

# 东北地区夏季干旱风险评估与区划

袁祝香<sup>1</sup>, 杨雪艳<sup>1</sup>, 刘 实<sup>2</sup>, 纪玲玲<sup>1</sup>

(1. 吉林省气象台, 吉林 长春 130062; 2. 吉林省气象科学研究所, 吉林 长春 130062)

**摘要:** 利用东北地区逐日平均气温、降水量资料, 定义了夏季干旱指数, 分析了东北地区夏季干旱的时间和空间演变规律和特点, 计算了东北地区夏季降水变异系数、夏季干旱风险指数和风险概率并进行了分析, 定义了夏季干旱综合风险指数, 并进行了综合风险分区。结果表明: 东北地区夏季干旱在空间分布上呈西重东轻的特点, 20世纪90年代以来, 东北地区夏季干旱处于前所未有的多发阶段。黑龙江西南部, 吉林、辽宁两省西部为夏季干旱高或较高风险区; 黑龙江中北部和东部以及吉林、辽宁两省中部为夏季干旱较低风险区; 黑龙江中南部、吉林东部, 辽宁东南部为夏季干旱低风险区。对于夏季干旱的高风险区和较高风险区要采取重点防御、大力推广抗旱农业生产技术、加大气候预测研究力度、加强东北地区抗旱能力建设等措施, 以减轻夏季干旱损失。

**关键词:** 东北地区; 夏季干旱; 风险评估; 风险区划

**中图分类号:** P49

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0690(2013)06-0735-06

近年来, 东北地区已成为中国干旱化显著的地区之一, 干旱不断持续和加剧, 据农业部门最新统计数据显示<sup>[1]</sup>, 20世纪80年代东北地区每年平均干旱面积在  $300 \times 10^4 \text{hm}^2$  左右, 90年代上升到每年平均  $400 \times 10^4 \text{hm}^2$  左右, 进入二十一世纪以来的2001~2010年, 干旱明显加剧, 干旱面积上升到每年平均  $550 \times 10^4 \text{hm}^2$  左右, 干旱最严重的2007年, 东北地区干旱面积达  $1\,164 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。东北地区是中国重要的商品粮生产基地, 持续的干旱已严重威胁东北地区的粮食生产, 引发粮食损失, 近年来, 每年东北地区因干旱造成的损失都在数十亿到百亿元以上, 例如2004年东北地区因旱损失达118.9亿元, 2007年达303.7亿元, 2009年因旱损失也在300亿元以上<sup>[1]</sup>。旱灾在导致严重经济损失和粮食损失的同时, 也因干旱期间河川径流的大幅衰减, 抗旱中大量超采地下水导致地下水漏斗, 对社会经济和生态环境的可持续发展提出了严峻的挑战, 使东北地区生态环境日益恶化<sup>[2-5]</sup>。为了减轻和防御东北地区干旱灾害的危害, 有效降低干旱灾害风险, 减少干旱灾害造成的损失, 为东北地区商品粮生产基地的科学防旱减灾提供有力的科技支撑, 对东北地区的干旱及其风险进行研究和评

估意义重大。

对于东北地区的干旱及其风险评估, 学者们进行了大量的探索<sup>[6-14]</sup>。这些研究对东北地区年度干旱、春季干旱等进行了研究, 但对于东北地区夏季干旱及风险评估方面研究涉及较少, 但夏季是东北地区作物需水关键期, 和春季干旱比起来, 真正制约东北地区粮食生产的是夏季干旱, 因为春季干旱可以采用坐水种等措施进行防御, 而夏季干旱没有更有效的措施进行防御, 因而损失惨重, 东北素有“春旱不算旱, 夏旱丢一半”之说, 只要在关键期(7月25日至8月31日的授粉和灌浆盛期)出现严重夏季干旱, 作物减产非常明显, 因此开展东北地区作物夏季干旱及风险评估研究十分必要。

## 1 资料与方法

### 1.1 数据

本文所指的东北地区包括辽宁省、吉林省、黑龙江省三省, 大致位于  $38^\circ\text{N} \sim 54^\circ\text{N}$ ,  $118^\circ\text{E} \sim 136^\circ\text{E}$  之间。气象资料采用东北地区77个国家基本站6~9月日平均气温、日降水量资料, 资料年代为1961~2007年(图1)。

收稿日期: 2012-06-23; 修订日期: 2012-12-05

基金项目: 吉林省科技发展规划项目(20080427)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106021)资助。

作者简介: 袁祝香(1963-), 女, 吉林长岭人, 高级工程师, 主要研究方向气象灾害评估, 气候预测。E-mail: xzx\_long@yahoo.com.cn

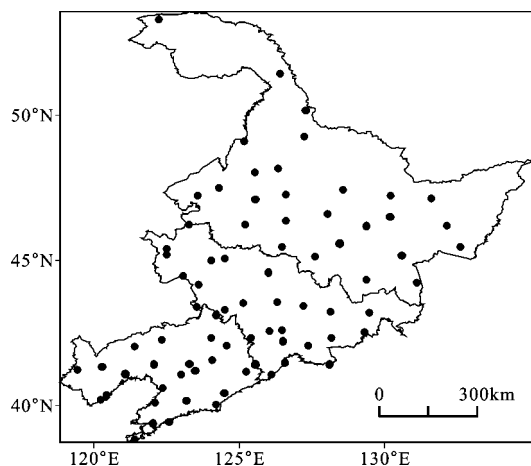


图1 东北地区77个气象站点分布

Fig.1 The schematic diagram of 77 meteorological stations in Northeast China

## 1.2 方法

### 1.2.1 夏季干旱指数计算方法

赵春雨<sup>[15]</sup>等利用 $K$ 指数对辽宁省的旱涝进行了分析,取得了较好的效果, $K$ 指数计算方法如下:

$$K=(E-R)/E \quad (1)$$

式(1)中, $E$ 为需水量, $E=0.16\sum t$ , $\sum t$ 为高于 $0^{\circ}\text{C}$ 每日平均气温累加,0.16为系数, $R$ 为降水量, $K$ 为旱涝指数。本文参考其对干旱级别的划分方法分别对6月、7月、8月、9月和东北地区作物授粉期(7月25日~8月5日)的干旱级别进行划分。在上述计算基础上,根据各月干旱程度对产量影响的大小,给旱情确定分数<sup>[16]</sup>,6、7月重旱1.0分,偏旱0.5分;8月重旱3.0分,偏旱1.5分;9月重旱1.2分,偏旱0.6分;授粉期偏旱或重旱都为1.5分。以 $K$ 指数划分的干旱等级和干旱分数见表1。

表1 干旱等级及分数

Table 1 The drought level and scores

$K$ 值	干旱等级	6、7月干旱分数	8月干旱分数	9月干旱分数	授粉期干旱分数
$K<0.30$	—	0	0	0	0
$0.30\leq K<0.60$	偏旱	0.5	1.5	0.6	1.5
$K\geq 0.60$	重旱	1.0	3.0	1.2	1.5

各月及授粉期干旱分数相加,得到夏季干旱指数序列,定义夏季干旱指标为<sup>[16]</sup>: $\geq 4.5$ 分为重旱年,3.0~4.4分为偏旱年。

### 1.2.2 降水量变异系数计算方法

夏季干旱发生的风险性很大程度上取决于夏

季水分条件是否稳定,夏季6~9月降水波动大,则作物生长的水分条件不稳定,出现夏季干旱的风险性增大,农业生产的稳定性差,损失大,这里采用东北地区各站夏季6~9月降水序列的变异系数来反映夏季水分条件的不稳定性。其公式为:

$$V_R=(\sqrt{\sum(R_{6-9}-\bar{R}_{6-9})^2/(n-1)})/\bar{R}_{6-9} \quad (2)$$

式(2)中, $V_R$ 为变异系数, $R_{6-9}$ 为某年6~9月降水量, $\bar{R}_{6-9}$ 为6~9月降水量多年平均值, $n$ 为6~9月降水序列样本数。

### 1.2.3 夏季干旱风险指数估算方法

风险指数是又一种考虑风险程度大小的指标<sup>[17]</sup>,它把灾害强度和灾害发生频率有机的结合在一起,能较客观地反映灾害的风险性大小。即将东北地区每一站出现夏季干旱的年份按偏旱和重旱分为两组,求每组出现的频数,组中值,按公式:

$$k=\sum_{i=1}^2 D_i/n \times H_i \quad (3)$$

式(3)中, $k$ 为风险指数, $D_i$ 为 $i$ 组出现的频数, $n$ 为样本总数, $H_i$ 为组中值。

### 1.2.4 夏季干旱风险概率估算方法

风险概率也常常用来评定某种灾害的风险程度,概率越大说明风险就越大。在求取风险概率时首先要确定该灾害序列遵从的分布函数,通过计算东北地区各站点夏季干旱指数序列的偏度和峰度<sup>[18,19]</sup>可知,东北地区各站夏季干旱指数序列基本都不遵从正态分布,因此,这里对东北地区夏季干旱指数序列进行了开立方根处理,对处理之后的序列重新计算偏度和峰度发现,绝大多数站(77站有75站完全遵从,另2站也基本遵从)都遵从正态分布的规律。因此,可以用正态分布函数计算偏旱和重旱界限下的风险概率,但偏旱和重旱的界限分别为原来偏旱界限和重旱界限的立方根。

正态分布 $N(\mu, \sigma)$ 的分布密度函数 $f(x)$ 为:

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

$$\text{分布函数 } F(T) \text{ 为: } F(T)=\int_{-\infty}^T \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (5)$$

$F(T)$ 即为界限 $T$ 以下出现的概率。当 $T$ 为偏旱界限 $T_1$ 时, $F(T_1)$ 为偏旱界限下的风险概率,当 $T$ 为重旱界限 $T_2$ 时, $F(T_2)$ 为重旱界限下的风险概率。

### 1.2.5 夏季干旱综合风险指数估算及风险区划方法

为了综合地反映东北地区各地作物夏季干旱

的风险情况,同时对东北地区进行作物夏季干旱风险区划,选择经过计算的 $n$ 个有代表意义的风险指标,然后按照公式(6)对 $n$ 个风险指标进行极差标准化<sup>[11]</sup>,定义夏季干旱综合风险指数:

$$Y = \frac{y_1 - y_{1\min}}{y_{1\max} - y_{1\min}} + \cdots + \frac{y_i - y_{i\min}}{y_{i\max} - y_{i\min}} + \cdots + \frac{y_n - y_{n\min}}{y_{n\max} - y_{n\min}} \quad (6)$$

式中 $Y$ 为夏季干旱综合风险指数, $y_i$ 为某风险指标, $y_{i\min}$ 为某风险指标序列的最小值, $y_{i\max}$ 为某风险指标序列的最大值,进行上述标准化后, $n$ 个风险指标值都处于0~1之间,消除了量纲的影响,然后将 $n$ 个风险指标的标准化值相加,得到夏季干旱综合风险指数。

对东北地区各地夏季干旱综合风险指数采用最优分割法<sup>[20]</sup>进行分区,并作为区划的主要依据,同时参考夏季降水变异系数、夏季干旱频率、风险指数和风险概率,对东北区夏季干旱风险进行区划。

## 2 夏季干旱风险评估分析

### 2.1 东北地区夏季干旱的空间分布特点

从东北地区偏旱界限下夏季干旱出现的频率来看(图2),基本呈西重东轻的特点,其中吉林西部以及泰来、安达、阜新、叶柏寿在20%以上,白城、洮南在30%以上,分别为37%,31%;辽宁西南部地区以及齐齐哈尔附近、佳木斯附近以及吉林中部部分地方在10%~20%之间;其它地方在10%以下,其中吉林东南部的通化、东岗、蛟河偏旱界限下夏季干旱频率为0,即这些地方基本不出现夏季干旱。

东北地区重旱出现频率也呈西重东轻的特点,但频率明显变小,其中只有富裕、泰来、白城、洮南、通榆5县市重旱频率在10%以上,白城最大,达19%;吉林西部、辽宁西部部分地方以及齐齐哈尔附近在5%~10%之间;其它地方在5%以下,吉林东南部大部分地方以及丹东、漠河、绥芬河等地重旱出现频率为0(图略)。

### 2.2 东北地区夏季干旱的时间分布特点

从偏旱界限下夏季干旱出现频率的年际变化曲线可以看出(图3),1951~1975年东北地区夏季干旱处于偏少阶段,1976~1982年夏季干旱处于偏多阶段,1983~1990年夏季干旱处于明显偏少阶段,20世纪90年代以来,东北地区夏季干旱频率急剧上升,特别是2007年东北地区夏季干旱频率达到前所未有的高点。

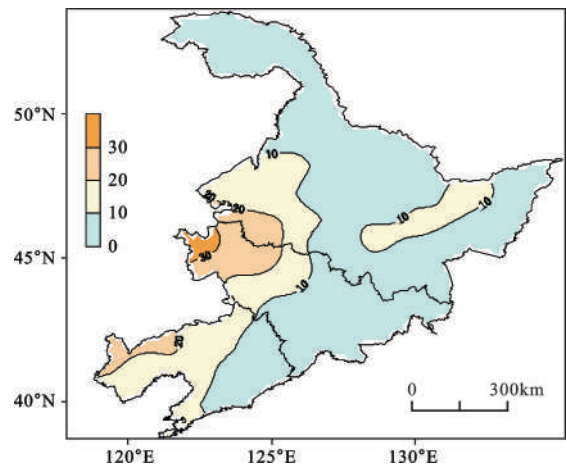


图2 东北地区偏旱界限下夏旱出现的频率(%)

Fig.2 The frequency of summer drought under partial drought (%)

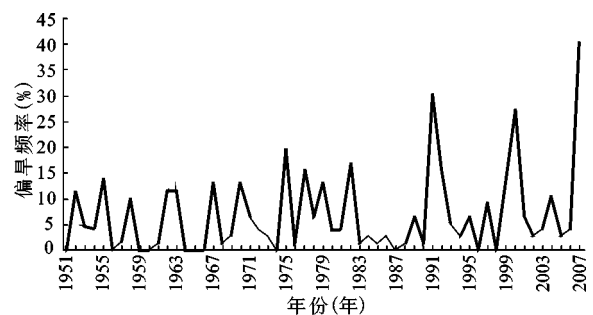


图3 偏旱界限下夏旱出现频率的年际变化(%)

Fig.3 The interannual variability of frequency of summer drought under partial drought (%)

### 2.3 东北地区夏季降水变异系数分布

夏季(6~9月)降水的变异系数在吉林、辽宁两省西部以及黑龙江的泰来等地较大,在30%以上,白城最大,达37%;哈尔滨附近、黑龙江东南部部分地方、吉林东部地区在20%~25%之间,为变异系数较小区,最小出现在松江,为20%;其它地区在25%~30%之间(图4)。

### 2.4 东北地区夏季干旱风险指数分析

吉林西部以及泰来、阜新风险指数较大,在1.0以上,白城为最大,达1.85;黑龙江西南部地区、吉林松原地区大部、辽宁西北部在0.5~1.0之间;黑龙江东北部、吉林东部地区、辽宁东南部地区风险指数较小,在0.2以下,通化、东岗、蛟河等地最小,风险指数为0;其它地区在0.2~0.5之间(图5)。

### 2.5 东北地区偏旱、重旱界限下风险概率分析

黑龙江齐齐哈尔地区、吉林的西部地区、以及



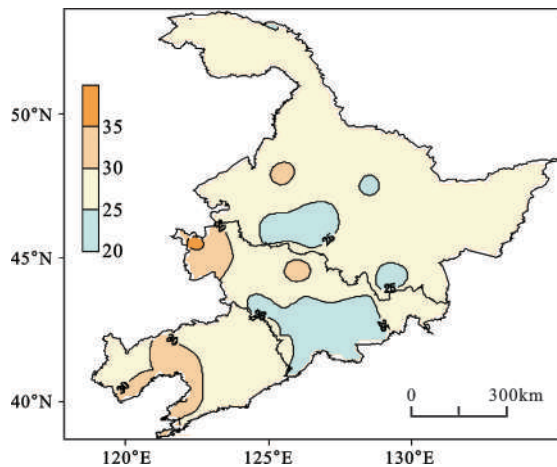


图4 东北地区夏季降水变异系数(%)

Fig.4 The variation coefficient of summer rainfall in Northeast China

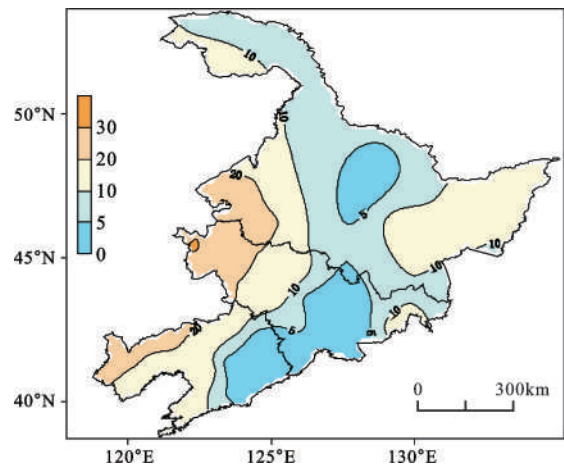


图6 东北地区偏旱界限下风险概率(%)

Fig.6 The risk probability of summer drought under partial drought (%) in Northeast China

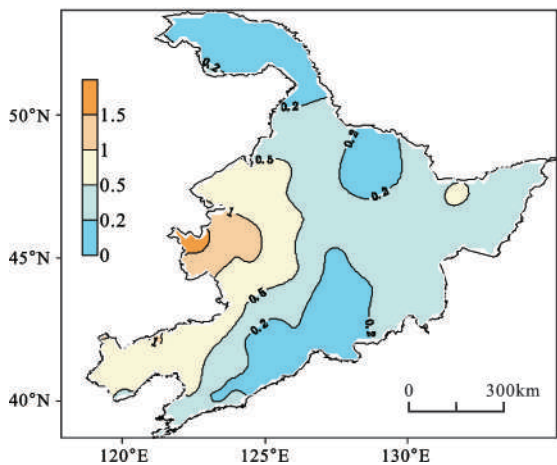


图5 东北地区夏季干旱风险指数

Fig.5 The risk index of summer drought in Northeast China

辽宁西北部地区偏旱界限下的风险概率较大,在20%以上,泰来、白城、洮南最大,均达30%;辽宁的西部地区、吉林中部和延边盆地地区以及黑龙江东部地区和嫩河、克山、明水等地偏旱界限下的风险概率在10%~20%之间;其它地区在10%以下,靖宇最小,为0(图6)。

重旱界限下的风险概率的分布形式和偏旱界限下的风险概率较为一致,但数值明显降低,黑龙江齐齐哈尔地区、吉林的白城地区、以及辽宁西北部地区重旱界限下的风险概率较大,在10%以上,白城、洮南最大,均为20%;辽宁的桓仁、宽甸,吉林的东岗、蛟河、通化重旱界限下的风险概率为0;其它地方在1%~9%之间(图略)。

### 3 夏季干旱综合风险区划

选择上述经过计算的4种有代表意义的风险指标:偏旱界限下夏季干旱出现频率、夏季降水变异系数、夏季干旱风险指数,偏旱界限下夏季干旱的风险概率,然后按照公式(6)计算夏季干旱综合风险指数,对东北地区各地夏季干旱综合风险指数采用最优分割法进行了分区,同时参考夏季干旱频率(偏旱界限下夏季干旱频率,重旱界限下夏季干旱频率),夏季降水变异系数,夏季干旱风险指数和风险概率(偏旱界限下夏季干旱的风险概率,重旱界限下夏季干旱的风险概率),将东北地区夏季干旱分为高风险区,较高风险区,较低风险区,低风险区。将划分的区域指标值采用最优分割法<sup>[20]</sup>的检验公式进行了检验,F检验值达到4.66,远远超过 $\alpha=0.005$ 的信度( $F_{0.005}=3.60$ ),可见这样分区是合理的。具体区划结果见图7。

由图7可以看出,黑龙江的泰来、吉林的白城、洮南综合风险指数值在3.20以上,为夏季干旱高风险区,其中白城最高,达3.40;黑龙江西南部和富锦,吉林、辽宁两省西部地区综合风险指数值在1.60~3.20之间,为夏季干旱较高风险区;黑龙江中南部地区、呼玛、黑河等地,吉林东部地区、辽宁东南部地区综合风险指数值在0.80以下,为夏季干旱的低风险区,最小值出现在吉林东岗,仅为0.09,即该地很少出现夏季干旱;其它地区综合风险指数在0.80~1.59之间,为夏季干旱较低风险区。

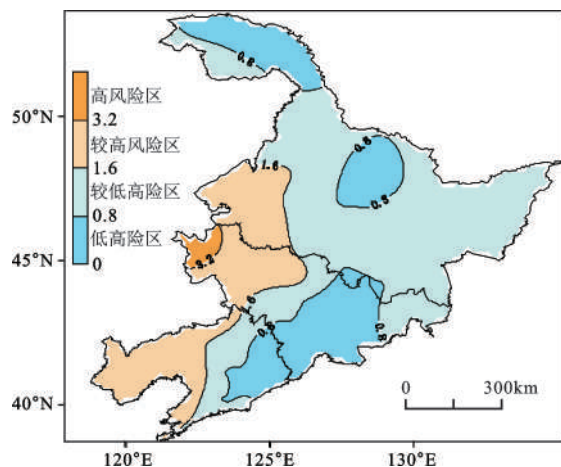


图7 东北地区夏季干旱风险区划

Fig.7 The risk division of the summer drought in Northeast China

## 4 结 语

通过上述分析,可以得到以下结论:

1) 东北地区夏季干旱在空间分布上呈西重东轻的特点,在时间分布上,20世纪70年代中期至80年代初夏季干旱为相对多发期,90年代以来,东北地区夏季干旱处于前所未有的多发阶段。

2) 黑龙江西南部,吉林、辽宁两省西部为夏季干旱高或较高风险区,为东北地区夏季干旱重点防御区域;哈尔滨-长春-沈阳沿线附近以及黑龙江北部和东部为夏季干旱较低风险区;黑龙江中南部、吉林东部,辽宁东南部为夏季干旱低风险区。

3) 由于东北地区夏季水分资源相对不足,遭受夏季干旱的风险性相对较大,而且地域差异也十分明显,且20世纪90年代以来东北区干旱呈加重的趋势。减轻夏季干旱风险的主要措施,一是重点防御。在进行农业生产时,应充分考虑夏季干旱出现的风险概率或发生的风险程度,对于黑龙江西南部,吉林、辽宁两省西部的夏季干旱的高风险区和较高风险区应重点加以防御;二是大力推广抗旱农业生产技术。在夏季干旱的高风险区和较高风险区要大力推广耐旱品种、土壤扩库增容、农田减蒸增墒、非充分灌溉技术以及膜下滴灌、“以肥调水”节水等抗旱技术,减轻干旱灾害;三是加大气候预测研究力度。力争在每年作物播种前就能对当年夏季的水分条件做出较准确的预测,如果预测当年夏季水分条件差,应及早加大抗

旱的投入,科学调度,积极准备抗旱物资,将夏季干旱可能造成的损失降到最低;四是加强东北地区抗旱能力建设。如加大人工增雨投入力度,积极开发人工增雨新技术,开发空中云水资源,做到科学防旱。

## 参考文献:

- [1] 陈晓华,新中国农业60年统计资料[M].北京:中国农业出版社,2009.
- [2] 廉毅,高枫亭,任红玲,等.20世纪90年代中国东北地区荒漠化的发展与区域气候变化[J].气象学报,2001,22(6):730~736.
- [3] 张耀存,张录军.东北气候和生态过渡区50年来降水和温度概率分布特征变化[J].地理科学,2005,25(5):561~566.
- [4] 黄初龙,邓伟.东北区农业水资源可持续利用地域分异的因子分析[J].地理科学,2006,26(3):284~291.
- [5] 杜海波,吴正方,李明.近50年东北地区生态地理界线的代际变化[J].地理科学,2011,31(9):1144~1150.
- [6] 孙力,沈柏竹,安刚.中国东北地区地表干湿状况的变化及趋势分析[J].应用气象学报,2003,14(5):542~552.
- [7] 谢安,孙永罡,白人海.中国东北区近50年干旱的发展及对全球气候变暖的响应[J].地理学报,2003,58(增):75~82.
- [8] 魏凤英,张婷.东北地区干旱强度频率分布特征及其环流背景[J].自然灾害学报,2009,18(3):1~7.
- [9] 孙才志,张翔.基于信息扩散技术的辽宁省农业旱灾风险评价[J].农业系统科学与综合研究,2008,24(4):507~510.
- [10] 汪金英,尚杰.基于信息扩散理论的黑龙江省农业旱灾风险分析[J].生态经济,2009,(6):129~131.
- [11] 袁祝香,王文跃,时霞丽.吉林省春旱风险评估及区划[J].中国农业气象,2008,29(1):119~122.
- [12] 朱海霞,李旭,李百超.黑龙江省春季干旱风险评估及区划[J].黑龙江气象,2009,26(2):16~18.
- [13] 高西宁,刘焕莉.辽宁省近50年来春旱评估分析[J].江苏农业科学,2011,(1):380~383.
- [14] 李百超,闫平,朱海霞.东北地区旱涝灾害风险的时空变化[J].黑龙江气象,2011,28(2):15~17.
- [15] 赵春雨,戴廷仁,李晶,等.辽宁省两种气候旱涝指标的确定及其旱涝分布[C].//王锦贵,许君强.东北地区夏季低温与旱涝预测系统研究.北京:气象出版社,2000:41~45.
- [16] 吉林省志-气象志.长春:吉林人民出版社[M].1996.
- [17] 邓国,李世奎.中国粮食作物产量风险评估方法[C].//李世奎.中国农业灾害风险评价与对策.北京:气象出版社,1999.
- [18] 全国统计方法应用标准技术委员会标准化中统计方法应用委员会.数据的统计处理和解释-国家标准中若干统计方法[M].杭州:浙江大学出版社,1991.
- [19] 邓勃.分析测试数据的统计处理方法[M].北京:清华大学出版社,1995.
- [20] 黄嘉佑.气象统计分析与预报方法[M].北京:气象出版社,2000.

## The Risk Evaluation and Division of the Summer Drought in Northeast China

XI Zhu-xiang<sup>1</sup>, YANG Xue-yan<sup>1</sup>, LIU Shi<sup>2</sup>, JI Ling-ling<sup>1</sup>

(1. *Jilin Meteorological Observatory, Changchun, Jilin 130062, China*; 2. *Jilin Meteorological Science Institute, Changchun, Jilin 130062, China*)

**Abstract:** Since the Northeast China is an important commodity grain base, the persistent drought events become a serious threat to food production in this area. Now the loss of grain caused by the drought is up to or even more than 10 billion YUAN each year. Due to the significant decrease of river runoff in the periods of drought and the over-exploitation of the groundwater, the situation of gradual deterioration of ecological environment in Northeast China has happened, the drought become a serious challenge in sustainable development of social economic and ecological environment. The study of the cause and its risk assessment of drought in Northeast China are of very important for the reduction of losses in drought disaster, and also important for providing scientific and technological support in the fight against droughts. Based on the daily mean temperature and precipitation data in Northeast China, and considering the influence of summer precipitation on food production, a summer drought index is defined by the use of K index, the space-time variation of summer drought is then investigated. The summer precipitation variation coefficient, the risk index and the risk probability of summer drought are calculated and analyzed. The comprehensive risk index is defined based on four indicators, i.e. the variation coefficient of summer precipitation, the frequency of summer drought, the risk index and risk probability of summer drought, the comprehensive risk division of summer drought is also conducted. Results show that: summer drought in Northeast China is more serious in the west than that in the east. The summer drought in Northeast China is get into the frequently-occurring stage since the 1990's. The southwest of Heilongjiang Province, the west of Jilin Province and the west of Liaoning Province are the driest regions and they are the high-risk areas of summer drought, the north and east parts of Heilongjiang Province, the central of Jilin and Liaoning Province are the lower risks areas of summer drought, the south-central of Heilongjiang Province, the east of Jilin Province and the southeast of Liaoning Province are the low risk areas. Defensive measures should be taken in the high-risk and the higher risk areas, by promoting the agricultural drought resistant technology vigorously, taking grater efforts on the climate prediction, strengthening the construction of drought resistance so as to reduce the summer drought loss in Northeast China.

**Key words:** Northeast China; summer drought; risk evaluation; risk division