

三江平原气温降水变化分析 ——以建三江垦区为例

苏晓丹¹, 栾兆擎², 张雪萍¹

(1. 黑龙江省普通高等学校地理环境遥感监测重点实验室, 哈尔滨师范大学,
哈尔滨 150025; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

摘要: 气温及降水与人类生产生活密切联系, 其变化必然会对生态系统和社会经济等产生重大影响。利用三江平原建三江垦区 15 个农场气象站 1965~2002 年气温和降水资料, 运用气候趋势系数和一元回归分析法进行气候变化分析。结果表明: 近 40 年来本区气温呈显著上升趋势, 平均气温以 $0.50^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 幅度升高, 不同季节平均气温均呈上升趋势, 且冬季增幅最大, 达 $0.82^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。气温升高存在显著的区域差异, 最大的增温中心位于南部边缘, 气温倾向率大于 $0.60^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。降水趋势性变化不显著, 但仍呈弱减少趋势, 年降水量倾向率为 $-1.90\text{mm}/10\text{a}$, 四季降水量以秋季减少最为显著。在此基础上进行气候突变分析, 结果表明气温突变出现在 1987 年, 降水突变出现在 1980 年和 1997 年, 但降水突变不明显。研究三江平原建三江垦区的气候变化对于保障区域粮食安全具有重要的指导意义。

关键词: 气温; 降水; 变化趋势; 气候突变

文章编号: 1000-0585(2012)07-1248-09

1 引言

现代气候变化研究始于 19 世纪初^[1], 20 世纪 80 年代以来, 已从纯科学领域研究扩展到与经济社会可持续发展相结合, 演变成当今国际政治、经济、外交的热点问题。近年来, 各国学者针对气候变化已进行了大量研究^[2~7], 大致可分为两类: 一类是采用定性和定量研究方法分析历史和当前气候变化趋势及其形成原因, 分为国家尺度及区域尺度, 区域尺度的研究经常会出现一些新方法, 如人工神经网络方法等; 另一类是预测未来气候变化趋势。现有研究表明全球平均气温近百年上升约 0.53°C , 全球增暖具有突然性。随着全球气候的变化, 中国气候表现出独特的变化特征, 年平均气温升高了 $0.65 \pm 0.15^{\circ}\text{C}$, 且年际变化特征明显, 年均降水量变化趋势不显著, 1951~1989 年, 呈微弱的减少趋势, 但存在明显的区域差异^[8~14]。人类活动对气候变化的影响已受到越来越多的关注, 国际科学界公认, 全球气候变化与工业化进程、人口剧增、森林破坏及土地利用等一系列人类活动密切相关, 由于人类改变土地利用方式而导致的区域性气候变化也日益受到

收稿日期: 2011-07-15; 修订日期: 2012-02-12

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-Q06-03); 国家自然科学基金项目 (41001050); 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 课题 (2009CB421103)

作者简介: 苏晓丹 (1985-), 女, 黑龙江省尚志市人, 硕士, 主要从事资源与环境生态研究。E-mail: suxiaodan1224@126.com

通讯作者: 栾兆擎 (1976-), 男, 山东淄博人, 博士, 副研究员, 主要从事水文学和水资源与环境研究。E-mail: luanzhaoqing@neigae.ac.cn

重视^[15~20]。

中国三江平原位于黑龙江省东北部 ($43^{\circ} 49' \sim 48^{\circ} 27' N$, $129^{\circ} 11' \sim 135^{\circ} 05' E$), 即黑龙江、松花江和乌苏里江汇合处, 是我国重要的商品粮、绿色食品生产基地, 该地区的农业发展对于保障我国粮食安全有着至关重要的作用。湿地具有调节水分循环、维持生物多样性等生态功能, 三江平原作为中国乃至亚洲最大的湿地集中分布区, 在维护区域生态平衡方面具有难以替代的作用。1949 年三江平原湿地面积为 $534.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 经过半个世纪的大规模开发, 大量湿地被开垦成农田, 2000 年湿地面积仅 $95 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 下垫面性质发生显著变化, 从而引起区域气候发生变化, 三江平原已成为研究区域气候变化对全球变化和人类活动响应的典型区。研究该地区人类活动扰动所引起的区域气候变化, 预测区域未来气候变化趋势, 对于研究全球变化和区域人类活动影响背景下区域气候响应特征具有重要的理论意义; 同时研究区域气候变化特征, 对于指导区域农业生产活动也具有重要的应用和参考价值。

本文采用素有“小三江”之称的建三江垦区 15 个国营农场气象站 1965~2002 年的长期观测数据, 分析建三江垦区的气候特征及变化趋势, 分析三江平原人类活动高强度扰动阶段的气候变化, 以期进一步认识大规模的农业开垦对三江平原下垫面破坏所引起的气候效应, 为区域生态环境治理与改善、农业生产及其他学科的研究提供依据。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况和数据来源

建三江垦区位于黑龙江省富锦、同江、抚远、饶河两市两县交界处的三江平原腹地, 系黑龙江、松花江、乌苏里江汇流的河间地带, 拥有亚洲最大的粮食储备库群, 辖区总面积 $1.24 \times 10^4 \text{ km}^2$, 南北相距约 153.1 km, 东西相距 153.0 km, 占黑龙江省垦区面积的 22%, 列垦区第一位, 耕地面积 $7.13 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 占全垦区的 1/4, 人均占有耕地面积 2.68 hm^2 , 居全国首位, 具有发展大规模粮食生产的巨大潜力和上升空间。垦区拥有勤得利、东安两个码头, 毗邻富锦、同江、抚远、饶河 4 个大型口岸。境内有洪河、挠力河等两个国家级和两个省级自然保护区, 保护区、保护地面积达到 $18.82 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 覆盖率达 18.76%, 高于全国 7.6% 的平均水平。建国以来, 经过大规模的开垦, 建三江垦区现已拥有 15 个大中型国有农场, 成为全国重要的商品粮基地和绿色有机食品基地, 为国家粮食生产和粮食安全做出巨大的贡献。但是大面积的开垦也使得原有的以森林—草原—沼泽为主的天然生态环境, 基本上被以农田为主的人工生态环境所取代, 下垫面的改变引起其反射率和粗糙度等发生变化, 导致其能量平衡发生改变, 引起区域气候的变化^[21], 从而对区域农业生产及生态环境产生一定影响, 因此, 研究建三江垦区的气候变化对于我国的粮食安全及生态保护等具有重要的意义。

本文采用三江平原建三江垦区 15 个气象台站从建站起至 2002 年的月平均气温和月降水量数据为主要研究资料, 研究区位置及各站点分布如图 1 所示。

2.2 研究方法

2.2.1 气候趋势系数 由于各气象站的建站年代不同, 采用回归订正法将较短的时间序列插值延长, 使上述气候要素的时间序列统一在 1965~2002 年时间段内。然后计算建三江农垦管同年气候趋势系数 r_{xt} ^[22],

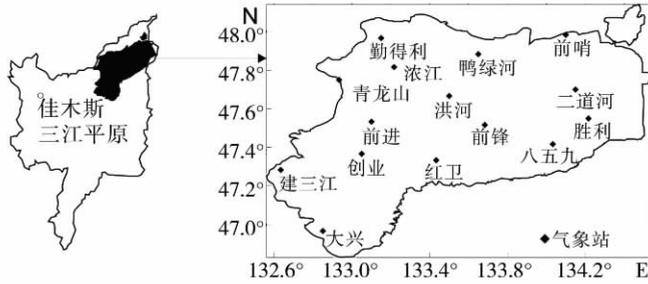


图 1 建三江垦区及气象站分布图

Fig. 1 Distribution of weather stations in Jiansanjiang agricultural reclamation area

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

式中： r_{xt} 为气候趋势系数； x_i 为第 i 年的值； $t = (n+1) / 2$ 。 r_{xt} 可表示气象要素长期变化大小，是标准化的一元线性回归系数，可消除气象要素均方差对线性回归系数大小的影响。然后，计算各年份四季气温及降水量的平均值、距平值，利用一元线性回归方法对气候季节变化趋势进行分析。

2.2.2 突变检验 气候突变是气候变化过程中的某些不连续现象，常用气候要素累计距平曲线来表示，即

$$C(t) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \quad (2)$$

式中： x_i 为第 i 年的平均温度或降水量， \bar{x} 为多年的年平均气温或降水量。指标绝对值最大时所对应的 t 为突变年份。为了检验转折是否达到气候突变标准，计算转折年份的信噪比^[23]：

$$S/N = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_1 + S_2} \quad (3)$$

式中： \bar{x}_1 、 \bar{x}_2 和 S_1 、 S_2 分别为转折年份前后两个要素的平均值和标准差。当 $S/N > 1$ 时，可以认为该要素在这个年份存在气候突变，否则突变不显著。

3 结果分析

3.1 气温和降水的年及年代际变化趋势

3.1.1 气温年及年代际变化趋势 研究区1965~2002年平均气温为 1.8°C ，年平均气温最高达 3.3°C （1998年），最低 -0.5°C （1969年）。该地区年平均气温呈上升趋势，气候倾向率为 $0.50^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ （ $\text{Sig.} = 0.00 < 0.05$ ），说明研究区增温趋势较为明显，但并非单边上升，由每10a的气温趋势系数可见（表1），年平均气温在20世纪80年代呈显著的增温

表 1 建三江垦区 1965~2002 年各年代气温趋势系数

Tab 1 Temperature trend coefficient of the Jiansanjiang agricultural reclamation area during 1965-2002

年代	60年代	70年代	80年代	90年代	2000~2002年	1965~2002年
年均温	-0.157	-0.002	0.541	-0.131	0.996	0.693

趋势, 60 年代、90 年代呈微弱的下降趋势, 70 年代变化不显著。2000~2002 年, 建三江垦区呈大幅度增温趋势。

3.1.2 降水年及年代际变化趋势 由表 2 可见, 研究区年降水量趋势系数为 -0.018 , 各月及年降水量均未达到 0.05 置信水平, 表明本区总体降水量呈微弱的减少趋势, 但变化不显著。建三江垦区 1965~2002 年降水量平均值为 545.5mm, 年降水量最大值为 865.0mm (1991 年), 最小值为 393.0mm (1999 年), 最大值与最小值比值为 2.2。从降水量年代际变化来看, 20 世纪 60 年代建三江地区降水量为 527.0mm, 70 年代下降至 517.0mm, 80 年代有所上升, 达到 580.8mm, 90 年代至 21 世纪初降水降至 547.5mm, 年代际降水量最大值与最小值比值为 1.3, 说明研究区降水量年代际变化小于年际变化。

表 2 建三江垦区年降水趋势系数 (1965~2002 年)

Tab 2 Yearly variation in rainfall of the Jiansanjiang agricultural reclamation area

项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
趋势系数	0.266	-0.181	-0.016	0.031	-0.063	0.056	0.056	0.007	-0.072	-0.077	-1.167	-1.166	-0.018

3.2 气温和降水的季节变化趋势

3.2.1 不同季节平均气温变化趋势 根据闫敏华等的分析, 将三江平原的季节划分为: 3~5 月为春季, 6~9 月为夏季, 10~11 月为秋季, 12~2 月为冬季^[19]。建三江垦区 (1965~2002) 春季平均气温为 3.3℃, 最高气温 6.1℃ (2002 年); 最低 0.8℃ (1973 年)。夏季平均气温为 18.2℃, 最高气温 19.9℃ (2000 年); 最低达 16.8℃ (1969 年)。秋季平均气温为 -1.8℃, 最高气温 1.7℃ (1990 年); 最低 -4.2℃ (2002 年)。冬季平均气温为 -19.1℃, 最高气温 -15.7℃ (2002 年); 最低为 -23.2℃ (1969 年)。

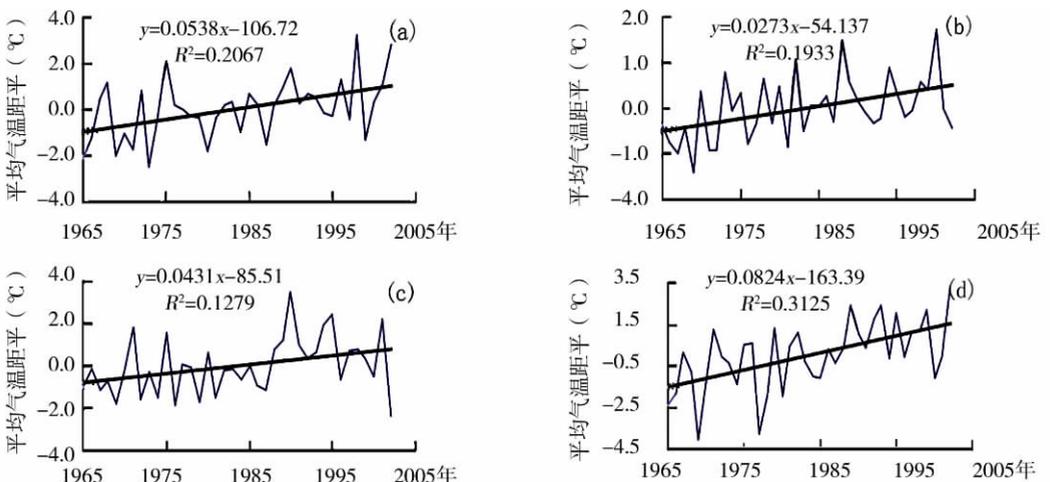


图 2 建三江垦区四季 [春 (a)、夏 (b)、秋 (c)、冬 (d)] 平均气温距平时间变化

Fig. 2 The cumulative anomaly of the mean temperature in different seasons

由图 2 可见, 三江平原建三江垦区春、夏、秋、冬季平均气温倾向率分别为 $0.54^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.43^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.82^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 表明四季气温均呈上升趋势, 且冬、春两

季增温大,夏、秋两季增温小。四季平均气温与年份的相关系数分别为:0.45、0.44、0.36、0.56,这表明建三江垦区冬季平均气温增加趋势最明显。

3.2.2 不同季节降水量变化趋势 研究区近40年春季降水量平均为95.0mm,最大值为181.1mm(1983年),最小值为46.9mm(1989年)。由图3a可见,春季降水量呈下降趋势,降水倾向率为 $-0.92\text{mm}/10\text{a}$,且20世纪80年代降水量下降幅度最大。

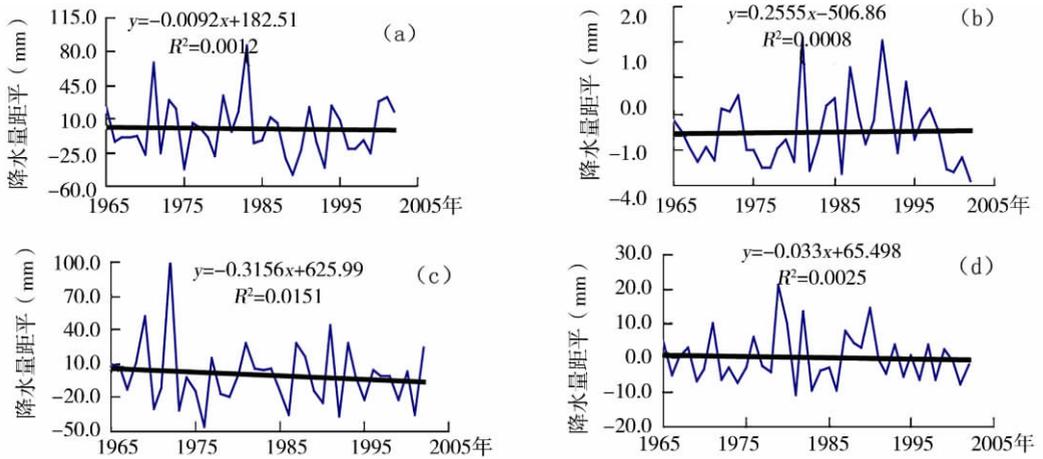


图3 建三江垦区四季[春(a)、夏(b)、秋(c)、冬(d)]降水量距平时间变化

Fig. 3 The cumulative anomaly of the precipitation in different seasons

夏季降水量平均为380.1mm,占全年降水量的70%,最大值为643.8mm(1981年),最小值为243.0mm(2002年)。由图3b可见,近40年夏季降水量呈上升趋势($2.56\text{mm}/10\text{a}$),60~70年代夏季降水量基本保持不变,80~90年代大幅度增加,21世纪初降水量有所减少。

秋季降水量平均为52.8mm,最大值为154.8mm(1972年),最小值为7.3mm(1976年)。研究区秋季降水量下降幅度最大,降水倾向率达 $-3.16\text{mm}/10\text{a}$,且20世纪70年代下降幅度较大。

冬季降水量平均为17.6mm,最大值为38.9mm(1979年),最小值为6.7mm(1981年)。由图3d可见,冬季降水量呈现下降趋势($-0.33\text{mm}/10\text{a}$),且20世纪80年代下降幅度最大。

春、夏、秋、冬季降水量与年份的相关系数分别为 -0.04 、 0.03 、 -0.12 、 -0.05 。这表明三江平原建三江垦区秋季降水量减少趋势最明显。

3.3 气温和降水的突变分析

由图4a可知,建三江垦区年平均气温累计距平曲线的绝对值最大值出现在1987年(-9.9),这次转折是气温从偏低期转为偏高期,1987年之后的偏高期至今仍在持续。为了检验上述转折是否达到气候突变标准,计算1987年平均气温信噪比 $S/N = 1.06 > 1$,因此,可以认为1987年是气候突变年,突变年前后平均值相差 1.15°C 。

由图4b可知,建三江垦区年降水量累计距平曲线在20世纪60年代中后期至70年代呈下降趋势,80年代开始呈上升趋势,绝对值最大出现在1980年,这次转折是降水量从

偏少期转为偏高期；1980 年后的偏高期持续到 1997 年，之后年降水量呈现快速下降趋势，这次转折是降水量从偏高期转为偏低期。为了检验上述转折是否达到气候突变的标准，分别计算 1980 年、1997 年降水量信噪比，1980 年的降水量信噪比 $S/N=0.2 < 1$ ，1997 年的降水量信噪比 $S/N=0.58 < 1$ ，可知 1980 年、1997 年降水量突变均不明显。

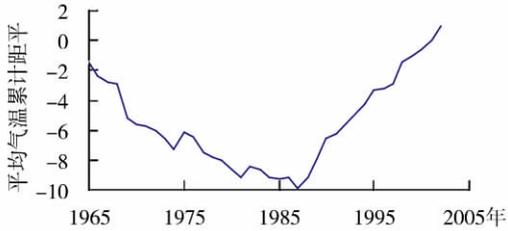


图 4 (a) 建三江垦区年平均气温累计距平曲线
Fig 4 (a) The cumulative anomaly of the mean annual temperature in Jiansanjiang area

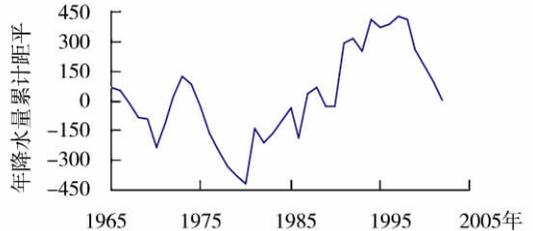


图 4 (b) 建三江垦区年降水量累计距平曲线
Fig 4 (b) The cumulative anomaly of annual precipitation in Jiansanjiang area

3.4 气温及降水的空间分布特征

由图 5 可以看出，研究区气温倾向率均为正值，说明整个三江平原建三江垦区都是气温升高区，但是气温升高存在着显著的区域差异，最大的增温中心位于南部边缘，气温倾向率大于 $0.60^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；最小的气温倾向率位于东北部，小于 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。

由图 6 可以看出，建三江垦区西北部以及南部边缘地区降水减少最为明显，降水减少最大的地区位于胜利农场附近地区，中部地区降水量有所增加。

4 结论与讨论

4.1 结论

近 40 年来三江平原建三江垦区年平均气温呈明显上升趋势，气温倾向率为 $0.50^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。这种气温变化趋势与全球及我国的气温变化总趋势是一致的，气温的季节性变化表现为冬春两季增温大，夏秋两季增温小，秋季气温变化与年均温变化基本一致。气

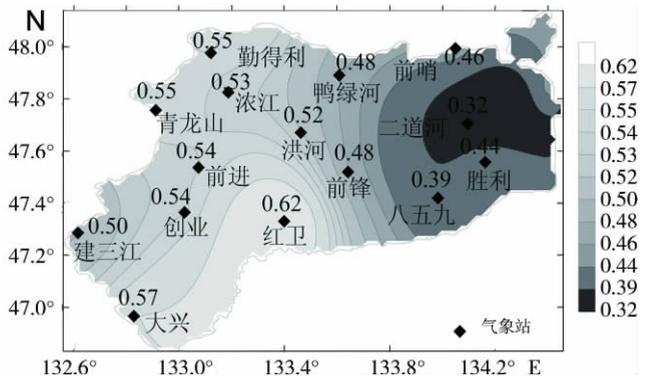


图 5 建三江垦区年平均气温倾向率分布
Fig 5 Distribution of tendency ratio of the mean annual temperature in Jiansanjiang area

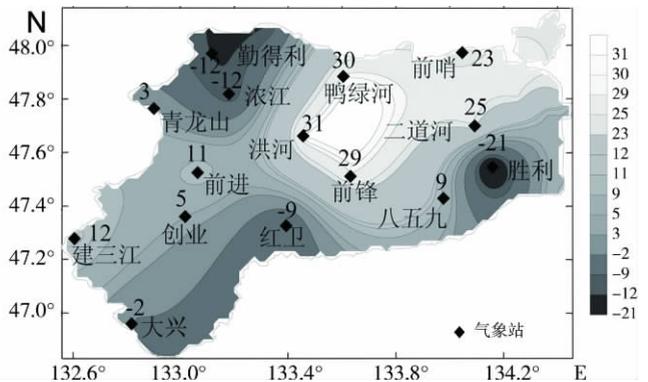


图 6 建三江垦区年降水量倾向率分布
Fig 6 Distribution of tendency ratio of the annual precipitation in Jiansanjiang area

温的年代际变化过程为, 20 世纪 80 年代呈显著增温趋势, 60 年代、90 年代呈微弱下降趋势, 70 年代变化不显著, 2000~2002 年呈大幅度增温趋势, 这种季节性及周期性变化趋势与北半球及中国气候变化的基本特征一致。近 40 年整个三江平原建三江垦区都是气温升高区, 但是气温升高存在着显著区域差异。研究区年降水量变化趋势与中国降水量变化趋势存在差异, 丁一汇等的研究结果是近 50 年中国平均年降水量呈增加趋势^[7], 而研究区年降水量呈现弱减少趋势, 但变化不显著, 年降水量倾向率为 $-1.90\text{mm}/10\text{a}$ 。一年中除夏季外, 其余各季节年降水量均呈减少趋势, 且秋季减少明显。从空间分布上看, 研究区西北部以及南部边缘地区为降水减少区。

4.2 讨论

(1) 三江平原 20 世纪 70 年代的少雨阶段和 80 年代的降水增加阶段与大气环流有很大关系。与 50 年代、60 年代相比, 70 年代的大气环流形势对黑龙江省的降水最为不利, 这种环流异常也表现在台风上, 影响黑龙江省东部降水的台风次数以 70 年代最少, 80 年代开始增加。除外部因子外, 下垫面的变化也是引起三江平原气候变化的主要原因, 即大面积湿地被开垦成农田, 从 1975~2004 年, 三江平原建三江地区湿地减少了 $5.28 \times 10^5 \text{hm}^2$, 农业用地面积从 1975 年 (20.18%) 到 2004 年 (51.35%) 增加了三十个百分点。湿地下垫面的热量平衡特征不同于农田, 在湿地植物生产旺季潜热通量占下垫面辐射平衡的 70% 左右, 而感热通量仅占辐射平衡的 20% 左右, 即下垫面用于加热大气的热量很少; 但湿地开垦成农田后, 下垫面的热量平衡特征发生改变, 感热通量占辐射平衡的比例增大, 因此气温升高, 区域水分循环也发生变化。湿地的蒸腾及蒸发作用可以保持当地的湿度, 湿地产生的晨雾可以减少土壤水分丧失, 湿地被开垦成农田后, 造成湿地冷湿效应下降, 引起气温升高。开垦后湿地由 CO_2 和 N_2O 等温室气体的汇转变为源, 导致区域气候由冷湿向暖干趋势转变^[24,25]。三江平原从 20 世纪 80 年代开始显著增温, 这与三江平原开垦面积的增加同步, 因此, 三江平原的湿地大面积开垦可能直接导致增温突变。

(2) 三江平原建三江垦区气温及降水变化对区域粮食产量、土地利用及湿地生态系统等均产生一定影响。气候变暖对三江平原地区作物生长是十分有利的, 国际气候组织对食物和纤维生产影响的研究结果表明, 年平均气温升高 1°C , 无霜期延长 10 天, 三江平原年平均气温升高 0.69°C , 无霜期延长 6~7 天, 以无霜期延长一天, 农作物产量每公顷增加 22.5 千克计算, 三江平原农作物每公顷增产 135~157.5 千克。区域气温升高会导致作物种植格局的改变, 随着气温的升高, 研究区喜温植物水稻的种植比例显著增加, 至 2010 年, 建三江垦区的水稻种植面积已占到黑龙江垦区的 45%, 但气候变暖及持续性少雨, 使得该地区干旱、病虫害以及突发性气象灾害增加, 对农业的危害程度有可能增大。研究区降水量的减少未对粮食产量产生实质性的影响, 该地区主要作物水稻因为有灌溉保证减少了对降水的依赖, 加之该地区属于温带湿润半湿润地区, 降水量总体上是满足的, 但研究区 20 世纪 70 年代~21 世纪初, 玉米、大豆等旱田作物生长季 (5~9 月) 内降水量占年降水量比例呈下降趋势, 这使旱田作物生产面临潜在干旱风险。

(3) 研究区气温升高, 降水减少将加剧天然湿地的缺水现状, 导致天然湿地面积进一步减少, 部分湿地由于气候变化演替为荒地和盐碱风沙地; 大规模的农业开垦导致三江平原湿地面积锐少, 湿地生态环境发生变化, 如旱涝灾害频率加大, 生物多样性受到破坏, 湿地水质污染严重、水土流失加剧等, 加速泥炭分解, 使湿地向碳源转变, 进而加剧区域变暖趋势。近年来, 随着人们对土地利用变化、气候变化及其相互影响的深入认识,

三江平原的土地利用方式有所改变,湿地开垦受到控制,加之大面积旱田被开发为水田,人工湿地面积大幅度增加,三江平原湿地总面积呈上升趋势,气候的干热化趋势得到一定程度的遏制。

参考文献:

- [1] Jones P D. Hemispheric surface air temperature variations; recent trends and an update to 1987. *Journal of Climate*, 1988, 1(6): 654~660.
- [2] IPCC. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001. 8~11.
- [3] Ge Quansheng, Zheng Jingyun, Hao Zhixin, *et al.* Temperature variation of 2000 years in china: An uncertainty analysis of reconstruction and regional difference. *Geophysical Research Letters*, 2010, 37(3): 1~4.
- [4] Houghton J T, Jenkins G J, Ephraums J J. *Climate change: The IPCC 1990 Scientific Assessment*. New York: Cambridge University Press, 1990, 195~238.
- [5] 王绍武, 叶瑾琳. 近百年全球气候变暖的分析. *大气科学*, 1995, 19(5): 545~553.
- [6] Jones P D. Recent warming in global temperature time series. *Geophysical Research Letters*, 1994, 21(12): 1149~1152.
- [7] 丁一汇, 戴晓芬. 中国近百年的温度变化. *气象*, 1994, 20(12): 19~26.
- [8] 龚道溢, 王绍武. 近百年我国的异常暖冬与冷冬. *灾害学*, 1999, 14(2): 63~68.
- [9] 陈隆勋, 朱文琴, 王文. 中国近 45 年来气候变化的研究. *气象学报*, 1998, 56(3): 257~271.
- [10] 郭志梅, 缪启龙, 李雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征及其突变性. *干旱区地理*, 2005, 28(2): 176~181.
- [11] 李克让, 林贤超. 近四十年来我国气温的长期变化趋势. *地理研究*, 1990, 9(4): 26~37.
- [12] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析. *高原气象*, 2004, 23(2): 224~238.
- [13] 叶瑾琳, 陈振华, 龚道溢, 等. 近百年中国四季降水量异常的空间分布特征. *应用气象学报*, 1998, 8(9): 57~64.
- [14] Budyko M I. *气候的过去与未来*. 翁笃鸣等译. 北京: 气象出版社, 1986. 8~23.
- [15] 丁裕国, 屠其璞. 全球气候趋势: 自然气候背景上的认为气候变化信号—全球气候变化研究进展(2). *气象教育与科技*, 1998, 1(2): 1~6.
- [16] Ning Zeng, David Neelin. A land-atmosphere interaction theory for the tropical deforestation problem. *Journal of Climate*, 1999, 12(3): 857~872.
- [17] Zhang H, Henderson-Sellers A, Mcguffie K. Impacts of tropical deforestation. Part I: Process analysis of local climate change. *Journal of Climate*, 1996, 9(7): 1497~1517.
- [18] Zhang H, Henderson-Sellers A, Mcguffie K. Impacts of tropical deforestation. Part II: The role of large-scale dynamics. *Journal of Climate*, 1996, 9(10): 2498~2521.
- [19] 闫敏华, 邓伟, 马学慧. 大面积开荒扰动下的三江平原近 45 年气候变化. *地理学报*, 2001, 56(2): 159~170.
- [20] Mike Hulme, Zhao Zongci, Jiang Tao. Recent and future climate change in East Asia. *International Journal of Climatology*, 1994, 14(6): 637~658.
- [21] Ming Z, Xinmin Z. A theoretical analysis on the local climate change induced by the change of landuse. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2002, 19(1): 45~63.
- [22] 王绍武, 龚道溢, 陈振华, 等. 近百年来中国的严重气象灾害. *应用气象学报*, 1999, 10(增刊): 43~53.
- [23] 黄嘉佑. 气候状态变化趋势与状态分析. *气象*, 1996, 56(7): 54~57.
- [24] 白军红, 欧阳华, 杨志锋, 等. 湿地景观格局变化研究进展. *地理科学进展*, 2005, 24(4): 36~44.
- [25] 白军红, 邓伟, 王庆改, 等. 松嫩盐碱湿地对区域生态环境变化的缓冲作用及其响应. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(10): 48~51.

Variations of temperature and precipitation in Sanjiang Plain: A case study of Jiansanjiang reclamation areas

SU Xiao-dan¹, LUAN Zhao-qing², ZHANG Xue-ping¹

(1. Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Geographic Environment,
College of Heilongjiang Province, Harbin Normal University, Harbin 150025, China; 2. Northeast
Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China)

Abstract: Temperature and precipitation have great influence on ecological system and social economy. Under the background of the global warming, concerning the regional characteristics of regional land use and land cover change, the climate change in Jiansanjiang reclamation areas was analyzed.

According to the monthly data of air temperature and precipitation of 15 meteorological stations from 1965 to 2002 in Jiansanjiang reclamation areas, some classical statistical methods were used to explore the characteristics of climate change, such as trend, correlative correlation, climate variation analyses and climate elements cumulative test curve and so on. The statistics of some climatic factors such as mean temperature, mean maximum temperature, mean minimum temperature and precipitation were gathered in the light of year and season, and their changes during 40 years were analyzed. The results showed that there was a $0.50^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ increase in the mean annual temperature in the last 40 years. Seasonal temperature had a rising trend, and the temperature increased by $0.82^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ in winter, higher than that in other seasons. In the southern margin area, the increase of temperature was higher than $0.60^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, while in the northeastern part of the region, it was lower than $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{a}$.

There was only a slight increasing tendency for annual precipitation, and the tendency ratio was $-1.90\text{ mm}/10\text{a}$. Annual precipitation in northwest and southern rim was in the decline. Most of the rest of the regions were precipitation increasing areas. Spring, autumn and winter precipitation presented a reducing tendency except that of summer. Climate elements cumulative test curve and test signal of noise ratio (S/N) were used to analyze climate mutation. The result showed that precipitation mutation occurred in 1980 and 1997, and the precipitation had not a significant abrupt change.

The increase of the temperature led to both an increase in crop yields and a crop pattern change, while the decrease of the precipitation caused a reduction in the natural wetland area. Thus the methods of land use were changed.

Key words: temperature; precipitation; change tendency; abrupt climate change