

近 52 年黑龙江省不同级别降水特征分析

赵志鹏¹, 曹立国¹, 魏锦焯², 魏明¹, 陈世伟¹, 都卫东¹

(1. 西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070; 2. 定西市通渭县第二中学, 甘肃 定西 743300)

摘要:利用黑龙江省 28 个气象站点 1959—2010 年逐日降水资料,采用气候倾向率、ArcGIS 中的反距离加权插值等方法分析了黑龙江省不同级别降水日数、降水量和降水强度的气候特征及变化趋势。结果表明:近 52 a 来,黑龙江省年平均降水量呈微弱的减少趋势,雨量的减少主要是由于夏季微雨和小雨雨量显著减少;降水强度呈显著减弱趋势,主要是源于微雨和小雨降水强度的减少;年雨日数及四季(夏季除外)的雨日数均呈增加趋势。雨日的增加主要是由于微雨、小雨及中雨日数显著增加;降水量空间分布特征总体表现为中部最多,南部其次,西部和北部相对较少。

关键词:黑龙江省; 降水量; 降水日数; 降水强度

中图分类号:P333;P468.0⁺24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0048-05

Research on the Characteristic of Different Level Precipitation in Heilongjiang Province in Recent 52 Years

ZHAO Zhi-peng¹, CAO Li-guo¹, WEI Jin-ye², WEI Ming¹, CHEN Shi-wei¹, DU Wei-dong¹

(1. College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University,

Lanzhou 730070, China; 2. The Second Middle School of Tongwei County, Dingxi, Gansu 743300, China)

Abstract: Based on daily precipitation data of the 28 weather stations in Heilongjiang Province during the period from 1959 to 2010, the climatic characters and changing trend of rainfall days, rainfall amount and rainfall intensity in Heilongjiang Province were analyzed by using the methods of climate trending rate and Inverse Distance Weighted interpolation method. The results showed that the annual precipitation slightly decreased and the decrease of rainfall dominantly resulted from the decline in trace and light rainfall in summer. Rainfall intensity showed a significant decrease trend, what's more, the decrease of intensity was mainly due to the decline of trace and light intensity. The number of annual and seasonal (except summer) rainfall days increased while the increase of rainfall days owed to the significant going up in trace, light and moderate rainfall days. Spatial distribution characteristics of the precipitation indicated that precipitation of the central area was the highest, followed by the southern area, while precipitation of the west and north was relatively less.

Key words: Heilongjiang Province; precipitation; rainfall days; rainfall intensity

在全球气候变暖的大背景下,中国的气候变化引起国内外学者的广泛关注和重视,许多学者对此做了大量的研究工作^[1-9]。近 50 a 来,我国大部分地区年降水日数趋于减少,且极端降水趋势无明显变化,但其时空差异较大^[2-5]。不同区域对全球变化的响应也不同,施雅风等认为中国西北地区的气候开始由暖干向暖湿转型,祁连山及其北侧的中西段地区是气候转型显著的区域之一^[6]。翟盘茂等发现长江流域降水呈增加趋势,而华北地区近 45 a 来降水量明显趋于减少^[7]。龚道溢等研究表明华北农牧交错带地区夏

季严重干燥事件及异常高温事件强烈增加^[8]。贾晓龙等研究发现东北地区降水呈微弱的减少趋势^[9]。近年来,气候专家对东北地区降水极值、强度以及时空演变等做了研究^[9-12]。黑龙江省地处中高纬地区,是气候变化的敏感区,尤其是中西部地区雨水比较缺乏,是我国典型的气候脆弱带^[13-14],也是我国的粮食主要产地。因此,在气候变暖和变干的背景下^[1],研究黑龙江省不同等级降水日数、降水量和降水强度的变化趋势是非常必要的,研究结果将为深入探讨该省气候变化的机理、气候预测及防灾减灾提供参考。

1 资料来源与研究方法

1.1 资料来源

选取黑龙江省 28 个气象站(图 1)1959 年 1 月 1 日至 2010 年 12 月 31 日逐日降水资料,各气象站点相对均匀的分布在该地区。资料来源于国家气象信息中心(<http://www.nmic.gov.cn/>)。



图 1 黑龙江省气象站点分布

1.2 研究方法

年(月、季)降水日定义为逐日降水量 ≥ 0.1 mm 日数的总和;年(季、月)降水强度定义为年(月、季)降水总量与该时段降水日数之比;日降水量在 0.1~1 mm 为微量降水,称其为微雨^[5];日降水量在 1~10 mm 为小雨;日降水量在 10~25 mm 为中雨;日降水量在 25~50 mm 为大雨,日降水量 ≥ 50 mm 为暴雨。年降水日数用 1—12 月的雨日数累加,季节降水日数冬季为 12 月—翌年 2 月,春季为 3—5 月,夏季为 6—8 月,秋季为 9—11 月的雨日数累加。以各气象站点年平均降水量为参数,采用 ArcGIS 中的反距离加权(Inverse Distance Weighted)插值法,分析黑龙江省各站点年平均降水量空间分布特征。

气象要素 y 随时间变化的回归方程为:

$$y=a+bt \quad (t=1,2,\cdots,n)$$

式中: t ——时间; y ——要素逐年值; a ——常数; b ——倾向率($^{-1}$)^[5]。

趋势系数能定量给出某种气象要素时间序列的升降程度,它定义为 n 年要素序列与自然数列的相关系数^[10]。

$$r_{xi} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}}$$

式中: x_i ——第 i 年的要素值; \bar{x} ——样本均值; $\bar{i} = (n+1)/2$, r_{xi} 的正负反映了要素在 n 年内的线性增减趋势,用于定量描述气候趋势变化强弱的时间分布特征。

2 结果与分析

2.1 年、季各级降水事件的气候特征

2.1.1 降水量及空间分布特征 近 52 a 来,黑龙江省年降水量呈减少趋势(图 2),降水变化率为 5.73 mm/10 a,这同全球降水量呈增加趋势^[1]的结论相反,与我国年降水量以 -2.66 mm/10 a 的速度减少^[15]的结论相一致,但是比 -2.66 mm/10 a 的减幅大。52 a 平均降水量为 523.14 mm(表 1),最小降水量为 377 mm,出现在 2001 年,最大降水量出现在 1994 年,为 654 mm。由图 2 可知,20 世纪 50—80 年代研究区降水量呈显著减少趋势,80 年代初到 90 年代中期降水略为稳定,且总体高于平均值。2000—2010 年降水量呈较为明显的增加趋势。

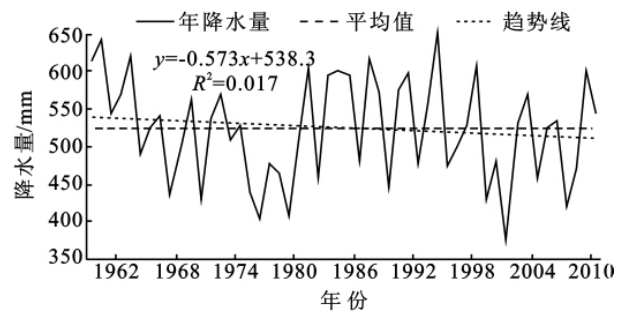


图 2 黑龙江省年平均降水量变化

由表 1 可以看出,黑龙江省四季平均降水量表现出:夏季 $>$ 秋季 $>$ 春季 $>$ 冬季,其中夏季降水量约为全年的 70%左右,且暴雨降水量占夏季的 35%;春季和秋季的降水主要是以小雨和中雨为主,微雨雨量较少,而冬季降水以小雨为主,小雨降水量接近冬季总量的 68%。在不同级别的降水中,大雨和暴雨降水量相当,两者均占年降水量的 27%,小雨和大雨次之,为 20%左右,而微雨最少。

表 1 黑龙江省四季各级平均降水量 mm

时间	总雨量	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
冬季	10.66	1.10	7.24	2.32		
春季	64.28	1.87	29.48	22.59	8.16	2.18
夏季	365.59	2.97	54.34	84.77	97.20	126.31
秋季	82.61	1.63	23.64	29.97	18.22	9.15
全年	523.14	7.57	114.70	139.65	123.58	137.64

年降水量的空间分布状况见图 3,由于受海陆位置和地形的综合影响,年降水量空间分布表现为由中部向东西两侧及北侧逐渐减少,且西部减少趋势较快。中部地区的伊春、铁力、尚志等地均在 620 mm 以上,该地区位于张广才岭、小兴安岭的迎风坡,受地形的抬升作用明显,加上各种天气系统的作用,导致该地区降水量相对较高,西部的泰来、齐齐哈尔、安达等地平原地区形成一个降水低值区,为 390~430 mm。北部地区降水略少,多在 470 mm 以下。

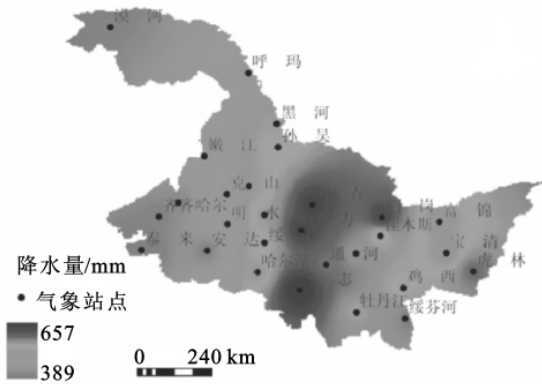


图 3 黑龙江省 1959—2010 年年平均降水量空间分布

2.1.2 降水日数 从黑龙江省年降水日数变化特征(图 4)可以看出,年总降雨日以 7.24 d/10 a 的趋势增加(相关系数为 0.72,通过了 99.9%置信度检验),年总降水日数平均为 87.12 d,其中微雨和小雨日数分别为 28.44,36.68 d,占总雨日的 75%。20 世纪 60—70 年代是降雨日数偏少的阶段,总体在平均值以下,年平均值约为 72.69 d,80 年代和 90 年代降水日数呈明显增加趋势,为降水日数偏多阶段,平均值为 100.87 d,且 90 年代的年平均降水日数均在平均值以上。2000—2010 年总体在波动中呈增加趋势,且波动较大。

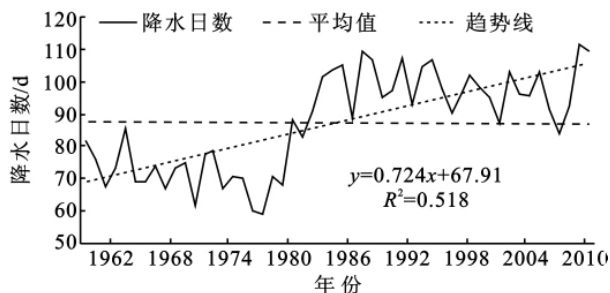


图 4 黑龙江省年平均降水日数变化

从四季降水日数来看(表 2),夏季降水日数最多,占总降水日数的 44%,春、秋季占总降水日数的 20%左右,差异较小,冬季最少,为 13%。在春、夏季中,小雨日数均占季雨日的 42%,秋季占 45%,冬季最少为 38%。微雨日数在冬季占季雨日的 46%,春秋占 37%,夏季为 26%。春季、夏季、秋季、冬季的中雨日数分别占季的 11%,19%,12%和 15%,春季和夏季的差异略大,仅为 8%。微雨和小雨为春、夏、秋三季的主要有效降水日,冬季主要是微雨。夏季大雨以上日数占季的 13%,相对较少,平均为 5 d,但其降水量却占季的 60%左右,所以黑龙江省年降水量多少在一定程度上与夏季大雨、暴雨日数有密切关系。

2.1.3 降水强度 用年总降水量除以年总降水日数,得到黑龙江省近 52 a 来降水强度序列,总体表现为明显的减弱趋势(图 5),递减速率为 0.60 mm/

(10 a · d)。黑龙江省年平均降水强度约 6.00 mm/d,1982 年前后有明显的不同,前期几乎都处于均值以上,递减速率为 0.55 mm/(10 a · d),递减速率较快,后期降水强度大部分在平均值以下,递减速率为 0.16 mm/(10 a · d)。2001—2010 年降水强度表现为增强趋势,但增强趋势较弱。

表 2 黑龙江省四季各级平均降水日数 d

时间	总雨日	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
冬季	11.25	5.31	4.26	1.68		
春季	18.12	6.68	7.54	2.07	0.73	1.10
夏季	38.26	9.87	16.03	7.28	3.19	1.89
秋季	19.49	6.58	8.85	2.26	1.43	0.37
全年	87.12	28.44	36.68	13.29	5.35	3.36

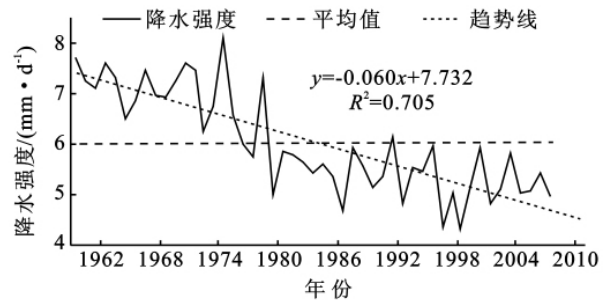


图 5 黑龙江省平均降水强度变化

从表 3 可知,四季降水强度表现为夏季>秋季>春季>冬季,其中冬季的降水强度仅为 0.95 mm/d。微雨的降水强度在不同季节、不同级别中均为最小,春季大雨的降水强度最大,冬季小雨强度最大,秋季中降水强度最大的为暴雨,夏季各级别降水强度表现为暴雨>大雨>中雨>小雨>微雨。

表 3 黑龙江省四季各级平均降水强度 mm/d

时间	平均值	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
冬季	0.95	0.21	1.70	1.38		
春季	3.55	0.28	3.91	10.91	11.18	1.98
夏季	9.56	0.30	3.39	11.64	30.47	66.83
秋季	4.24	0.25	2.67	13.26	12.74	24.73
全年	2.25	1.21	1.27	0.88	2.39	2.70

2.2 四季各级降水事件的气候趋势

2.2.1 降水量 由表 4 可知,在不同级别降水变化中,微雨、中雨和暴雨雨量呈增加趋势,趋势系数分别为 0.78,0.03,0.06,增加速率分别为 0.98,0.31,0.39 mm/(10 a · d),其中微雨增加趋势明显,且通过了 95%的信度检验。大雨和小雨总体上呈略微明显的减弱趋势,其减弱速率分别为 0.87,0.54 mm/(10 a · d),大雨和小雨的减少可能是年降水量减少的主要因素。

从四季来看(表 5),夏季呈略微减少趋势,递减速率为 2.69 mm/10 a。其它季节均呈增加趋势,春季减少最为明显,其减少幅度为 4.50 mm/10 a,且通

过了 95% 信度检验;其次是冬季,减少幅度为 2.70 mm/10 a,且通过了 99% 信度检验。秋季的变化趋势并不十分明显。春季各级别降水均呈增加趋势,微雨和小雨均呈显著的增加趋势,趋势系数分别为 0.62 和 0.67,大雨和暴雨无明显的变化趋势,且除大雨和暴雨外均通过了 95% 信度检验。夏季除暴雨外,其

它级别的降水量均表现出不同程度的增加趋势,其中微雨增加趋势最为明显,趋势系数为 0.38(通过了 95% 信度检验),暴雨无明显变化趋势。秋季夏季除中雨和大雨外,其它级别的降水量均呈增加趋势,微雨的增加趋势略为明显,趋势系数为 0.58,且通过了 95% 信度检验,其它级别的降水量变化趋势不明显。

表 4 黑龙江省各级别年平均降水量、日数、强度气候变化趋势

指 标	项 目	总和	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
降水量	趋势系数	-0.13	0.78*	-0.41*	0.03	-0.09	0.06
	气候倾向率(mm/10 a)	-5.73	0.98	-0.54	0.31	-0.87	0.39
降水日数	趋势系数	0.72*	0.76*	0.65*	0.01	-0.03	-0.10
	气候倾向率(d/10 a)	7.24	2.51	1.46	0.30	-0.12	-0.05
降水强度	趋势系数	-0.84*	-0.24	-0.61*	0.11	0.32*	0.11
	气候倾向率[mm/(10 a·d)]	-0.60	-0.04	-0.07	0.04	0.10	1.31

注: * 表示通过了 95% 信度检验,下表同。

表 5 黑龙江省各级别四季平均降水量气候变化趋势

mm/10 a

季 节	项 目	总和	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
冬季	趋势系数	0.84*	0.82*	0.82*	0.47*		
	气候倾向率	2.70	0.64	1.84	0.22		
春季	趋势系数	0.49*	0.62*	0.67*	0.34*	0.06	0.22
	气候倾向率	4.50	0.22	0.05	1.32	0.14	0.06
夏季	趋势系数	-0.13	-0.38*	-0.26	-0.10	-0.07	0.04
	气候倾向率	-2.69	-0.08	-1.06	-0.79	-0.59	0.30
秋季	趋势系数	0.01	0.58*	0.16	-0.08	-0.15	0.00
	气候倾向率	0.09	0.17	0.57	-0.43	-0.42	0.01

注: * 表示通过了 95% 信度检验。

2.2.2 降水日数 近 52 a 来,黑龙江省降水日数呈显著增加趋势(图 4)。微雨日数的趋势系数较高为 0.76,呈显著增加趋势,增加幅度为 2.53 d/10 a。小雨日数的变化趋势与微雨相似,趋势系数也高达 0.65,通过了 99.9% 的信度检验,呈显著增加趋势,气候倾向率为 4.25 d/10 a。中雨日数和暴雨日数变化趋势不明显;大雨日数呈微弱减少趋势,趋势系数为 0.13。从四季来看(表 6),除夏季降水日数外,其它季节降水日数均呈增加趋势,冬季增加趋势最为明显,降水日数的趋势系数高达 0.83,增加幅度为 2.56 d/10 a,春季次之,趋势系数为 0.34,且四季降水日数的趋势系数均通过了 95% 的信度检验。除夏季外,微雨日数四季中均呈显著增加趋势,均达到显著水平,其趋势系数表现为冬季>春季>秋季;小雨日数变化趋势与微雨相近,冬季降水日数增加趋势最为显著,增加幅度为 0.77 d/10 a,变化最小的秋季,增加幅度为 0.21 d/10 a,夏季小雨日数呈减少趋势,减少幅度为 0.25 d/10 a(通过了 95% 的信度检验);中雨、大雨和暴雨的日数在秋季和夏季均呈减少趋势,中雨日数在冬季增加趋势明显,趋势系数为 0.48(通过了 95% 的信度检验),在春季的趋势系数为 0.33(通过了 95% 的信度检验),大雨和暴雨雨日有相似的变化特

征,夏季雨日有略微明显的减少趋势,趋势系数分别为 -0.12, -0.31(通过了 95% 的信度检验)。由此可见黑龙江省年(季)降水日数增加,主要是由微雨和小雨日数增加所致,这一结论同郭军^[5]等人研究的环渤海地区不同级别降水事件的结论相似。

2.2.3 降水强度 近 52 a 来,黑龙江省平均降水强度呈显著减弱趋势(表 4),趋势系数为 -0.84。主要原因是近 52 a 来降水日数上升,降水量略微呈减少趋势。从四季各级别降水强度来看(表 7),冬季和夏季呈增强趋势,秋季和春季呈减弱趋势,且冬季和秋季降水强度的变化趋势通过了显著性检验。在不同级别年降水事件的强度变化中,除夏季外,微雨降水强度总体呈不显著的增强趋势,夏季的微雨强度呈显著的增加趋势(通过了 99.9% 信度检验);小雨的降水强度在春季和冬季呈增强趋势,且冬季较为显著(通过了 99.9% 信度检验),气候倾向率为 0.54 mm/(10 a·d),在夏季和秋季呈减弱趋势,且夏季明显;在四季中,中雨的降水强度表现为增强趋势,其中在冬季较为显著,趋势系数 0.62,通过了 99.9% 信度检验,且气候倾向率为 2.54 mm/(10 a·d)。大雨的降水强度总体变化不显著。在春季、夏季和秋季中,暴雨的降水强度总体呈微弱的增强趋势。

表 6 黑龙江省各级别四季平均降水量日数气候变化趋势

d/10 a

季节	项目	总雨日	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
冬季	趋势系数	0.83*	0.79*	0.84*	0.48*	—	—
	气候倾向率	2.56	1.76	0.77	0.01	—	—
春季	趋势系数	0.68*	0.65*	0.67*	0.33*	0.08	0.00
	气候倾向率	1.38	0.55	0.73	0.08	0.01	0.00
夏季	趋势系数	-0.39*	-0.56*	-0.31*	-0.14	-0.12	-0.31*
	气候倾向率	-0.65	-0.25	-0.25	-0.06	-0.03	-0.01
秋季	趋势系数	0.34*	0.60*	0.25	-0.09	-0.11	0.00
	气候倾向率	0.62	0.45	0.21	-0.02	-0.01	0.00

表 7 黑龙江省各级别四季平均降水强度气候变化趋势

mm/(10 a · d)

季节	项目	四季	微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
冬季	趋势系数	0.59*	0.37*	0.73*	0.62*		
	气候倾向率	0.18	0.04	0.54	2.54		
春季	趋势系数	-0.09	0.07	0.08	0.24	-0.16	0.27
	气候倾向率	-0.04	0.01	0.01	0.24	-1.16	0.02
夏季	趋势系数	0.21	-0.83*	-0.73*	0.13	0.03	0.15
	气候倾向率	0.11	-0.21	-0.02	0.06	0.10	1.70
秋季	趋势系数	-0.48*	0.07	-0.25	0.00	-0.13	0.12
	气候倾向率	-0.26	0.03	-0.04	-0.01	-0.70	0.82

3 结 论

(1)近 52 a 来,黑龙江省年降水量呈略微较少的趋势,降水变化率为 5.73 mm/10 a,与我国年降水量呈减少趋势^[15]的结论一致。降水空间分布为中部最多,南部其次,而西部和北部相对较少。

(2)夏季降水量较大,为全年的 70%左右,其中暴雨降水量占夏季的 35%;春季和秋季的降水主要是以小雨和中雨为主,冬季降水以小雨为主,小雨降水量接近冬季总量的 68%。

(3)在不同级别的降水中,大雨和暴雨降水量相当,两者均占年降水量的 27%,小雨和大雨次之,约为 20%,微雨最少。

(4)年降水强度呈显著下降趋势,这主要与大雨和小雨强减弱有关,且小雨较为显著,从四季来看,冬季和夏季呈增强趋势,秋季和春季呈减弱趋势。

(5)降水日数呈显著增加趋势,其变化率为 7.24 d/10 a。降水日数增加主要是由于微雨和小雨事件增加所致,大雨和暴雨日数略微下降。

参考文献:

[1] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报,1994,52(3):261-273.

[2] 王大钧,陈列,丁裕国. 近 40 年来中国降水量、雨日变化趋势及与全球温度变化的关系[J]. 热带气象学报,2006,22(3):283-289.

[3] 姜晓艳,刘树华,马明敏,等. 东北地区近百年降水时间

序列变化规律的小波分析[J]. 地理研究,2009,28(2):354-362.

[4] 蔡敏,丁裕国,江志红. 我国东部极端降水时空分布及其概率特征[J]. 高原气象,2007,26(2):309-318.

[5] 郭军,任国玉,李明财. 近 47 a 环渤海地区不同级别降水事件变化[J]. 地理研究,2010,29(12):2271-2280.

[6] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北部气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究,2003,23(2):152-164.

[7] 翟盘茂,任福明. 中国降水极值变化趋势检测[J]. 气象学报,1999,57(2):208-216.

[8] 龚道溢,韩晖. 华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析[J]. 地理学报,2004,59(2):230-238.

[9] 贾晓龙,王谦谦,周宁芳. 近 50 a 东北地区降水异常的气候特征分析[J]. 南京气象学院学报,2003,26(2):164-171.

[10] 孙凤华,吴志坚,杨素英. 东北地区近 50 年来极端降水和干燥事件时空演变特征[J]. 生态学杂志,2006,25(7):779-784.

[11] 于跃飞,谭季青. 东北地区平均温度和降水的时空演变[J]. 科技通报,2006,22(6):753-756.

[12] 张文,张天宇,刘剑. 东北降水过程年集中度和集中期的时空变化特征[J]. 南京气象学院学报,2008,31(3):403-410.

[13] 张家团,贾汀. 关于东北地区抗旱减灾的思考[J]. 中国水利,2004(3):39-41.

[14] 李宝林,周成虎. 东北平原西部沙地的气候变异与土地荒漠化[J]. 自然资源学报,2001,16(3):234-239.

[15] 林学椿,于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象,1990,16(10):16-21.