东北地区作物生长季降水异常特征分析

汪宏宇[1,2]　龚　强[1]

(1 中国气象局沈阳大气环境研究所,沈阳 110016 ;2 南京大学大气科学系,南京 210093)

摘要　采用东北地区 52 个测站 1951 ~ 2000 年 4 ~ 9 月降水量资料,对东北地区作物生长季降水异常进行了诊断分析。结果表明:东北地区生长季降水存在减少趋势,旱灾略多于涝灾,主要存在 3 ~ 7、12 和 30 a 左右的周期变化;可划分为 7 个降水异常区,其中相邻的 3 个区(东北中部、南部和东部的大范围地区)有变旱倾向,辽西地区的旱涝灾害最频繁。根据降水减少的趋势,提倡发展旱作农业和节水农业。

关键词　东北地区　作物生长季　降水异常　变旱倾向

引言

东北地区是我国重要的商品粮生产基地,由于地处中高纬度,作物生长季较短,生长季降水量的多寡直接影响粮食产量,分析作物生长季降水变化规律,对于合理预测降水变化和由此引起的产量变化具有重要意义。以往针对东北地区降水的分析多侧重于年或夏季降水[1~2],而对整个作物生长季降水变化规律的分析还不多见。本文利用东北地区较长序列的降水资料,分析近 50 a 来东北地区农作物生长季降水变化规律,以期对了解降水资源变化特征、促进农业生产有所帮助。

1　资料和方法

选取东北地区建站较早的 52 个测站作物生长季(4 ~ 9 月)1951 ~ 2000 年逐月降水量资料。

为分析生长季降水异常的时空分布特征,采用了旋转 EOF(REOF)方法。REOF 方法是在 EOF 分解的基础上进行极大方差正交旋转,克服了 EOF 方法不能清晰表示要素场区域特征的局限,旋转后的典型空间分布结构清晰,不但可以较好地反映不同地域的变化,还可以反映不同地域的相关分布状况[3],是近年来被广泛采用的分析要素场典型时空结构特征的常用方法。关于 REOF 方法的原理和步骤见文献[3]。此外,采用了指数、Morlet 小波分析等方法。

2　作物生长季降水的基本状况

将每年各站 4 ~ 9 月的总降水作为该地农作物生长季降水量,由此计算出东北地区作物生长季降水量气候值和均方差(图 1)。由图 1(a)可见,全区降水差异较大,南部(辽宁东南的丹东、宽甸一带)降水量超过 900 mm,而西北部不足 300 mm。从整体形势上看,降水量基本存在南部大于北部、东部大于西部的分布特征。其中,辽宁省从东南部到西北部存在明显的降水梯度。从图 1(b)可见,全区降水均方差介于 80 ~ 240 mm 之间,其分布形势与气候场比较相似,由于均方差代表绝对变率,说明东北地区生长季降水相对丰富区其年际间绝对变率也较大。以宽甸为例,作物生长季最大降水量(1985 年 1669.4 mm)与最小降水量(2000 年 445.0 mm)之差大于 1000 mm。

3　作物生长季降水异常特征

由于降水通常不呈正态分布,而且东北地区生长季降水量的地域差异又十分显著,故采用指数方法代表各地的降水异常。指数方法考虑了降水空间分布的巨大差异和偏态分布的特点,通过对降水量

国家自然科学基金项目(40231018)资助

作者简介:汪宏宇,男,1970 年生,副研究员,主要从事应用气象领域的研究工作,Email: iswhy@sina.com

收稿日期:2004 年 3 月 8 日;定稿日期:2004 年 5 月 30 日

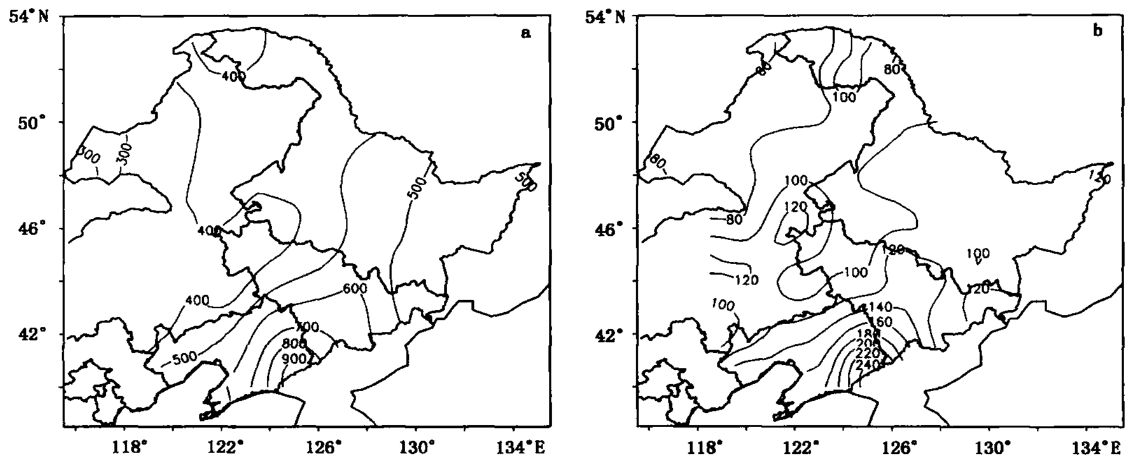

图1 东北地区生长季降水量的气候场(a)和均方差场(b) (单位:mm)

进行标准化处理得到服从标准正态分布的序列,是一个具有时空对比性的相对指标,被认为是代表单站降水异常的较好指数[4~5]。指数的计算公式为:

$$Z_{ij} = \frac{6}{C_{s_i}}\left|\frac{C_{s_i}}{2} r_{ij} + 1\right|^{1/3} - \frac{6}{C_{s_i}} + \frac{C_{s_i}}{6} \qquad (1)$$

其中,$i = 1, 2, \cdots, n$ 表示测站($n = 52$),$j = 1, 2, \cdots, m$ 表示年份($m = 50$),$C_{s_i} = \dfrac{\sum_{j=1}^{m}(R_{ij} - \overline{R_i})^3}{m\sigma_i^3}$ 为偏态系数,R_{ij} 为降水量,σ_i 为均方差,r_{ij} 为 R_{ij} 标准化值。

3.1 全区生长季降水异常特征

对1951~2000年各站每年的生长季降水量分别求Z指数,将每年52站的Z指数等权平均,得到50 a来东北地区平均Z指数序列(图2)。由图2可见,20世纪50年代降雨较为充沛,60~70年代为相对干旱期,80年代以多雨为主要特征,90年代旱涝波动剧烈。若以 $Z = \pm 0.524$ 为标准划分旱涝灾害年份,则有1958、1972、1976、1978、1979、1982、1999、2000年8个旱灾年,1956、1959、1960、1985、1990、1994、1998年7个涝灾年,旱灾多于涝灾,其中从1990年起的11 a间有5个灾害年份,说明进入90年代后降水异常更为频繁,而且50 a中最严重的旱(2000年)、涝(1994年)也均发生在这段时间内。对平均Z指数序列作线性拟合,其趋势系数为-0.006,说明降水有减少趋势。

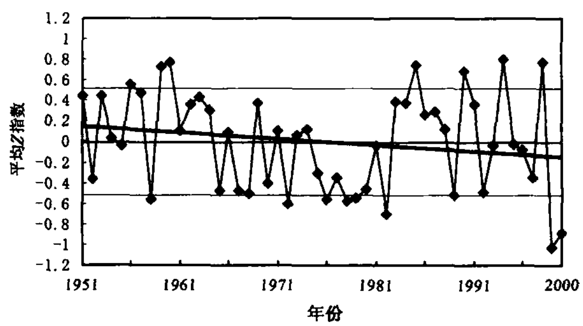

图2 东北地区平均Z指数的年际变化曲线
(粗实线为趋势线)

图3为东北地区平均Z指数Morlet小波系数图。可以看到,作物生长季降水异常主要存在3~7、12和30 a左右的周期变化。其中,后两者(代表年代际变化)比较稳定,且30 a左右的小波系数值大于12 a左右的小波系数值,说明30 a左右的周期更为突出;3~7 a周期(代表年际变化)在1965年前以3 a周期为主,1965~1990年以6 a周期为主,而90年代出现5、7 a周期并存且反位相的特点,说明

图3 东北地区平均Z指数Morlet小波系数(实部)

这一时期降水异常比较复杂。

3.2　生长季降水异常的时空分布特征

对 52 站的 Z 指数序列作 EOF 分析,取其前 12 个特征向量作极大方差正交旋转。表 1 列出了旋转后荷载向量的方差贡献和累积方差贡献,其中前 7 个荷载向量的方差贡献均大于 5 %,累积方差贡献为 60.5 %,已可以反映降水异常的主要时空信息。因此,下面只对前 7 个模态进行分析。

表 1　REOF 分析的方差贡献和累积方差贡献　%

	特征向量序号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
方差贡献	10.4	10.1	10.1	9.0	7.7	6.8	6.4	4.8	4.4	3.8	3.0	2.9
累积方差贡献	10.4	20.5	30.6	39.6	47.3	54.1	60.5	65.3	69.7	73.5	76.5	79.4

图 4 为 REOF 分析的前 7 个荷载向量分布图。REOF1 型主要反映了东北地区中部存在一异常区,最大荷载位于三岔河(0.75)、前郭尔罗斯(0.72)一带,这里是以松嫩平原和辽河平原北部为主的东北中部平原地区,草原沙地气候是这里的主要特点。REOF2 型主要反映了辽宁西南部和相邻的内蒙古地区的降水异常,最大荷载位于渤海北部辽东湾沿岸的绥中(0.87)、锦州(0.81)一带,该地区是辽西平原丘陵亚湿润和西部亚干旱气候区,由于受地形、地势影响,降水量较东部地区少,降水年际变化大、旱涝频繁是这里的气候特点。REOF3 型主要反映了黑龙江省东南部存在一个显著异常区,这里是三江平原(我国最大的淡水湿地)所在地,最大荷载位于三江平原中部的通河(0.81)、佳木斯(0.78)、虎林(0.78)一带,这里不仅受西风带、热带系统以及自身湿地下垫面影响,还受日本海和鄂霍次克海潮湿气流的影响。REOF4 型反映出辽宁省东南部的降水异常,最大荷载位于宽甸(0.85),这里是热带系统深

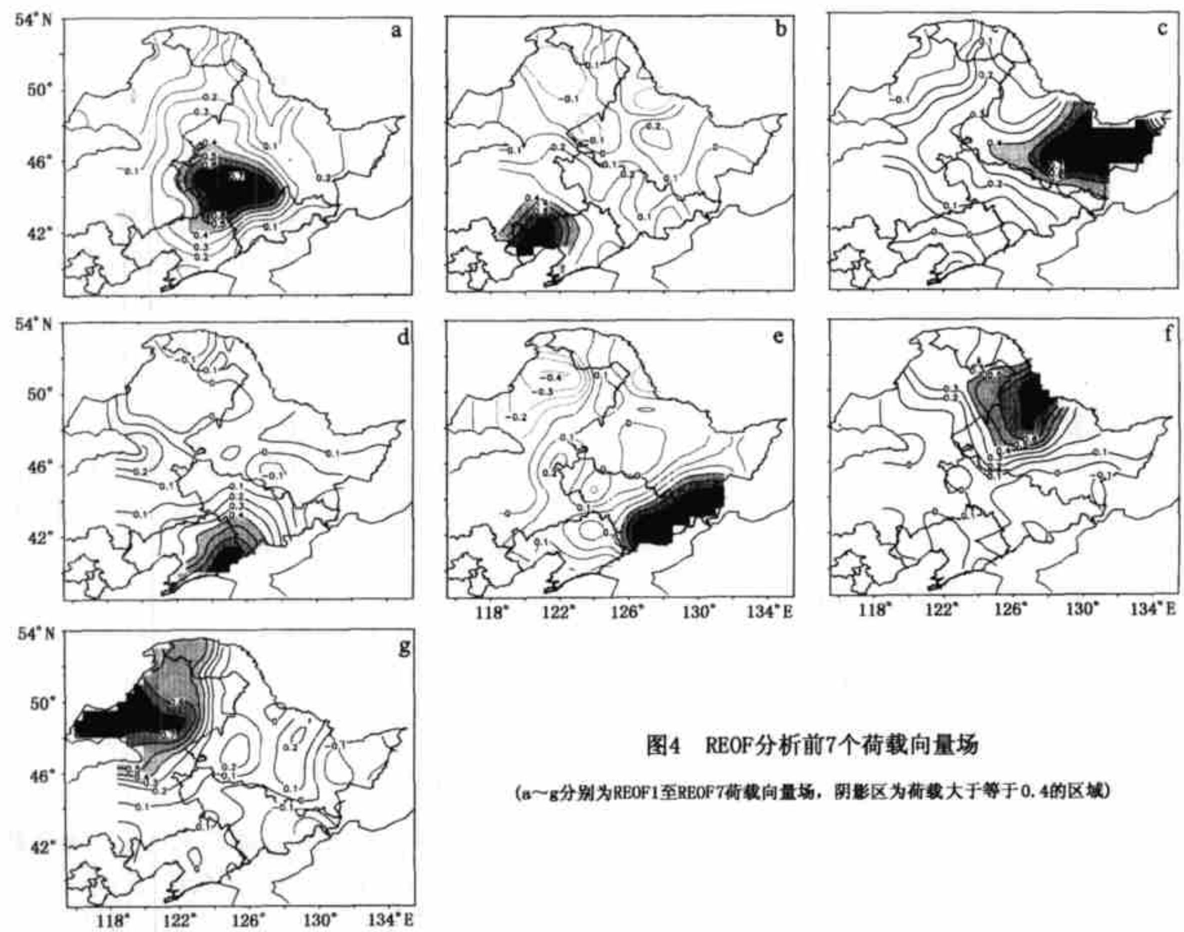

图4　REOF分析前7个荷载向量场

(a～g分别为REOF1至REOF7荷载向量场,阴影区为荷载大于等于0.4的区域)

入东北的主要通道,夏季常出现暴雨,北方最大的暴雨中心就出现在宽甸。REOF5 型反映出吉林省南部存在一降水异常区,体现了长白山山地降水异常特征,最大荷载位于靖宇(0.75)、松江(0.74),但该分布型还有一显著特点,即内蒙古北部(中心位于图里河,荷载向量为 - 0.40)降水与长白山地区反位相变化。REOF6 型主要反映了黑龙江省中北部的降水异常,最大荷载出现在黑河(0.81),这里受季风雨影响较小,具有小兴安岭山地气候特征。REOF7 型主要反映了内蒙古东北部的降水异常,最大荷载位于大兴安岭西麓的满洲里(0.82)、海拉尔(0.80)一带,体现了大兴安岭山地降水异常特征,由于受东南季风影响,降水量一般由东向西减少,虽降水并不丰沛,但因气温偏低空气湿度仍然偏高。由于这 7 个模态代表的主要异常区(图中的阴影区),基本覆盖了整个东北地区,可据此将东北地区生长季降水区划分为 7 个异常区(图 5),并用 1 ~ 7 区表示。

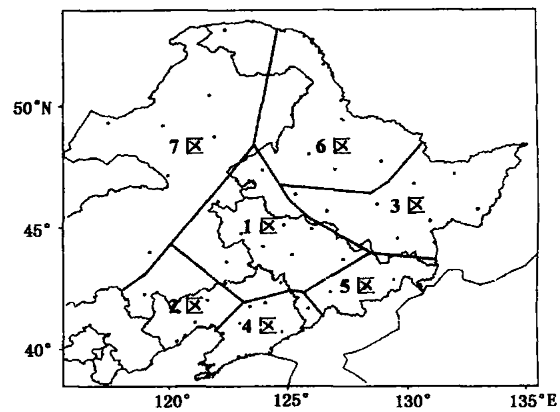

图 5　东北地区作物生长季降水异常区划
(黑点代表测站位置)

REOF1 至 REOF7 模态的时间系数均有明显的年际变化(图略),说明各区降水异常的年际波动十分显著。表 2 列出了各模态时间系数线性拟合的趋势系数,其中 1、4 区的负趋势较大,3 区也为负趋势,而 2、5、7 区为正趋势,6 区几乎无线性趋势变化。1、3、4 区正好是相连的 3 个区域,位于东北地区的中部、东部和南部,说明这一范围区域存在变旱的倾向,而东北地区的平原地区(农业生产基地)主要位于这一范围内,因此该地区的变旱倾向值得关注。

表 2　各模态(REOF1 至 REOF7)时间系数线性拟合的趋势系数

	1	2	3	4	5	6	7
趋势系数	- 0.0239	0.0091	- 0.0020	- 0.0215	0.0067	- 0.0001	0.0047

3.3　生长季内各月降水异常特征

分别对 7 个分区各月降水量作区域等权平均,得到各分区各月降水量序列,然后分别求其相对变率(表 3)。由表 3 可见,2 区各月降水相对变率均最高,说明这里各月均是旱涝异常最频繁的地区,降水很不稳定,常有旱涝灾害发生;相对而言,7 区的相对变率最小,表明这里降水的年际变化相对稳定;从月份看,7 月各区相对变率均最小,这与东北地区 7 月降水普遍最多有关;其余各区降水相对变率也有不同程度的变化,其中,1 区 5 ~ 6 月降水较其余区稳定,4 区 6 ~ 7 月降水异常是除 2 区外最不稳定的区域。

表 3　各区降水变化的相对变率　　%

	1 区	2 区	3 区	4 区	5 区	6 区	7 区
4 月	61.9	75.6	49.6	49.4	48.0	58.2	34.2
5 月	34.9	53.2	37.7	40.7	44.1	40.3	40.2
6 月	31.9	44.8	34.7	39.3	34.8	33.8	32.4
7 月	31.4	43.2	29.5	36.6	32.8	28.3	23.9
8 月	44.6	50.5	37.9	43.9	39.2	37.3	30.9
9 月	43.0	58.8	42.0	41.9	49.8	39.5	38.8

为了解各月旱涝的年代际变化情况,首先求出各站各月降水指数,将各分区内的指数等权平均,作为各月各分区平均指数,然后求其 11 a 滑动平均(图 6)。由于东北地区的平原主要位于 1、3、4 区,因此这里着重分析这 3 个区降水的变化。由图 6 可见,3 个区降水的阶段性变化趋势比较一致,1 和 3 区的变化更为相近。其中,6 月份降水均有增多趋势;8、9 月份有减少趋势,20 世纪 60 年代前的降水明显偏多;7 月呈现明显的"多 - 少 - 多"的阶段性变化,5 月则基本与 7 月反位相变化;4 月,70 年代中期到 80 年代末 1、3 区为多雨阶段,其余时期为正常或偏少,而 4 区在 60 年代前和 90 年代后明显少雨,之间为多雨期。

4　小结与讨论

东北地区农作物生长季降水的地区差异较大,从气候平均角度看,南部降水量超过 900 mm,而西北部不足 300 mm,降水相对丰富区其年际间绝对

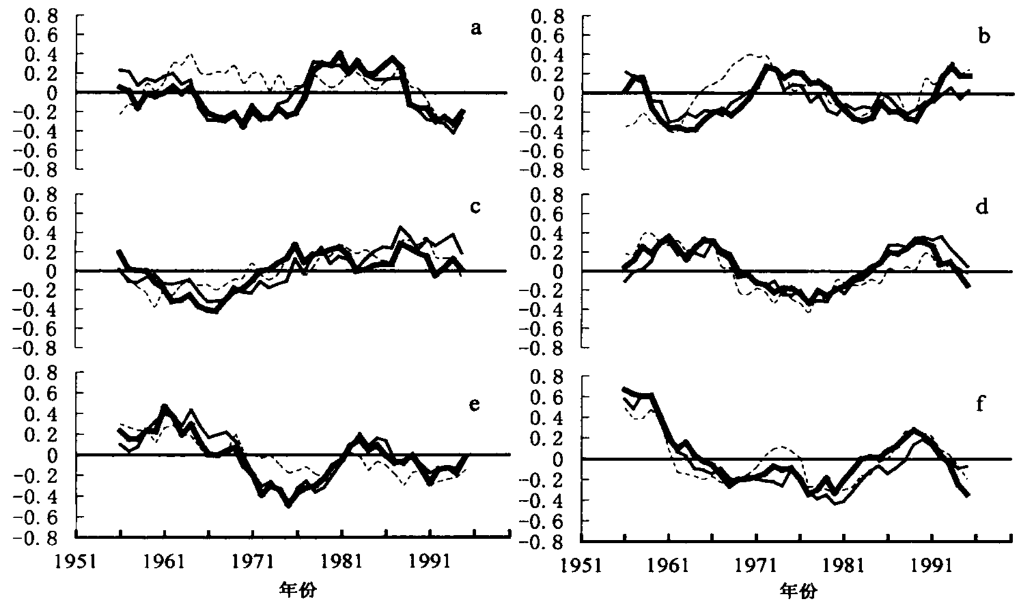

图6　1、3、4 区 4～9 月区域平均 Z 指数 11 a 滑动平均曲线
(a～f 分别为 4～9 月;粗实线为 1 区,细实线为 3 区,虚线为 4 区)

变率也较大。整个东北地区生长季降水存在减少趋势,旱灾略多于涝灾,而且 20 世纪 90 年代起降水异常更为频繁;降水异常主要存在 3～7、12 和 30 a 左右的周期变化。采用 REOF 方法,可将东北地区生长季降水异常划分为 7 个异常区,各区均有其各自的地形和气候特点。平原地区季降水有减少趋势,其中,东北地区中部、南部地区的变旱倾向更明显。7 个异常区中,辽西地区降水最不稳定,生长季内各月均是旱涝异常最频繁的地区,易出现旱涝灾害。平原地区各月降水均有阶段性变化特征,其中,6 月降水有增多趋势,8、9 月份有少雨趋势。

水分是农业生产的基本条件之一,农作物的生长发育和产量在很大程度上受水分条件的制约,而降水是当地农业水分资源的重要组成部分,也是地表径流、地下水的来源。前面的分析表明,东北地区作物生长季降水有减少趋势,并主要表现在东北中部、南部和东部,以中部的变旱倾向最大,而东北的平原地区主要位于这 3 个区域内,即中部、南部和东部是东北的主要农业生产基地,因此这里的变旱倾向不容忽视。由于东北地区中部是松花江、辽河流域的上游地段,其雨量减少必导致两流域径流量减少,从而进一步影响辽河平原和三江平原的水资源,使该地区的农业供水量更为短缺。众所周知,全球变暖是世界气候变化的主要趋势,而东北是我国变暖最显著的地区,在变暖形势下,蒸发量也随之增大,进而加剧水资源短缺的现象。因此,建议在东北地区种植制度、引种和栽培管理上,推广旱作农业和节水农业技术,减少农业对灌溉水的依赖。

参考文献

1　孙力,安刚,丁立,等. 中国东北地区夏季降水异常的气候分析. 气象学报,2000,58(1):70－82
2　贾小龙,王谦谦,周宁芳. 近 50 a 东北地区夏季降水异常的气候特征分析. 南京气象学院学报,2003,26(2):164－171
3　魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京:气象出版社,1999.128－133
4　鞠笑生,杨贤为. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝等级划分的研究. 应用气象学报,1997,8(1):26－32
5　张存杰,王宝灵. 西北地区旱涝指标的研究. 高原气象,1998,17(4):381－389

(下转第 354 页)

(上接第 349 页)

Analysis of Rainfall Anomaly in Growing Season of Crops in Northeast China

Wang Hongyu[1,2] Gong Qiang[2]

(1 Shenyang Institute of Atmospheric Environment, CMA, Shenyang 110016;
2 Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract: The precipitation departure in the growing season (April to September) of crops over Northeast China was analyzed with the rainfall data of 52 stations from 1951 to 2000 over Northeast China. The results show that there was a decreasing trend generally in precipitation with the periods being about 3 - 7, 12 and 30 years, with drought years more than flooding years in the past 50 years. According to the rainfall anomaly in growing season, Northeast China can be divided into several abnormal areas: a dry trend the middle, southern and eastern parts; and relatively frequent floods/droughts in the western. Considering the decreasing precipitation, it is suggested to adopt dry-farming and water-saving agriculture.

Key words: Northeast China, growing crop season, rainfall anomaly, dry tendency