤温度和土壤湿度分布,因此也可以说土壤的温度和湿度是气候状态的属性之一。土壤湿度会直接影响地-气间的潜热通量,而且对辐射、感热通量及大气的稳定度造成影响。一般来讲,土壤湿度偏低,则会使地面温度上升,射出长波辐射也增加;同时,比较干的土壤其反射率较大,导致地面吸收的太阳辐射减少。这样,地面失去的热量比较多,地面温度将降低。这里虽存在着自反馈过程,但土壤湿度的影响是很明显的,即土壤的温度和湿度变化将对大气运动的总能量,也就是对气候变化起反馈作用。另外,土壤湿度直接关系着蒸发,较潮湿的土壤有利于增加大气的含水量,而且使大气稳定度降低,有利于降水的发生。

土壤湿度之所以重要,还因为它可作为地表水文过程的一个综合指标,积累了地表水文过程的大部分信息,同时也是固体地球和生物圈的界面及其生物体、生物化学循环的主要过程。纵观土壤湿度的研究历史和现状发现,缺乏土壤湿度资料和相应

的陆面过程资料是妨碍研究的根本问题^[2]。

本文利用中国西北地区东部农业气象站近 20 年固定地段的旬土壤湿度、全国逐日降水资料及 160 站月平均气温资料,重点研究了该区域春季土壤湿度的变化情况,以及降水量和气温对土壤湿度变化的影响,同时还讨论了中国西北地区东部土壤湿度的变化对该区域群发性沙尘暴爆发的可能影响。

1 中国西北地区东部春季土壤湿度及其变化

西北地区东部主要包括宁夏、内蒙古西部(111°E 以西地区),以及甘肃、陕西两省 35°N 以北地区,总面积约 90 万 km^2 。文中采用了西北地区东部 10 个农业气象站的土壤湿度资料,分别是西峰、洛川、永宁、榆林、环县、通渭、固原、乌审召、盐池、延安。

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)) $\times 100\%$ 。

对西北地区东部各站 1981~2001 年 3 月 28 日 0~10cm 土壤湿度资料的分析表明,西北地区东部 0~10cm 土壤湿度的变化基本上是一致的。同时还对 1990~2001 年 3 月西北地区东部 0~10cm 的平均土壤湿度进行了线性倾向分析(图 1),分析表明 1990~2001 年西北地区东部土壤湿度呈明显的下降趋势。

“气象资料共享系统建设”(2001DEA30029)和“首都北京及周边地区大气、水、土壤环境污染机理及调控原理”(TGI999045700)共同资助

收稿日期:2002 年 12 月 4 日;定稿日期:2003 年 5 月 11 日

作者简介:柏晶瑜,女,1971 年生,南京气象学院与中国气象科学研究院联合培养 2001 级博士研究生,主要从事气候诊断与模拟研究

表 1 西北地区东部各站 1981~2001 年 3 月 28 日 0~10cm 土壤湿度 %

年份	西峰	洛川	永宁	榆林	延安	环县	通渭	固原	乌审召	盐池
1981	14.4	-	-	-	-	-	11.85	-	-	-
1982	22.5	-	-	-	14.35	-	16.4	-	3.45	-
1983	18.55	-	-	-	13.45	6.25	14.5	-	5.45	-
1984	15.0	-	19.6	-	-	5.95	11.9	8.8	4.4	-
1985	15.4	14.65	20.2	10.45	11.95	6.4	11.75	8.8	3.85	-
1986	18.15	-	19.75	-	13.85	9.75	12.3	12.7	17.1	-
1987	12.6	14.2	20.35	7.1	9.8	6.75	7.5	7.85	6.6	-
1988	25.3	19.3	20.8	11.6	13.4	16.25	9.8	20.65	3.45	-
1989	18.6	16.9	19.6	7.65	13.65	12.75	10.55	14.45	2.9	-
1990	25.45	22.45	25.8	19.5	22.75	16.9	17.15	21.9	10.15	7.15
1991	23.05	20.45	21.35	17.1	19.65	13.5	16.65	14.5	8.45	8.9
1992	20.75	-	20.85	10.8	13.4	6.75	7.7	7.85	3.9	5.55
1993	23.05	14.9	18.4	7.55	10.25	11.3	17.95	15.45	5.1	-
1994	16.6	17.2	19.9	9.4	15.5	-	11.7	13.2	5.5	2.1
1995	7.0	15.8	18.9	10.4	13.5	-	12.9	-	5.0	1.0
1996	13.5	15.0	19.5	10.3	10.1	11.6	10.3	15.0	11.7	2.3
1997	17.7	15.0	21.0	12.2	13.9	9.5	6.6	13.8	9.7	4.8
1998	13.9	14.4	15.0	9.4	11.9	10.4	6.6	10.6	4.6	6.5
1999	8.3	15.9	17.6	10.5	12.8	5.8	5.8	3.5	3.2	-
2000	7.7	11.9	19.4	12.4	8.9	6.1	8.4	3.6	2.8	2.4
2001	12.7	15.1	18.3	10.9	11.4	9.6	11.7	8.2	1.6	3.2

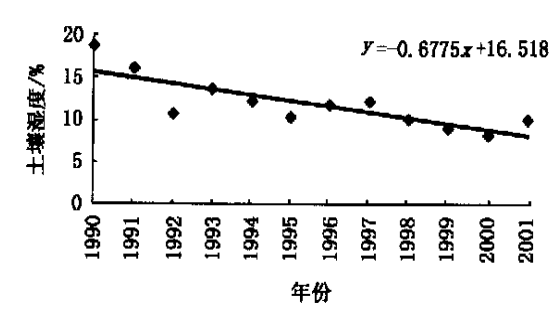


图 1 1990~2001 年 3 月西北地区东部 0~10cm 平均土壤湿度线性倾向分析

图 2 为榆林 1985~2001 年春季旬 0~10cm、10~20cm、20~30cm、30~40cm 四层土壤湿度的变化情况,5 月份各层土壤湿度的情况与 4 月份的情况相同(图略)。可以看到,春季榆林各层次土壤湿度的变化趋势是一致的,各层土壤湿度相差不大,总体呈下降的趋势,而且存在周期性振荡。对榆林 4、5 月份 10~20cm 的土壤湿度进行最大熵谱分析(图

略)结果表明,10~20cm 土壤湿度具有 2~3 年的变化周期。

对乌审召 1982~2001 年土壤湿度的分析发现,乌审召的土壤湿度变化也呈周期性波动(图略),而且呈减小的趋势。0~10cm 土壤湿度在 20 世纪 80~90 年代中期各有一个高峰,分别是 1986 年和 1996 年;深层的土壤湿度比浅层的土壤湿度明显偏高,但到了 90 年代末,这种差距减小了,1999 年春季各层土壤湿度的大小很相近。同样对乌审召 4、5 月份 10~20cm 的土壤湿度进行了最大熵谱分析,结果表明,10~20cm 土壤湿度也具有 3 年的变化周期。

以上结果表明,我国西北地区东部春季(3~5 月)土壤湿度变化具有一定的周期性,存在 3 年左右的振荡周期。同时,0~10cm 的土壤湿度变化幅度与 10~20cm 情况相似,各层次土壤湿度的变化趋势是一致的,90 年代以来呈下降的趋势。

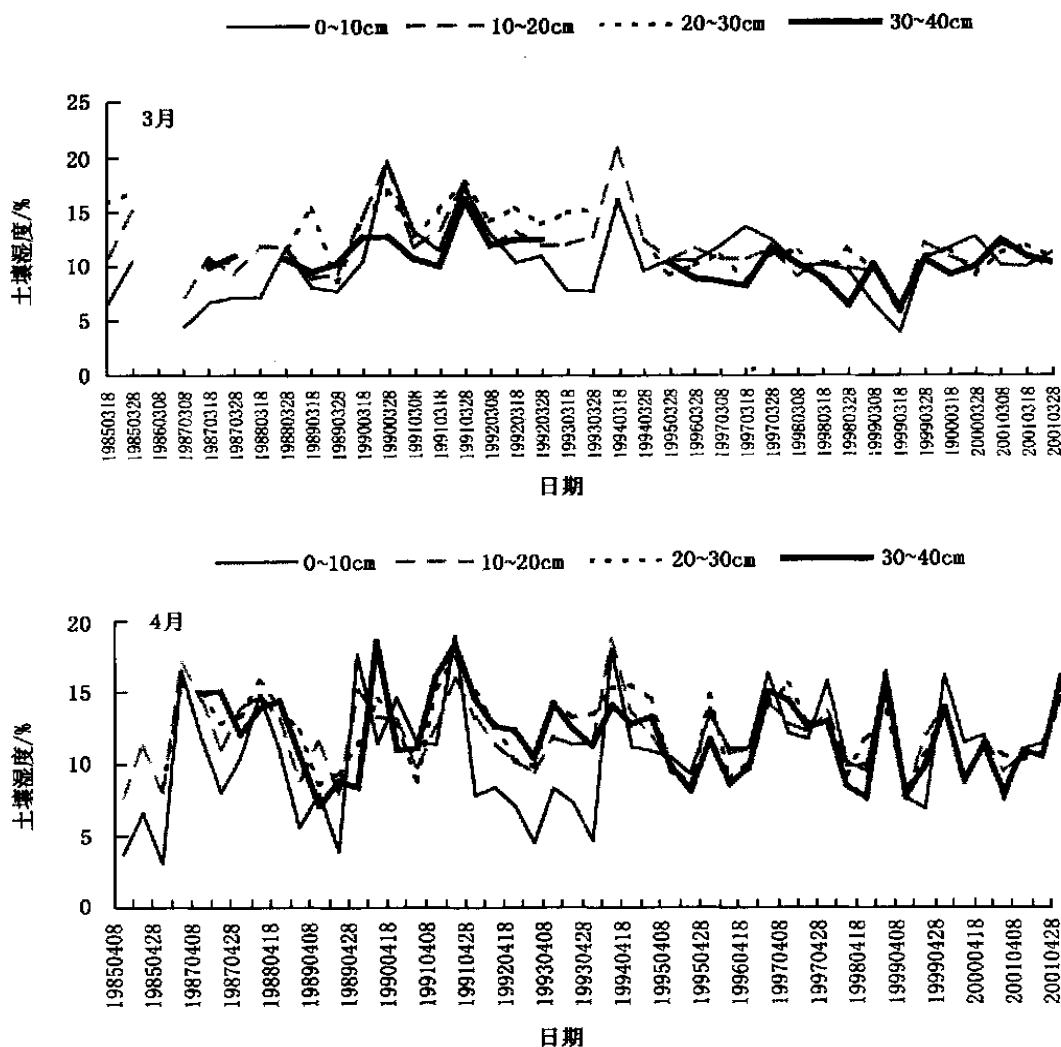


图2 1985~2001年3~4月榆林各层土壤湿度旬变化

2 中国西北地区东部春季降水与气温对土壤湿度的影响

众所周知,降水对土壤含水量有直接的影响。气温也同样影响着土壤含水量的变化(图3)。

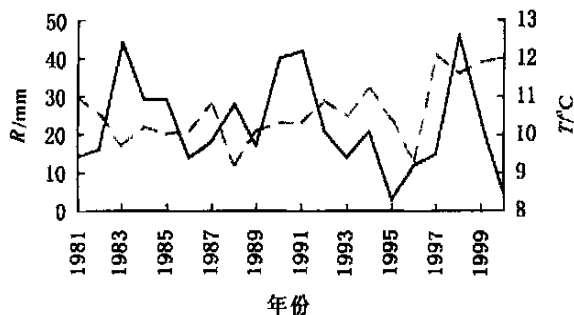


图3 1981~2000年西北地区东部春季降水与气温变化
(实线:降水,虚线:气温)

由图3可以看到,1981~2000年西北东部地区春季降水(R)有3个高峰,分别是1983、1991、1998年。1991~2000年西北东部地区春季平均降水比1981~1990年减少了12mm,而且整体是下降的。1981~2000年西北地区东部气温(T)呈上升的趋势,该地区90年代比80年代春季气温平均升高了 0.8°C 。

由上面的分析可知,90年代初各层土壤湿度虽有所上升,但总的来讲还是下降的。其原因虽是多种多样的,但与当地降水、气温变化总有一定的关系:西北地区东部近20年降水量减少,气温明显上升,这样一方面不利于增加土壤中的含水量,另一方面增加了土壤中水分的蒸发,从而使土壤湿度降低了。

3 春季中国西北地区东部土壤湿度与沙尘暴

除陕西南部和甘肃西南部外,西北地区东部的绝大部分地区都曾出现过强沙尘暴^[3]。西北地区东部属干旱和半干旱地区,地表多为沙漠、沙地和旱地,植被稀少,大风过境,容易形成强沙尘暴。这是因为春季该地区多大风,气温回暖解冻,地表裸露,

表 2 1981~2001 年西北地区东部春季群发性沙尘暴爆发次数

	1981 年	1982 年	1983 年	1984 年	1986 年	1988 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1998 年	2000 年	2001 年
3 月	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
4 月	0	0	3	2	0	2	0	0	0	2	1	0	0	1	2	3
5 月	1	3	2	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0

榆林(陕西)和乌审召(内蒙古)均位于西北地区东部,由于深层土壤湿度对大气的影 响是通过影响表层来完成的,因此,这里只讨论这两个站 0~10cm 土壤湿度的变化与沙尘暴爆发之间的可能关系(图 4)。

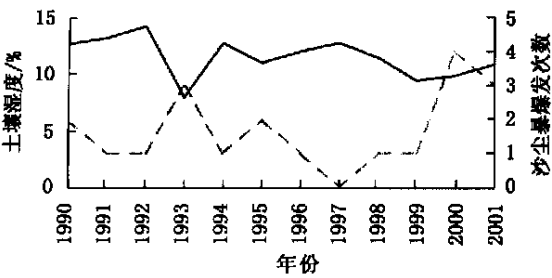


图 4 春季榆林土壤湿度与沙尘暴爆发次数变化
(实线:土壤湿度,虚线:沙尘暴爆发次数)

由图 4 可知,1990~2001 年榆林土壤湿度与西北地区东部群发性沙尘暴的爆发次数变化趋势相反,相关系数为 -0.60,达到了 95%的置信度。乌审召土壤湿度与西北地区东部群发性沙尘暴的爆发次数变化趋势(图 5)也刚好相反。这表明,如果春季土壤湿度相对较大,那么西北地区东部沙尘暴爆发次数相对较少;而土壤湿度相对较小的春季,该地区沙尘暴爆发的次数相对多些。

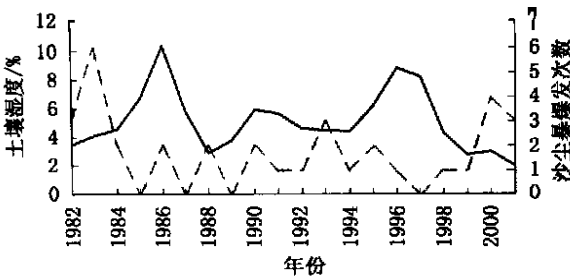


图 5 春季乌审召土壤湿度与沙尘暴爆发次数变化
(实线:土壤湿度,虚线:沙尘暴爆发次数)

容易起沙。表 2 为 1981~2001 年西北东部春季群发性沙尘暴爆发的情况^[3]。

1981~2001 年期间,春季共爆发群发性沙尘暴 35 次,其中 4 月爆发 16 次,占 45.7%;5 月爆发 14 次,占 40%;而 3 月仅有 5 次。也就是说,春季群发性沙尘暴多爆发在 4 5 月份。

造成沙尘暴爆发的原因很多。西北地区不仅是我国沙尘暴的易发和多发区,也是全球的四大沙尘暴区之一。沙尘暴形成的天气气候背景,边界层的动力、热力影响需要深入研究。但土壤温度和含水量的多少,尤其是土壤湿度,对起沙有重要影响。土壤含水量减少^[4],土壤表面的水粘膜力减小,引起风对土壤的风蚀,土壤被风蚀的结果就是土壤的沙漠化;除此之外,地表水分的减少有利于扬沙现象的发生,而滞留在大气中的沙尘粒子,会引起到达地球表面太阳辐射的变化,从而引起气候及环境的变化。

Fast 等^[5]指出,土壤湿度的梯度能够激发局地环流的形成和发展;Chang 等^[6]认为,植被和土壤湿度的空间变化改变了表面大气的斜压结构而激发了对流风暴的形成。

由此可知,土壤湿度的变化不仅使其本身发生了变化,而且对大气有重要作用,从而对该地区沙尘暴的爆发有重要影响。

4 结论

(1) 1981~2001 年,我国西北地区东部春季各层次土壤湿度变化是一致的,呈下降的趋势;而且 10~20cm 土壤湿度存在 3 年左右的振荡周期。

(2) 1981~2001 年,我国西北地区东部春季降水减少、气温升高是土壤湿度降低的原因之一。

(3) 我国西北地区东部的土壤湿度与沙尘暴爆发次数变化趋势相反;该地区土壤湿度减小为该地区沙尘暴的爆发提供了有利的条件,对该地区沙尘暴的爆发有重要影响。

致谢:在本文完成过程中,魏凤英研究员给予了很多帮助,谨在此表示感谢!

参考文献

- 1 李崇银. 气候动力学引论. 北京:气象出版社,1995. 290 - 296
- 2 马柱国,符淙斌,谢力,等. 土壤湿度和气候变化关系研究中的某些问题. 地球科学进展,2001,16(4):563 - 568
- 3 周自江,王锡稳. 西北地区东部群发性强沙尘序列的建立与分析. 地理学报,2002,57(4):437 - 442
- 4 Darr L D, Gardner W H, Gardner W R. Soil Physics. Translated by Zhou Chuanhai. Beijing: Agriculture Press, 1983
- 5 Fast J D, McCordle M D. The effect of heterogeneous soil moisture on a summer baroclinic circulation in the central United States. *Mon. Wea. Rev.*, 1991, 119(6): 2140 - 2167
- 6 Chang J T, Wetzel R J. Effects of spatial variations of soil moisture and vegetation on the evolution of a prestorm environment: A numerical case study. *Mon. Wea. Rev.*, 1991, 119: 1368 - 1390

Preliminary Research on Soil Moisture in Eastern Part of Northwest China

Bai Jingyu Shi Xiaoying Yu Shuqiu

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Preliminary study is undertaken of the spring soil moisture variation in the eastern part of Northwest China based on the dekad soil moisture data of target agricultural meteorological stations from 1981 to 2001. The results show that the variation of soil moisture with a period of 3 years is related to changes of rainfall and air temperature, and the moisture took on a decline tendency in the 1990s. Meanwhile, the variation contributes to the break-outs of sandstorms in this region.

Key words: eastern part of Northwest China, soil moisture in spring, sandstorm