

辽宁省近 50 年旱涝灾害的时空特征分析

江和文¹, 郭婷婷², 包颖¹, 苏贵岭¹, 廖晶晶¹

(1. 辽宁省葫芦岛市气象局, 辽宁 葫芦岛 125000; 2. 辽宁省气象局, 沈阳 110003)

摘要:基于 1960—2009 年辽宁省 49 站的逐日降水资料,从单站旱涝 Z 指数出发,根据 Z 指数的划分等级定义了辽宁省的区域旱涝指标,以此讨论了辽宁省年度旱涝灾害和季节性旱涝灾害的时间变化趋势和空间分布特征。结果表明:50 a 来,年度干旱、夏旱、秋旱指标呈上升趋势,春旱指标的时间变化趋势特征不明显,年度洪涝和夏涝指标呈下降趋势;从空间分布来看无论是年度干旱还是季节性干旱,发生频率最高的地区都在辽宁省西部及西北部地区;辽宁东北地区的年度干旱、春旱、夏旱出现频率较低,秋旱出现频率最低的地区在辽宁省南部。年度洪涝和夏季洪涝的空间分布特征比较相似,发生频率最高的地区在辽宁省东部及东南部地区,西部地区发生洪涝的频率是最低的。旱涝灾害的严重程度与降水集中度的大小具有一定的相关性

关键词:辽宁省;旱涝;Z 指数;时空变化;降水集中度

中图分类号:P426.616

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0029-05

Spatiotemporal Distribution of Drought and Flood Disasters over the Last 50 Years of Liaoning Province

JIANG He-wen¹, GUO Ting-ting², BAO Ying¹, SU Gui-ling¹, LIAO Jing-jing¹

(1. Huludao Meteorological Bureau, Huludao, Liangning 125000, China;

2. Meteorological Bureau of Liaoning Province, Shenyang 110003, China)

Abstract:Based on the daily precipitation data from 1960 to 2009 of 49 stations in Liaoning Province, temporal trend and spatial distribution of annual and seasonal drought and flood disasters were discussed according to the drought and flood region index which is defined by the grade division of Z-index of single station. The results show that annual drought, summer drought and autumn drought index have increasing trend, and temporal trend of spring drought index is not obvious over the last 50 years. There are both decreasing trend of annual and summer flood index. The spatial distribution of either annual drought or seasonal drought shows that the highest frequency regions are in the west and northwest Liaoning Province. Annual drought, spring drought and summer drought have lower frequency in northeast Liaoning Province, and the lowest frequency regions of autumn drought are in the east and the southeast. The spatial distribution of annual flood and summer flood disaster is similar, the highest frequency regions are in the east and the southeast, and the lowest is in the west of Liaoning Province. There is some correlation between severity of drought and flood disasters and the concentration degree of precipitation.

Key words:Liaoning Province; drought and flood; Z-index; spatiotemporal change; precipitation concentration degree

旱涝是一个复杂的概念,不同的部门或学科对旱涝有不同的定义标准^[1-3]。如农业部门常以土壤湿度的大小作为旱涝的标准,气象部门则一般以降水量的多少作为划分旱涝的标准,而水文部门多以河水径流量的干枯作为旱涝的标准。尽管不同学科定义的侧

重点不同,但它们之间有着密切的联系,径流的干枯和土壤湿度的大小与降水量的多少有直接联系。气象部门目前基于降水量定义的旱涝标准也较多。应用研究表明,每种定义的旱涝指标或多或少都有一定的局限性,有待于在实际应用中鉴别。鞠笑生^[4]等在

对比研究确定单站旱涝的多种指标后认为,利用降水量计算的 Z 指数作为划分旱涝级别的标准较好,并利用该指标对我国华北和长江流域地区的旱涝进行了分析;任朝霞^[5]等利用 Z 指数分析了 1951—2000 年间西北干旱区的旱涝气候特征;张存杰^[6]等根据旱涝实际分布概率对 Z 指数界限值进行了修正,研究了我国西北地区的旱涝变化;刘俊菊^[7]等利用 Z 指数讨论了德州市的旱涝变化特征。因此,本文选取 Z 指数作为单站的旱涝指标,并利用该指标确定区域旱涝等级,分析旱涝灾害的时间变化。利用地理信息系统(GIS)空间插值方法探讨旱涝的空间分布,从降水集中度和集中期的角度,对旱涝发生的原因做进一步的分析和探讨。

1 资料与方法

1.1 资料来源

目前辽宁省共有地面气象观测站 61 个,由于建站时间先后不一,加上有的测站由于历史原因出现数据缺测现象,所以本文选取其中资料完整的 49 个台站的逐日降水资料,以及各气象观测站经纬度和海拔高度数据,资料的时间序列为 1960—2009 年共计 50 a。

1.2 研究方法

本文以 Z 指数作为单站的旱涝指标,并利用该指标计算出区域旱涝指标,分析旱涝灾害的时间变化;采用克里金(Kriging)空间插值方法^[8]探讨旱涝的空间分布,弥补了常规统计方法中仅从气候条件分析的不足。

1.2.1 单站旱涝指标—— Z 指数 由于某一时段的降水量一般不服从正态分布,而是服从 Person—III 型分布, Z 指数能够消除降水量平均值不同的影响,对降水量进行处理而得到服从标准正态分布的序列,对旱涝程度具有较好的反映能力^[9]。现假设月降水量服从 Person—III 型分布,其概率密度分布为:

$$P(R)=[\beta T(\gamma)]^{-1}[(R-\alpha)/\beta]^{\gamma-1}e^{-(R-\alpha)/\beta} \quad (1)$$

对降水量 R 进行正态化处理,可将概率密度函数 Person—III 型分布转换为以 Z 为变量的标准正态分布。其转换公式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left[\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right]^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (2)$$

式中: C_s ——偏态系数; φ_i ——标准变量,均可由降水资料序列计算求得,计算公式为:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^3}{n\sigma^3} \quad (3)$$

$$\varphi_i = \frac{R_i - \bar{R}}{\sigma} \quad (4)$$

式中: $\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$,为降水序列的累年平均值。 $\sigma =$

$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$,即降水序列的标准差。采用(1)——

(4)式可以求算辽宁省各站年(季) Z 值序列,然后根据表 1 确定辽宁省各地的年(季)的旱涝等级。

1.2.2 区域旱涝指标的确定 一个好的区域旱涝指标不仅要能表征旱涝的空间分布,还要能反映出旱涝的轻重程度。如果在计算区域旱涝指数时,采用各站 Z 指数平均值作为区域旱涝指数可能会出现旱情偏轻洪涝偏重的情况^[10-11]。区域内单站旱涝对于区域旱涝的贡献,应该与其相应的旱涝等级出现的概率成反比,考虑到实际概率与理论概率接近,根据理论概率中各旱涝等级所出现的概率比值,在划分单站历年旱涝等级的基础上,来计算区域旱涝指数。同时为了计算简便,采用如下方法计算辽宁省历年的区域旱涝指标。

$$H = \frac{3n_1 + 2n_2 + n_3}{n} \quad G = \frac{3n_7 + 2n_6 + n_5}{n} \quad (5)$$

式中: H ——区域洪涝指标; G ——区域干旱指标, $H(G)$ 越大则表面相应的灾害程度越严重; $n_1, n_2, n_3, n_5, n_6, n_7$ ——辽宁省区域内 Z 指数为 1, 2, 3, 5, 6, 7 级的站数; n ——区域总站数。并以 $H(G) > 1$,即平均起来所有站都出现了偏旱(涝)以上等级的旱(涝)灾害,作为严重区域性旱(涝)的临界指标。

表 1 Z 指数旱涝等级指标

等级	类型	Z 值范围	累计频率	理论概率/%
1	重涝	$1.645 \leq Z$	$95\% < P(Z)$	5
2	大涝	$1.0367 \leq Z < 1.645$	$85\% < P(Z) \leq 95\%$	10
3	偏涝	$0.5244 < Z < 1.0367$	$70\% < P(Z) \leq 85\%$	15
4	正常	$-0.5244 \leq Z \leq 0.5244$	$30\% \leq P(Z) \leq 70\%$	40
5	偏旱	$-1.0367 < Z < -0.5244$	$15\% \leq P(Z) < 30\%$	15
6	大旱	$-1.645 < Z \leq -1.0367$	$5\% \leq P(Z) < 15\%$	10
7	重旱	$Z \leq -1.645$	$P(Z) < 5\%$	5

2 结果与分析

2.1 年度旱涝灾害的时空变化特征

2.1.1 年度旱涝灾害的年际变化 利用旱涝 Z 指数的计算公式,计算出辽宁省 1960—2009 年间 49 站每年的 Z 指数平均值,再根据表 1 的分级标准对其分

表 2 辽宁省年度旱涝灾害等级评定年

旱涝分级	年 份
大涝	1964,1985,1986,1994
偏涝	1960,1962,1969,1973,1991,1995,1998,2005
偏旱	1965,1968,1972,1978,1980,1981,1982,1992,1997,2001,2002,2006,2009
大旱	1989,1999,2000

以 $H(G)>1$ 作为严重区域性旱涝的分界线,50 a 间出现严重区域性洪涝的年份有 8 a,出现严重区域性干旱的年份有 8 a,从趋势来看,年度洪涝指标呈下降趋势,干旱指标呈上升趋势,与降水量变化趋势相吻合(图 1)。

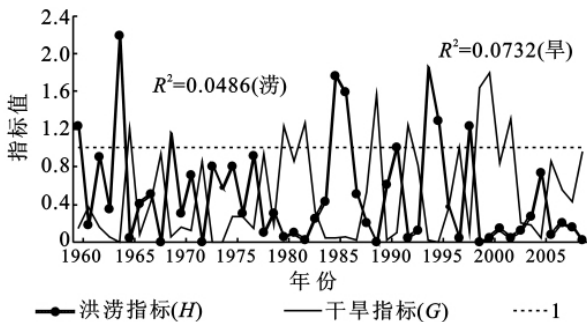


图 1 年度旱涝指标的时间变化趋势

2.1.2 年度旱涝灾害的空间分布 根据单站年度旱涝 Z 指数在偏旱以上的年份,按照偏旱 1、大旱 2、重旱 3 的权重比例,计算单站干旱频率,洪涝类似。在 ArcGIS 上绘制辽宁省旱涝频率空间分布图(附图 1),结果表明:发生干旱频率最高的地区在辽宁省西部,其次是大连南部及辽宁西北部地区,干旱频率最低的地区在辽宁省的东北部,发生洪涝频率最高的地区在辽宁省东部及东南部地区,辽宁省西部地区发生洪涝的频率是最低的。

究其原因主要有以下两点:(1)辽宁省降水主要集中在夏季,因而,夏季降水的空间分布与干旱和洪涝发生有着密切的联系,辽宁省的夏季降水主要受西风带槽脊东移影响,当西风槽自西移来时随着海拔高度的下降,系统有所减弱,所以辽西地区发生洪涝的频率较低,相反干旱的频率也就相对较高;当天气系统经过辽河流域再向东北方向移动,由于地形的强迫抬升作用,系统会有所加强。另外辽宁省东部及南部地区,夏季常受副热带高压北界的暖湿气流输送的水

汽或北上台风的外围云系影响,易发生强降水天气,也是导致辽宁东南部地区洪涝发生频率相对较高一个重要原因。(2)辽宁省西部地区夏季常受大陆高压的边缘控制,高温天气持续时间较长,地面蒸发大,加上降水相对较少,发生干旱频率自然也就高,东部沿海地区受海洋的影响,气温相对较低,加上空气中水汽含量相对较大,出现降水的概率明显增大。

2.2 季节性旱涝灾害的时空变化特征

为了便于比较,本文仍采用气候学上常用的季节划分方法,即:3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12 月至翌年 2 月为冬季。从辽宁省旱涝灾害发生的气候特点来看,春季由于降水量的绝对值较小,干旱灾害出现的频次较高,洪涝灾害鲜有发生;夏季由于降水集中,时空分布不均,旱涝灾害交替发生;进入秋季,辽宁省大部分地区降水量急剧减少,干旱灾害出现的频次明显增加;冬季的干旱对农业生产影响不大,所以本文不再赘述。

2.2.1 季节性旱涝灾害的年际变化 从图 2 可知,以 $G>1$ 为严重区域性干旱的临界指标,近 50 a 辽宁省发生严重区域春旱的年份共有 9 a,其中 2001 年春旱程度最严重,基本上每隔一年就会发生一次较为明显的春旱。近 50 a 年夏季旱涝变化与年度旱涝变化特征是非常相似的,这一点是由辽宁省年降水主要集中在夏季决定的,仍以 $H(G)>1$ 作为严重区域性旱涝的分界线,50 a 间,辽宁省发生夏季严重区域性洪涝的年份有 11 a,发生夏季严重区域性干旱的年份有 7 a,从趋势来看,夏旱呈增加态势,夏涝呈减少态势,这与近年辽宁省夏季降水整体上呈减少趋势的特征相一致。近 50 a,辽宁省秋季干旱整体上呈增加趋势,出现 $G>1$ 为严重区域性干旱的年份有 8 a,出现秋旱最为严重的年份是 1966 年。

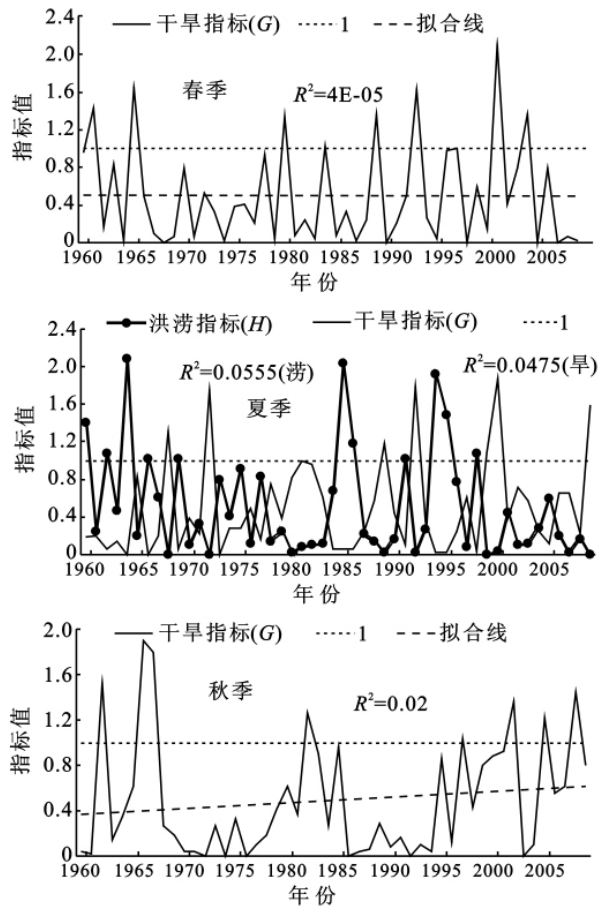


图 2 季节性旱涝指标的时间变化趋势

表 3 辽宁省年度和季节严重旱涝年份统计

旱涝类型	年 份
年度干旱	1965, 1980, 1982, 1989, 1992, 1997, 1999, 2000, 2002
春季干旱	1961, 1965, 1980, 1984, 1989, 1993, 1997, 2001, 2004
夏季干旱	1968, 1972, 1981, 1989, 1992, 1999, 2000, 2009
秋季干旱	1962, 1966, 1967, 1982, 1997, 2002, 2005, 2008
年度洪涝	1960, 1964, 1969, 1985, 1986, 1991, 1994, 1995, 1998
夏季洪涝	1960, 1962, 1964, 1966, 1969, 1985, 1986, 1991, 1994, 1995, 1998

注:表中粗体代表年度旱涝和季节性旱涝重复的年份

3 旱涝与降水集中度之间的关系

张录军^[12]等提出了一种用降水集中度和集中期来衡量降水量不均匀分配的方法,很好地反映了年降水量年内非均匀分配特性,张运福^[13]、杨金虎^[14]等利用降水集中度和集中期的方法,研究了我国东部、西北地区年内降水分配不均匀性特征,得到了许多有价值的结论。所谓降水集中度就是年降水总量在各个旬的集中程度,取值为 0~1,越接近 1,表明降水量越集中,降水量年内的分配越不均匀;越接近 0,则说明降水越不集中,降水量在年内的分配越均匀,限于篇幅,本文不再对降水集中度的计算方法做详细阐述。通过计算得到辽宁省各站点降水集中度的 50 a 平均值,绘制附图 3。

为了进一步比较年度旱涝与季节性旱涝之间的关系,下面把 $H(G) > 1$ 的所有年度旱涝和季节性旱涝发生的年份统计如表 3 所示。

从表 3 可知,对于干旱而言,辽宁省所有的年度严重干旱都能在春、夏、秋三个季节性严重干旱中找到相同的年份,所有的年度严重洪涝年份都能在夏季严重洪涝年份中找到,这也证明了辽宁省的干旱在任何季节都可能严重发生,而洪涝只可能在夏季严重发生的客观事实。另外,随着时间跨度的缩小,季节性旱涝出现的年份要多于年度旱涝出现的年份。

2.2.2 季节性旱涝灾害的空间分布 根据单站季节性旱涝 Z 指数在偏旱以上的年份,按照偏旱 1、大旱 2、重旱 3 的权重比例,计算单站干旱频率,洪涝类似。在 ArcGIS 上绘制辽宁省季节性旱涝频率空间分布图(附图 2),结果表明:春季和夏季的干旱分布趋势较为相似,基本都是以辽宁西部及西北部地区偏大,秋季的高频率区域有明显向南深入的趋势,有两个强度相当的高值中心,分别位于朝阳北部到阜新南部以及铁岭到沈阳北部地区,干旱频率最低的地区出现在大连地区。夏季洪涝出现频率最高的地区为辽宁东部地区,最低的地区为辽宁西部地区,和年度的洪涝分布趋势比较相似。

比较附图 1 与附图 3 可知,辽宁省降水集中度最大的西部及西北部地区是辽宁省干旱发生频次最高的地区,东南部地区的降水集中度分布形式与洪涝发生频次最高的地区分布形式非常相似,降水集中度最小的中部地区,从附图 1 来看,干旱和洪涝的发生频次都不是很高。

为了进一步说明降水集中度与旱涝之间的关系,分别计算了 50 a 干旱指标和洪涝指标序列与降水集中度时间序列的相关系数,其中干旱指标与降水集中度之间的相关系数为 -0.459,洪涝指标与降水序列之间的相关系数为 0.524,均通过了 0.01 的显著性水平检验,表明降水集中度的大小与旱涝灾害的严重程度具有一定的相关性。

4 结论与讨论

(1)50 a 间,辽宁省出现严重区域性洪涝的年份有 8 a,出现严重区域性干旱的年份有 8 a,年度区域性洪涝指标呈下降趋势,干旱指标呈上升趋势。春旱指标无明显的时间变化趋势特征,夏旱指标呈上升趋势而夏涝指标呈下降,秋旱指标呈上升变化趋势。另外,就辽宁省而言,干旱可以在一年中任何季节都可能发生,而洪涝只可能出现夏季。

(2)从旱涝灾害的空间分布来看,无论是年度干旱还是季节性干旱,发生频率最高的地区都在辽宁省西部及西北部地区;辽宁东北地区的年度干旱、春旱、夏旱出现频率较低,秋旱出现频率最低的地区在辽宁省南部。年度洪涝和夏季洪涝的空间分布特征比较相似,发生频率最高的地区在辽宁省东部及东南部地区,西部地区发生洪涝的频率是最低的。

(3)辽宁省降水集中度最大的西部及西北部地区是辽宁省干旱发生频次最高的地区,东南部地区的降水集中度分布形式与洪涝发生频次最高的地区分布形式非常相似,降水集中度最小的中部地区,干旱和洪涝的发生频次都不是很高,降水集中度的大小与旱涝灾害的严重程度具有一定的相关性。

参考文献:

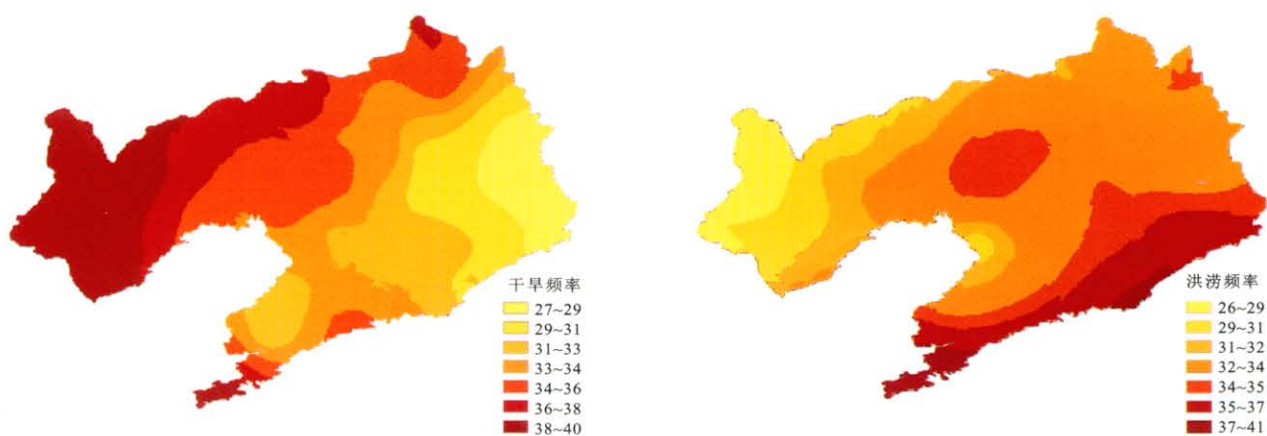
- [1] 姚玉璧,张存杰,刘振镛. 气象、农业干旱指标综述[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(1):185-189.

- [2] 谭桂容,孙照渤,陈海山. 旱涝指数的研究[J]. 南京气象学院学报,2002,25(2):153-158.
- [3] 王玲玲,康玲玲,王云璋. 气象、水文干旱指标计算方法研究概述[J]. 水资源与水工程学报,2004,15(3):15-18.
- [4] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报,1997,8(1):26-32.
- [5] 任朝霞,杨达源. 西北干旱区近 50 a 旱涝时空变化及其防御措施研究[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(6):118-121.
- [6] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等. 西北地区旱涝指标研究[J]. 高原气象,1998,17(4):381-389.
- [7] 刘俊菊,杜国云,孙祝友,等. 德州市近 50 a 来旱涝特征分析[J]. 水土保持研究,2008,15(1):173-175.
- [8] 尉英华,郭品文,刘洪滨. 利用插值法建立历史旱涝格点资料的可行性[J]. 气象与减灾研究,2007,30(3):1-6.
- [9] 袁文平,周广胜. 标准化降水指标与 Z 指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报,2004,28(4):523-529.
- [10] 孙力,安刚,丁立. 中国东北地区夏季旱涝的分析研究[J]. 地理科学,2002,22(3):311-316.
- [11] 张峰,王秀珍,黄敬峰,等. 基于 GIS 的浙江省旱涝灾害时空分析[J]. 科技通报,2009,25(6):747-752.
- [12] 张录军,钱永甫. 长江流域雨季降水集中度和旱涝关系研究[J]. 地球物理学报,2003,47(4):622-630.
- [13] 张运福,胡春丽,赵春雨,等. 东北地区降水年内分配的不均匀性[J]. 自然灾害学报,2009,18(2):89-94.
- [14] 杨金虎,王鹏祥,白虎志,等. 中国西北降水年内非均匀性特征分析[J]. 气候变化研究进展,2007,3(5):276-281.

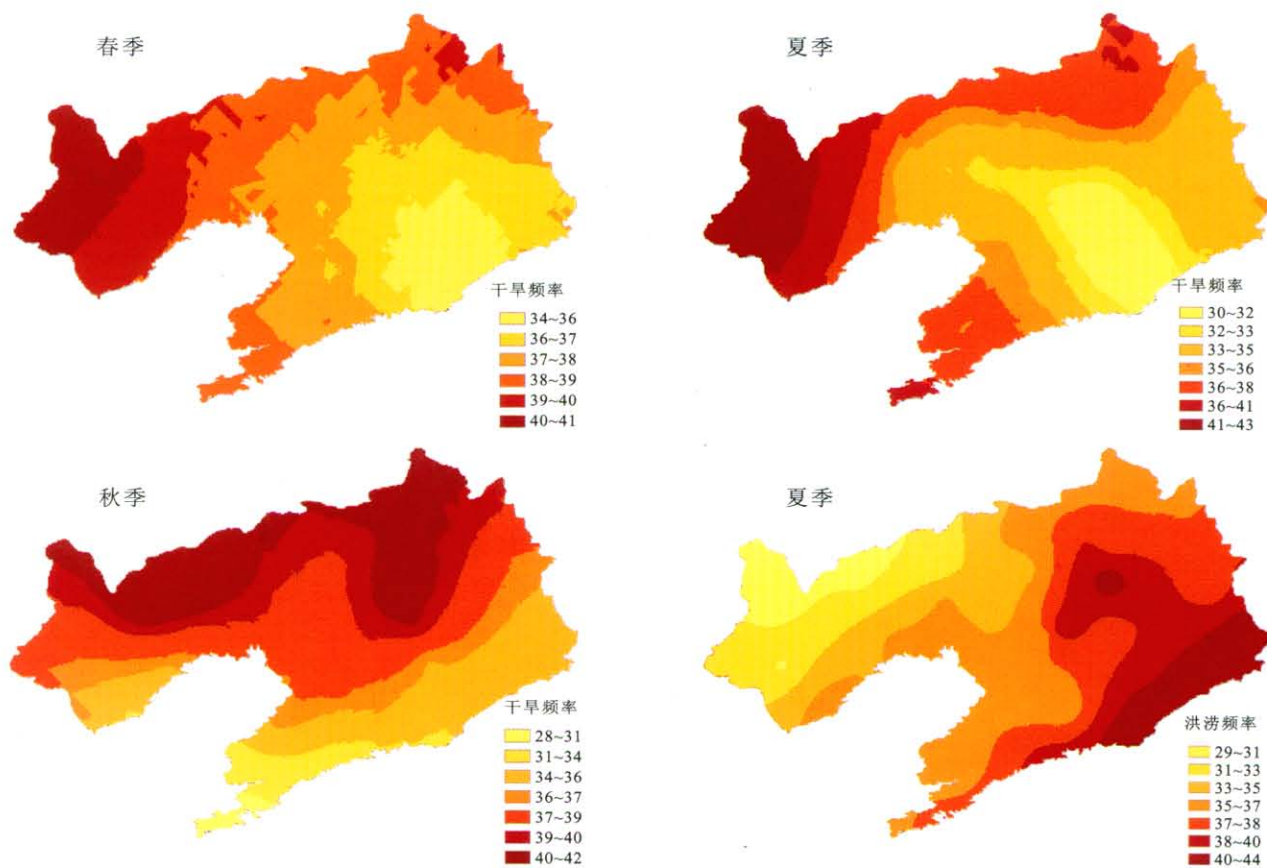
(上接第 28 页)

参考文献:

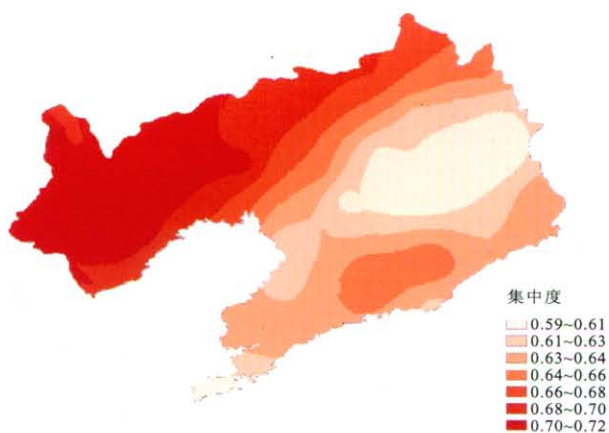
- [1] Chow T L, Rees H W, Monteith J. Seasonal distribution of runoff and soil loss under four tillage treatments in the upper St. John River valley New Brunswick, Canada[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2000, 80(4): 649-660.
- [2] Jane C F, Richard M C, Mohammadreza G. 冻融侵蚀机理[J]. 水土保持科技情报, 2001(3): 26-29.
- [3] Zuzel J F, Allmaras R R, Greenwalt R. Runoff and erosion on frozen soils in northeastern Oregon[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1982, 37(6): 351-354.
- [4] Sharratt B S, Lindstrom M J, Benoit G R. Runoff and soil erosion during spring thaw in the northern U. S. Corn Belt[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 55(4): 487-494.
- [5] Cruse R M, Mier R, Mize C W. Surface residue effects on erosion of thawing soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 2001, 65(1): 178-184.
- [6] 张永光,伍永秋,刘宝元. 东北漫岗黑土区春季冻融期浅沟侵蚀[J]. 山地学报, 2006, 24(3): 306-311.
- [7] Sharratt B S, Lindstrom M J. Laboratory simulation of erosion from a partially frozen soil[C]// Ascough J C, Flanagan D C. Soil Erosion Research for the 21st Century. St. Joseph, MI: ASAE, 2001: 159-162.
- [8] 范昊明,蔡强国. 冻融侵蚀研究进展[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(4): 50-55.
- [9] 张瑞芳,范昊明,王瑄,等. 辽宁省冻融侵蚀发生的气候环境分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 8-12.
- [10] 王飞,范昊明,郭成久,等. 我国两大冻融侵蚀区气候环境变化对比分析[J]. 生态环境, 2008, 17(1): 173-177.
- [11] 周丽丽,王铁良,范昊明,等. 未完全解冻层对黑土坡面降雨侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 1-4, 37.
- [12] 刘佳,范昊明,周丽丽,等. 春季解冻期降雨对黑土坡面侵蚀影响研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(4): 64-67.



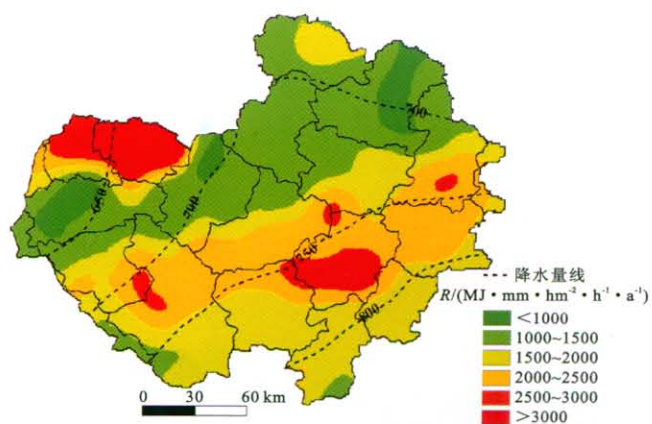
附图1 1960—2009年辽宁省年度干旱和洪涝频率的空间分布



附图2 1960—2009年辽宁省季节性干旱和洪涝频率的空间分布



附图3 1960—2009年辽宁省降水集中度的空间分布



附图4 沂蒙山区降雨量与R值空间分布