

辽西地区春播期土壤湿度变化特征及气象影响因子分析

王小桃¹, 李 辑², 晁 华¹, 李 晶², 张海娜¹, 马晓刚³

(1. 沈阳区域气候中心, 辽宁 沈阳 110016; 2. 辽宁省气象研究所, 辽宁 沈阳 110016;
3. 阜新市气象局, 辽宁 阜新 123000)

摘要: 利用 1981—2011 年辽西地区土壤相对湿度、降水和气温资料, 对该区土壤湿度和降水变化特征及二者关系进行分析。结果表明: 土壤湿度具有明显干化趋势, 同期降水不是唯一影响因子; 春播期土壤湿度与前秋降水正相关, 深层相关系数为 0.69, 与底墒显著正相关, 相关系数最高可达 0.84, 如此显著的正相关是由于北方特有的封冻雨, 秋季降水封冻在土壤里, 到第二年春季, 气温升高, 解冻返浆, 土壤变得湿润; 5 月土壤湿度与同期降水呈正相关, 浅层相关系数为 0.67, 与气温呈负相关, 深层相关系数为 -0.58。

关键词: 辽西地区; 春播期土壤湿度; 底墒; 气象影响因子

中图分类号: P461+.4; S161.6 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)04-0250-06

Analysis on soil moisture variation and its meteorological influencing factors at spring sowing period in western Liaoning Province

WANG Xiao-tao¹, LI Ji², CHAO Hua¹, LI Jing², ZHANG Hai-na¹, MA Xiao-gang³

(1. *Regional Climate Center of Shenyang, Shenyang 110166, China;*

2. *Liaoning Institute of Meteorological Science, Shenyang 110166, China;*

3. *Fuxin Meteorological Bureau, Fuxin, Liaoning 123000, China)*

Abstract: The variation characteristics of soil moisture and precipitation and their relationship in western Liaoning Province were discussed, using the data of soil moisture, precipitation and temperature from 1981 to 2011. The results showed that the soil moisture showed a remarkable desiccation trend and the precipitation in the same period was not the only influencing factor. There was a positive correlation between soil moisture at spring sowing period and precipitation of last autumn, and the correlation coefficient was 0.69 in deep layer; there was a significant positive correlation between soil moisture at spring sowing period and soil moisture before freezing, and the correlation coefficient was 0.84 at most. Such a positive correlation was due to the freezing rain that was special in northern China. The autumn rainwater could be frozen in soil in winter and be thawed in the following spring, making the soil to become moist. Soil moisture in May showed a positive correlation with precipitation in the same period, and the correlation coefficient was 0.67 in shallow layer; however, it showed a negative correlation with temperature, and the correlation coefficient was -0.58 in deep layer.

Keywords: western Liaoning Province; soil moisture at spring sowing period; soil moisture before freezing; meteorological influencing factor

辽西地区位于辽宁、内蒙古及河北 3 省交界处, 为丘陵山区, 属温带半干旱大陆性气候, 干旱少雨, 土壤贫瘠, 植被稀疏, 水土流失及沙化严重, 地处农

牧交错带的辽西地区是气候变化敏感区和生态环境脆弱区^[1-5]。辽西地区是农业干旱区, 尤其春播期常有十年九旱的特点, 严重制约该地区生产建设和

收稿日期: 2013-06-14

基金项目: 公益性行业科研专项“东北地区土壤墒情监测预报及其对主要农作物的影响分析”(GYHY201106026)

作者简介: 王小桃(1982—), 女, 辽宁沈阳人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事短期气候预测及诊断研究。E-mail: xt-w@hotmail.com。

通信作者: 李 辑, 正研级高工, 主要从事短期气候预测及气候变化的相关研究。E-mail: cqliji@sina.com。

人民生活水平的提高,因此,对于做好区域性春旱预测服务,预防和减轻春旱危害以及合理安排春耕生产具有重要意义。

土壤湿度作为地表水文过程的一个综合指标,是研究我国北方干旱化问题的一个客观定量的综合指标,也是生态系统研究和农事活动的重要指标之一。许多学者^[6-9]利用2002年以前的土壤湿度再分析资料与观测资料,分析了不同区域土壤湿度的时空分布、垂直分布特征与气候(包括气温和降水)变率的关系,结果表明东北乃至北方地区土壤湿度存在干化趋势;李辑、阎奇等^[10-11]分别从不同角度提出辽宁气候变化也具有暖干的趋势。通过分析发现,大部分对于干旱的研究都采用气象降水资料,利用土壤湿度资料做研究的相对较少,而另一些研究尽管采用了土壤湿度资料,由于资料时空尺度的有限性,迄今为止大多数利用土壤湿度观测资料的研究结果只能说明某些具体问题,对于区域尺度或者长时间尺度而言,并不具有代表性,特别是针对旱灾时常发生的辽西地区,由于气象影响因素较多,土壤湿度的主要影响因子并没有确定。

因此,本文分析辽西地区土壤湿度的气候特征、演变规律及干旱趋势;同时考虑到,农业干旱与气象干旱具有密不可分的联系,利用相关性分析气象要素与土壤湿度的关系,从中寻找影响土壤湿度的主要因子,为春旱预测提供技术支撑,为防灾减灾提供及时而有效的服务,对辽西地区农事活动具有十分明确的指导作用。

1 资料与方法

1.1 资料

选取辽西地区具有完整资料的阜新、朝阳、建平、锦州为代表站。所用资料包括农业资料和气象资料,其中农业资料为土壤相对湿度(1981—2011年),气象资料包括温度、降水、透雨(1961—2011年)。

土壤相对湿度(Soil moisture)定义为土壤含水量占田间持水量的比值,以百分率(%)表示,本文简称“土壤湿度”,其中,重旱小于40%,中旱为40%~50%,轻旱为50%~60%,正常为60%~90%,偏湿大于90%;底墒(Soil moisture before freezing)定义为前一年土壤封冻前最后一次测墒的平均土壤相对湿度;春播期第一场透雨(First soaking rain at spring sowing period)定义为单站4月1日开始、第一次出现连续3 d过程雨量 ≥ 10 mm的最后一天的日期记为

该站当年春播期第一场透雨出现的日期(简称“透雨出现日期”),若透雨出现日期晚于6月1日,视为春播期无透雨;前一年秋季降水(9—11月)(Precipitation of last autumn)简称为前秋降水。

1.2 方法

采用线性回归方法分析气候变化趋势,相关系数方法分析土壤相对湿度与气象因子的关系。

设有两个变量 $X: x_1, x_2, \dots, x_n; Y: y_1, y_2, \dots, y_n$ 相关系数为:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2} \sqrt{\sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

2 结果与分析

2.1 辽西地区春播期降水与土壤湿度的时间变化特征

2.1.1 春播期降水的时间变化特征 图1给出辽西地区4、5月降水标准化时间序列。从4月降水情况来看,主要以负距平为主,少雨概率大,呈偏态分布,具有一定的年代际变化,20世纪80年代初前期降水偏少,20世纪80年代初到80年代末为集中多雨期,20世纪80年代末到21世纪00年代又转为少雨状态,之后降水有增多的趋势。该时间序列不仅体现了年代际变化,还表现出明显的年际变化,51年中有31年少雨,少雨概率高达61%,降水变率较大;5月降水情况类似于4月,少雨概率大,20世纪80年代中期之前为少雨背景,20世纪80年代中期到90年代末期降水偏多,51年中有29年表现为负距平,少雨概率达57%,春播期降水变化特征较好地揭示了辽西地区十年九旱的现象。

2.1.2 春播期土壤湿度的时间变化特征 将土壤湿度按深度分为0~20 cm和20~50 cm两层,分别代表浅层土壤与深层土壤,其时间序列做标准化处理后得到图2。由图2可见,辽西4月浅层、深层土壤湿度从20世纪80年代初到90年代末表现为正位相,21世纪后为负位相,存在一个明显减少的变化趋势,说明近30年辽西地区4月土壤湿度在下降,意味着辽西地区干旱频率有增加的趋势,11 a平滑曲线也体现了土壤湿度具有下降的年代际变化;同样的,辽西5月土壤湿度有着同4月一样的变化趋势,与4月不同的是,下降趋势略有减弱。

4、5月土壤湿度的时间变化揭示了辽西地区春播期农业干旱频率增加的现象,与图1得到的辽西地区春播期气象干旱普遍发生的结论有着较好的呼

应,这与李辑、阎奇等^[10-11]发现辽宁地区气候变化具有暖干趋势的结论一致。

值得注意的是,图 1 中 4、5 月降水最近几年表现为偏多,而图 2 中 4 月土壤湿度仍表现为偏干状

态,5 月土壤湿度也仅在 2010 年表现为正常略湿润状态,另外 2011 年 4、5 月降水偏少,而同期土壤湿度偏大,这可能说明同期降水不是影响土壤湿度的唯一因子。

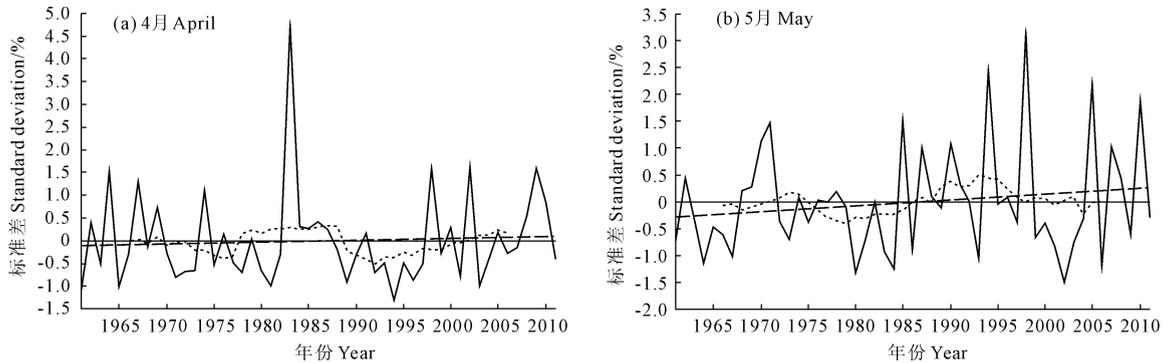


图 1 辽西地区春播期降水标准化时间序列及其 11 年滑动平均曲线(点线)和趋势线(虚线)

Fig.1 Normalized time series, 11-year running mean curve (dotted line) and trend curve (dashed line) of precipitation at spring sowing period in western Liaoning Province

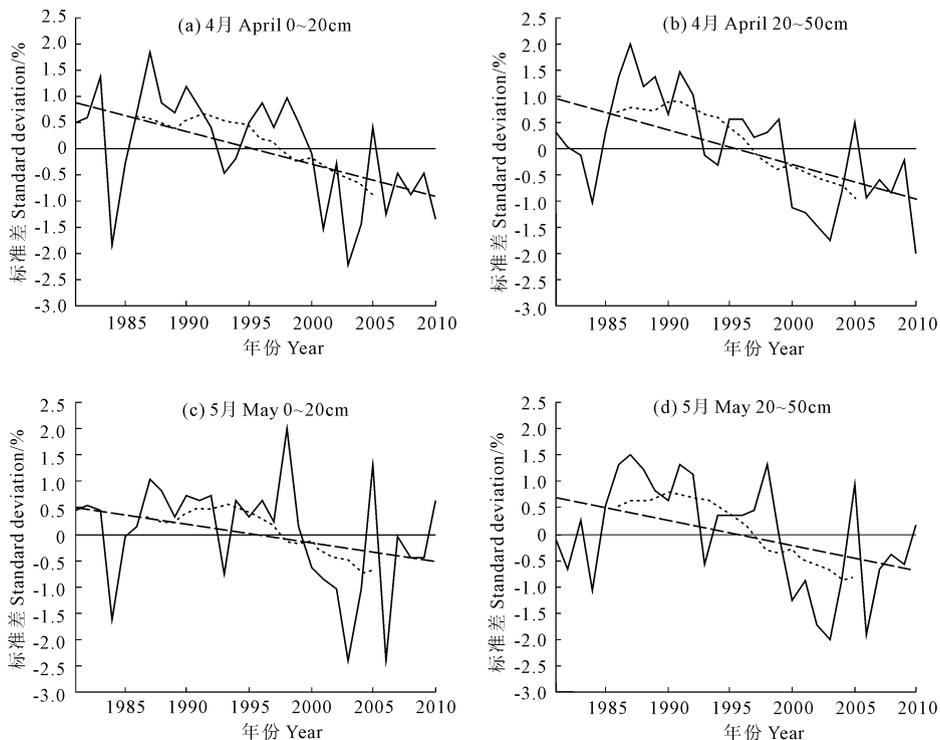


图 2 辽西地区土壤湿度标准化序列及其 11 年滑动平均曲线(点线)和趋势线(虚线)

Fig.2 Normalized time series, 11-year running mean curve (dotted line) and trend curve (dashed line) of soil moisture in April and May in western Liaoning Province

2.2 春播期土壤湿度与影响因子的关系

土壤湿度的变化与气温和降水等气象要素存在密切关系^[7],本文利用相关分析,计算了辽西地区春播期土壤湿度与前一年各季降水、底墒及同期降水、气温、大风日数、相对湿度等气象要素之间的关系,寻找相关显著的因子,进一步分析高相关因子如何影响土壤湿度。为区别各气象要素的影响,分别从

具有预测意义的前期影响因子和影响较为直接的同期影响因子两部分进行详细分析。

2.2.1 前期影响因子 表 1 为辽西地区春播期土壤湿度与前期影响因子的相关列表,从结果中可以看到,4 月辽西地区浅层、深层土壤湿度与前秋降水呈显著正相关,通过 $\alpha = 0.01$ ($r_c = 0.46$) 的显著性检验,且深层的正相关关系更为显著,说明当辽西秋季

降水偏多时,第二年4月该地区土壤湿度易偏大,尤其在深层土壤表现更为明显,土壤湿润,有利于春播;反之,当秋季降水偏少时,第二年4月该地区土壤湿度易偏小,容易发生春旱,不利于春播。前秋降水对4月辽西地区土壤湿度影响较大的原因是由于北方特有的封冻雨,秋季降水储存在土壤里,随着冬季到来,气温下降,水分封冻在土壤里,当第二年春季到来,随着气温升高,土壤解冻会形成明显的返浆现象,土壤变得湿润,从而减轻春旱发生的程度。

计算了土壤湿度与底墒的相关性(表1),二者之间的正相关关系明显高于前秋降水与土壤湿度的关系,而且深层关系大于浅层,说明深层底墒所体现的土壤湿度才是最终封冻在土壤里影响第二年春播期土壤干旱程度最重要的因子,土壤湿度与底墒的关系更直接,即底墒大,第二年春播期土壤湿度大,不易发生干旱,反之亦然,这与其他学者^[6-9]得到的结论有所不同,本文将影响春播期土壤湿度的因子追溯到前一年秋季降水和前一年底墒,相关关系更为明显,物理意义也更加明确。

表1 土壤湿度与前期影响因子相关列表

Table 1 Correlation coefficients between soil moisture and influencing factors in the previous period

影响因子 Influencing factor	4月 April		5月 May	
	0~20cm	20~50cm	0~20cm	20~50cm
前秋降水量/mm Precipitation of last autumn	0.55*	0.69*	0.50*	0.61*
底墒/% Soil moisture before freezing	0.63*	0.84*	0.58*	0.73*

注: * 表示通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。

Note: * means significance at $\alpha = 0.01$.

5月与4月的情况类似,浅层、深层土壤湿度与前秋降水均表现出明显的正相关,与底墒的关系也比前秋降水与土壤湿度的关系更为显著,与4月相比,各层对应的相关系数有所减小,但是仍然可以通过 $\alpha = 0.01$ ($r_c = 0.46$) 的显著性检验,土壤湿度与底墒的关系依然最为显著,再一次证明底墒是影响土壤湿度最关键的因子。

2.2.2 同期影响因子 表2为辽西地区春播期土壤湿度与同期影响因子的相关列表,可以发现4月土壤湿度与同期降水的正相关并不显著,尤其深层土壤,这与以往认为土壤湿度大小受同期降水影响最大的结论并不一致,原因可能与辽西地区4月历年降水量级较小,只能影响表层土壤有关。另一方面,4月辽西地区浅层、深层土壤湿度与同期气温相关性并不显著,其原因可能是4月辽西回暖较慢,土

壤刚开始解冻返浆,并没有开始出现明显的蒸发失墒现象。而4月辽西土壤湿度与透雨关系不显著是由于辽西地区透雨出现日期较晚,基本在5月初,因此透雨对4月土壤湿度影响较小。

表2 土壤湿度与同期影响因子相关列表

Table 2 Correlation coefficients between soil moisture and influencing factors in the same period

影响因子 Influencing factor	4月 April		5月 May	
	0~20cm	20~50cm	0~20cm	20~50cm
降水/mm Precipitation	0.20	-0.12	0.67**	0.54**
气温/°C Temperature	0.01	0.01	-0.57**	-0.58**
透雨出现日期 Date of first soaking rain in spring	-0.28	-0.04	-0.35*	-0.21

注: ** 表示通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验, * 表示通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验。

Note: ** means significance at $\alpha = 0.01$; * means significance at $\alpha = 0.05$.

5月土壤湿度与同期降水具有显著正相关,浅层土壤与降水相关更显著,说明当5月降水偏多时,同期土壤湿度偏大,水分从浅层逐渐向深层渗透,相反地,若降水偏少,土壤湿度偏干,易发生春旱。但是,同期降水与土壤湿度的正相关仍然没有底墒与土壤湿度的正相关显著,即同期降水对土壤湿度的影响仍未超过底墒对土壤湿度的影响,这也很好地解释了降水与土壤湿度年代际、年际变化并不完全一致的原因。随着季节推进及气温回暖加快,5月土壤湿度与同期气温存在显著负相关关系,即气温偏高时有利于土壤水分蒸发,土壤湿度易偏小,易发生春旱。另外,5月浅层土壤湿度与透雨的负相关关系通过了 $\alpha = 0.05$ ($r_c = 0.35$) 的显著性检验,说明透雨对土壤湿度的补给有一定作用,及时的透雨可以有效缓解旱情。

通过上述分析发现,土壤湿度的主要影响因子是底墒。4月,辽西地区春播期土壤湿度与前秋降水关系明显,与底墒关系最显著,随着气温回暖土壤解冻,到了5月同期降水和气温的影响增强,透雨也起到了短暂的作用。因此,底墒是具有预报意义的因子,可为春旱预测提供有力的参考依据。

2.3 个例分析

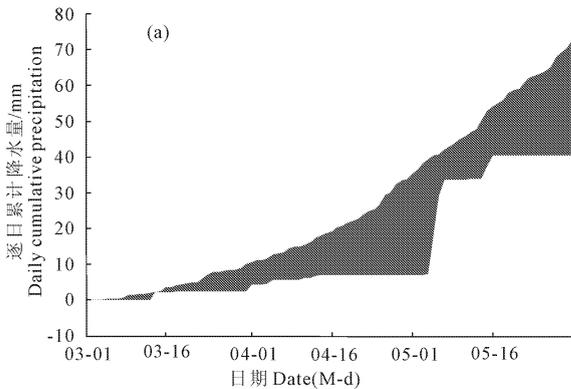
为了进一步明确干旱年份各因子的作用,以阜新站为代表进行分析。1982年以来,阜新经历三次严重的农业春旱,分别为2003、2007、2010年。由于各因子作用不同,三次干旱持续的时间、干旱程度和

影响程度也不相同。

2.3.1 底墒对土壤湿度的影响 1992年阜新地区土壤湿度时间序列显示(图3),上一年最后一次测墒大于80%,接近偏湿状态,底墒条件好。春播期浅层土壤湿度大部分都在70%左右,属于正常范围,而深层土壤湿度大部分都在80%以上,属于偏湿状态,底墒条件好,第二年墒情条件也好,体现了二者的正相关关系。

图4阜新地区累计降水和逐日降水表明,春播期降水条件差,3—5月累计降水量异常偏少,仅在5月5日前后出现透雨,但累计降水依然偏少,后期降水持续偏少,旱情逐步增加。

从底墒、降水、透雨三方面条件来看,尽管降水



条件不好,透雨条件一般,但是底墒条件好,因此1992年春播期土壤墒情较好,说明底墒的影响较为重要。

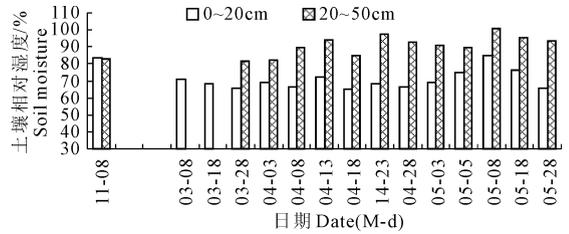


图3 1992年土壤相对湿度时间序列(透雨日期为5月5日)

Fig.3 Time series of soil moisture in 1992

(the date of first soaking rain in spring: May 5)

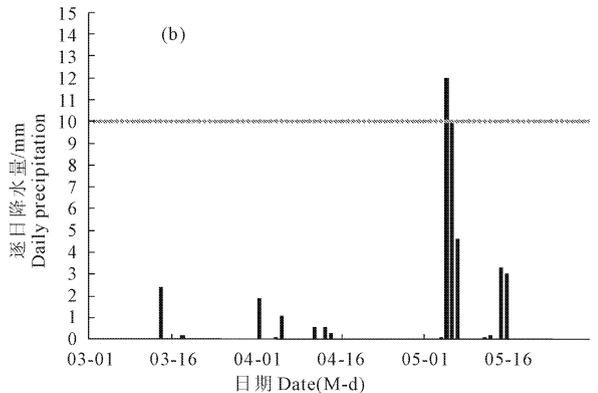


图4 1992年逐日累计降水量(a)、逐日降水量(b)

Fig.4 Daily cumulative precipitation (a) and daily precipitation (b) in 1992

2007年底墒在50%左右(图略),属于中旱,4月降水偏少,5月降水偏多,透雨出现在5月中旬,透雨出现前,浅、深层土壤湿度在50%~60%之间,属于中~轻旱,透雨出现后浅层土壤湿度迅速增大到80%,深层土壤依然维持在60%左右,2007年的情况也体现了底墒的重要性,虽然5月降水有所增加,但是底墒差,深层土壤湿度仍然偏干,尽管有降水和透雨的缓解,旱情也维持在中~轻旱范围。

2.3.2 降水对土壤湿度的影响 2010年阜新地区土壤湿度时间序列显示(图5),底墒30%左右,属于重旱,底墒条件差。4月下旬之前,浅、深层土壤湿度大部分时间都在40%以下,属于重旱,前一年底墒条件差,第二年墒情条件也较差。

降水方面分布不均(图6),4月降水接近常年略偏多,由于底墒条件差,土壤墒情属于重旱范围,直到4月26日开始出现有效降水,透雨出现日期偏早且降水量较大,有效缓解旱情,土壤墒情恢复到正常范围。

从底墒、降水、透雨三方面条件来看,尽管底墒

条件差,后期透雨对旱情起到有效缓解作用。

2003年的情况是底墒条件为重旱,春播期累积降水持续偏少,从4月中旬一直到6月上旬干旱持续时间长达60多天,该年没有出现透雨,直到6月下旬开始出现有效降水,前期严重旱情得以解除,因此,从底墒、同期降水、透雨3个角度分析,都对2003年的土壤湿度起到了一定的负面影响,也造成了2003年为阜新地区罕见的干旱年,春播期没有进行播种,造成粮食严重减产,损失较大。

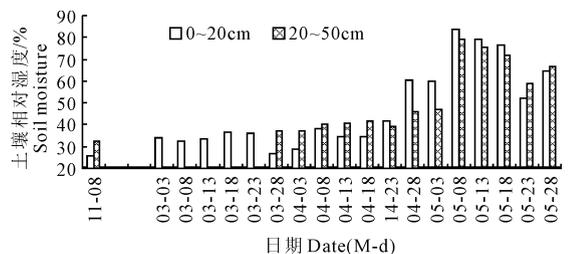


图5 2010年土壤相对湿度时间序列(透雨日期为4月26日)

Fig.5 Time series of soil moisture in 2010

(the date of first soaking rain in spring: April 26)

以上4年个例不仅体现底墒及透雨的重要作用,也体现同期累计降水对土壤墒情的影响。底墒是具有预测意义的因子,与第二年土壤湿度相关关系显著,对土壤湿度的影响时间长、层次深,主要影响期以春播期前期为主,后期由于影响因子增多、关系复杂而导致相关关系下降,底墒是辽西地区干旱的主要持续性影响因子;透雨具有短期缓解旱情的作用,虽然与土壤湿度关系并不十分显著,但对某甸的土壤墒情有缓解作用,主要影响期以春播期中后期为主,并不能长时间影响土壤湿度,且与透雨强度(降水量)有关,是干旱的短期影响因子;累计降水多少直接影响春播期后期土壤墒情的长期变化,对土壤墒情具有气候背景作用,是干旱的背景性影响因子。

3 结论与讨论

利用辽西地区春播期的土壤湿度及气象要素资料进行分析,得到以下主要结论:

1) 辽西地区近30年春旱频率有增加的趋势,降水与土壤湿度时间序列的年际、年代际变化并不完全一致,同期降水不是影响土壤湿度的唯一因子。

2) 辽西春播期(4、5月)土壤湿度主要与前秋降水、底墒存在显著正相关关系,且与底墒关系更为显著;5月土壤湿度与同期气温存在负相关关系,与同期降水存在正相关关系。

3) 辽西地区的干旱程度与前秋降水和底墒关系最为显著,原因是由于北方特有的封冻雨,秋季降水储存在土壤里,随着冬季到来,气温下降,水分封

冻在土壤里,当第二年春季到来,随着气温升高,解冻返浆,土壤变得湿润。底墒则体现了封冻雨的多少,直接影响第二年的土壤干旱程度。

4) 个例分析表明,底墒是具有预测意义的因子,是辽西春播期干旱的主要持续性影响因子,透雨具有短期缓解旱情的作用,是短期影响因子;累积降水对土壤墒情具有很大的气候背景作用,是背景性影响因子。

参考文献:

- [1] 薛 娟,王 涛,吴 薇,等.中国北方农牧交错区沙漠化发展过程及其成因分析[J].中国沙漠,2005,25(3):320-328.
- [2] 郭绍礼.辽西河流域沙漠化土地的形成和演变[J].自然资源,1980,(4):67-72.
- [3] 朱震达.试论中国北方农牧交错地区沙漠化土地整治的可能性和现实性[J].地理科学,1984,4(3):179-206.
- [4] 薛 娟,王 涛.从系统论角度看沙漠化与可持续发展问题[J].中国沙漠,2000,20(4):404-408.
- [5] 乌云娜,裴 浩,白美兰.内蒙古土地沙漠化与气候变化和人类活动[J].中国沙漠,2002,22(3):292-297.
- [6] 郭维栋,马柱国,姚永红.近50年中国北方土壤湿度的区域演变特征[J].地理学报,2003,58(增刊):83-90.
- [7] 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.
- [8] 左志燕,张人禾.中国东部春季土壤湿度的时空变化特征[J].中国科学D辑:地球科学,2008,38(11):1428-1437.
- [9] 李 琛,沈新勇,李伟平.东北地区土壤湿度的诊断分析[J].安徽农业科学,2010,38(9):4696-4700.
- [10] 李 辑,龚 强.东北地区夏季气温变化特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(1):6-10.
- [11] 阎 琦,吕晓丹,朱 宇,等.1951—2005年鞍山气候变化特征分析[J].气象与环境学报,2007,23(6):15-19.

(上接第168页)

- [3] 李 福,刘广才.甘肃省小麦全膜覆土穴播技术的增产效果[J].农业科技与信息,2011,(23):3-4.
- [4] 李 福,刘广才,李城德,等.旱地小麦全膜覆土穴播技术的土壤水分效应[J].干旱地区农业研究,2013,31(4):73-78,98.
- [5] 何春雨,周祥椿,杜久元,等.全膜覆土免耕穴播栽培技术对冬小麦产量效应的研究[J].农业现代化研究,2010,31(6):746-749.
- [6] 侯慧芝,吕军峰,张绪成,等.陇中半干旱区全膜覆土穴播小麦的土壤水分及产量效应[J].作物杂志,2010,(1):21-25.
- [7] 刘晓伟,何宝林,康恩祥,等.播种方式对旱区冬小麦产量及土壤水分、土壤温度的影响[J].作物杂志,2011,(5):77-81.
- [8] 侯占领,牛银霞.许昌市高肥力土壤小麦肥效试验研究[J].中

- 国农技推广,2011,27(11):33-35.
- [9] 刘广才.土壤水分含量与春小麦营养关系的研究[J].甘肃农业科技,1994,(2):25-27.
- [10] 刘广才.磷酸一铵肥效试验研究[J].甘肃农业科技,1995,(专辑):121-122.
- [11] 袁 伟,薛福元.泾川县旱塬区全膜覆土穴播冬小麦“3414”施肥试验[J].甘肃农业科技,2013,(2):27-29.
- [12] 张平良,郭天文,侯慧芝,等.半干旱区全膜覆土穴播小麦高产施肥技术研究[J].作物杂志,2011,(6):99-101.
- [13] 许 婷,张平良,郭天文,等.全膜覆土穴播小麦养分积累规律及其水分利用效率研究[J].甘肃农业大学学报,2011,46(3):22-27.