

近 52 年黑龙江省农业气候资源变化特征分析

李彩侠¹, 李 俏², 王雅珍¹, 潘华盛³, 张立友⁴, 李维海⁵, 高见⁶, 孙彦坤⁷

(1. 黑龙江工业学院, 黑龙江 鸡西 158100; 2. 东北师范大学地理科学学院, 长春 130024;

3. 哈尔滨气象台, 哈尔滨 150030; 4. 吉林省白城市人工增雨基地, 吉林白城 137000; 5. 黑河市气象局, 黑龙江黑河 164300; 6. 肇源县气象局, 黑龙江大庆 166500; 7. 东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

摘 要:根据 1961—2012 年黑龙江省 72 个站点逐日气象资料, 应用线性趋势系数法对全年、四季、年代际的气温、降水、日照时数等主要农业气候资源的变化特征进行分析, 结果表明, 黑龙江省平均气温有明显升高趋势, 升高速率为 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。冬季是增温的主要贡献者, 平均每 10 a 增加 0.52°C 。全年和四季平均气温的年代际变化呈增加趋势, 2000s 增温最明显; 黑龙江省年降水量波动中呈减少趋势, 减少速率为 $2.76\text{ mm}/10\text{ a}$, 减少趋势不明显, 但季节性变化比较明显, 秋季是降水量减少最大贡献者。年和四季降水量的年代际变化各不相同; 黑龙江省全年和四季日照时数都呈减少趋势, 其中, 全年日照时数减少速率为 $26.07\text{ h}/10\text{ a}$ 。春季是日照时数减少的最大贡献者。全年和四季日照时数随年代际变化呈非一致减少趋势。

关键词:黑龙江省; 气候资源; 线性趋势法; 变化特征

中图分类号: P468.021

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)06-0187-06

Analysis of Change Characteristics of Agricultural Climate Resources over Last 52 Years in Heilongjiang Province

LI Cai-xia¹, LI Qiao², WANG Ya-Zhen¹, PAN Hua-sheng³,

ZHANG Li-You⁴, Li Wei-hai⁵, Gao Jian⁶, SUN Yan-kun⁷

(1. HeiLongJiang Institute of Technology, Jixi, Heilongjiang 158100, China;

2. School of Geography, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 3. Harbin Meteorological Bureau, Harbin, Heilongjiang 150030, China; 4. Jilin Provincial Baicheng Artificial Rainfall Base, Baicheng, Jilin 137000, China; 5. Heihe Meteorological Bureau, Heihe, Heilongjiang 164300, China; 6. Zhaoyuan Meteorological Bureau, Daqing, Heilongjiang 166500, China; 7. School of Resources and Environmental Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: According to the daily meteorological data of 72 stations in Heilongjiang Province from 1961 to 2012, the change characteristics of the whole year, the four seasons, the interdecadal temperature, the precipitation, sunshine hours and other main agricultural climate resources were analyzed by linear trend coefficient method. Results show that the average temperature in Heilongjiang Province is obviously increasing and the rise rate is $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$. Winter is the main contribution to the temperature increase, average of every 10 years increased by 0.52°C . The interdecadal change of the whole year and the average temperature of seasons is increasing, and which is the most obvious in 2000s. The annual precipitation of Heilongjiang Province is at the fluctuation with decreasing rate of $2.76\text{ mm}/10\text{ a}$, so the trend is not obvious. But the seasonal variation is obvious, especially the autumn. The interdecadal change of annual and seasonal precipitation is different. Both the whole year and seasonal sunshine hours are decreasing. The annual and seasonal sunshine hours showed a trend of non-uniform reduction with the interdecadal change.

Key words: Heilongjiang Province; climate resource; linear trend; characteristics change

自 20 世纪 80 年代以来, 中国气候呈现与全球一致的变暖趋势^[1-5], 其中, 位于中国最北端的黑龙江省是气候变暖最显著的地区之一^[2]。气候变暖已经给

生态环境、社会经济等方面带来许多新问题, 对农业的影响更为严重^[6-7]。作为国家重要商品粮基地, 黑龙江省是水稻、玉米、大豆等粮食作物的主产区之

一,在粮食供应保障和农业生产安全等方面具有重要地位,但近些年来由于自然因素加上人为不合理的活动生产,其生态环境遭到了一些破坏^[8],此外,黑龙江省虽然光照资源和水资源比较充足,但热力资源相对较差,作物因低温而产生的冷害是制约其农业生产最大的气象灾害之一。现有研究多集中在热力资源对农业生产的影响方面^[9-10],对气候变暖背景下农业气候资源变化特征的研究相对较少,因此为了确保黑龙江省农作物的稳定高产,积极主动应对气候变化,本文以 1961—2012 年的气象资料为研究对象,利用线性趋势系数等方法对黑龙江省作物农业温度资源、降水资源、日照资源的变化特征进行分析,为黑龙江省在全球变暖背景下,合理利用气候资源,采取适宜气候的种植制度和措施提供科学依据。

1 材料和方法

气象资料来自黑龙江省 72 个市县 1961—2012 年实际观测值,选取逐日气温、降水量、日照时数作为主要研究对象。对气候资料首先进行预处理,剔除资料年代缺失过多的站点,之后对缺测数据,采用多元回归方法,选取与缺失值所在站点相关性较好的五个观测点进行插补。气候资源变化分析采用线性趋势系数^[11-12]等方法。相关文献对此类方法已有介绍,本文不做具体赘述。

2 结果与分析

2.1 1961—2012 年黑龙江省平均气温变化分析

2.1.1 全年变化 由图 1 可见,1961—2012 年,黑龙江省平均气温为 2.78℃,最高值为 4.58℃(2007 年),最低值为 1.28℃(1965 年),两者相差 3.3℃。近 52 a 来平均气温呈线性上升,升温速率为 0.35℃/10 a,平均每年升温 0.03℃。自 20 世纪 80 年代初变暖后,即 1980—2012 年平均气温较 60—70 年代上升 0.64℃,且 90 年代后期上升幅度更大,较 60—70 年代上升 0.93℃。从平均气温多项式拟合曲线来看,在近 52 a 里,1961—1987 年为低温时段,1988—2012 年为气温偏高时段。在低温时段中 1964,1969,1972,1974,1976,1987 年发生严重低温冷害年(低温冷害是我国农业上主要气象灾害之一,是指作物生长期出现一个或多个低温天气,使作物生长发育和产量遭受严重减产或品质降低^[13])。1969 年为近 52 a 来的最低年,较历年低 1.50~2.20℃。如果以九十年代初为气候变暖的开端(图 1),在其后 23 a 中没有发生低温冷害年,因此,气候变暖使低温冷害出现频率大大降低。

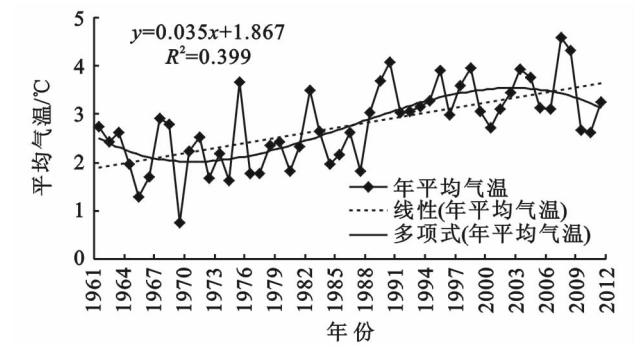


图 1 黑龙江省 1961—2012 年平均气温变化

2.1.2 四季变化 由图 2 可知,各季节平均气温均呈增加趋势,四季平均气温变化差异不显著。其中,春季平均气温为 4.48℃,最高值 7.29℃(1998 年),最低值 2.63℃(1969 年),升温速率为 0.30℃/10 a,平均每年升温 0.03℃,1961—1986 年为春季气温较低时段,1989—2006 年为偏高时段;夏季平均气温为 20.06℃,最高值为 21.64℃(2000 年),最低值为 18.47℃(1983 年),气温增加速率为 0.25℃/10 a,平均每年升温 0.02℃,1971—1990 年为夏季气温偏低时段,1961—1968 和 2006—2012 年为较高时段;秋季平均气温为 3.55℃,最高值 5.97℃(2004 年),最低值为 1.71℃(1972 年),气温升高速率为 0.33℃/10 a,平均每年升高 0.03℃,1967—1988 年为秋季气温偏低时段,1993—2007 年是偏高时段;冬季平均气温为 -17.57℃,最高值 -13.21℃(2007 年),最低值 -20.91℃(1965 年),气温升高速率为 0.52℃/10 a,平均每年升高 0.05℃,1964—1983 年为冬季气温较低时段,1986—2004 年是偏高时段。

从气候变化趋势看,黑龙江省春、夏、秋、冬平均气温的气候倾向率分别为 0.30,0.25,0.33,0.52℃/10 a。52 a 中冬季气温增加趋势较明显,其余季节变化趋势较小,冬季是增温的最大贡献者。

如表 1 所示,52 a 来,全年和四季平均气温随年代际变化呈增加趋势。其中,全年、春季、夏季和秋季增温最明显年代是 2000s,较 1960s 分别增加 1.33℃,1.19℃,1.82℃和 2.09℃;冬季最明显增温发生在 1980s,较 1960s 增加 2.40℃。随年代际变化,冬季增温趋势最明显。

表 1 黑龙江省 1961—2012 年全年和四季平均气温年代际变化

年代	全年	春季	夏季	秋季	冬季
1960s	2.14	3.92	19.71	3.00	-18.87
1970s	2.18	3.89	19.71	3.11	-18.45
1980s	2.78	4.60	19.92	3.42	-17.26
1990s	3.27	4.91	20.34	3.84	-16.47
2000s	3.47	5.11	20.53	4.31	-16.78

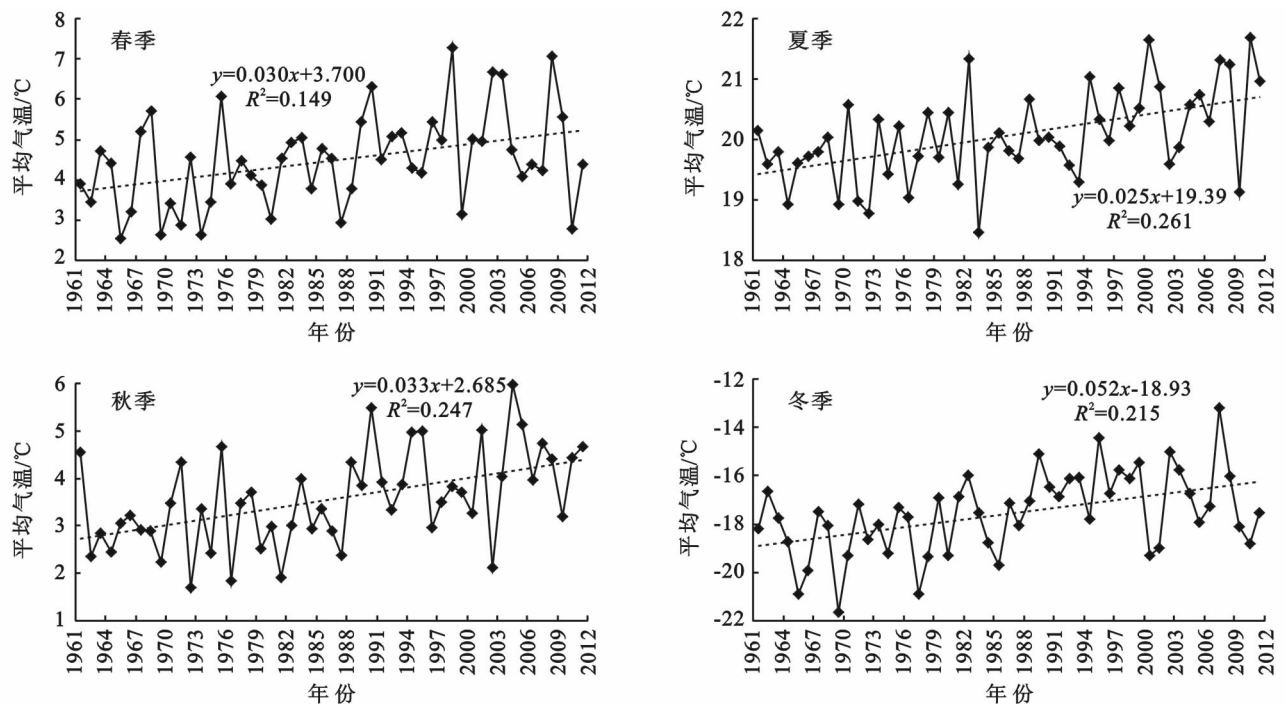


图 2 黑龙江省 1961—2012 年平均气温季节变化

2.2 1961—2012 年黑龙江省降水量变化分析

2.2.1 全年变化 由图 3 可见,1961—2012 年,黑龙江省各地区年降水量的历年平均值为 499.70 mm,降水量最多年份发生在 1994 年,全省平均值为 651.79 mm,1979 年降水量最少为 377.87 mm,降水量最高年比最低年多近一倍。近 52 a 来黑龙江省各地区年降水量呈减少趋势,减少速率为 2.76 mm/10 a,平均每年约减少 0.03 mm,减少趋势不明显。从变化时段来看,1965—1980 年在 52 a 中为低降水时段,其中,在低降水时段中只有 1972,1973,1974 年降水量高于历年降水量平均值。1981—1998 年的 18 a 为降水量偏高时段,增加趋势明显,在偏高时段中,只有 1982,1986,1989,1992,1995,1996 年低于历年降水量平均值,1999 年后降水量又呈下降趋势。

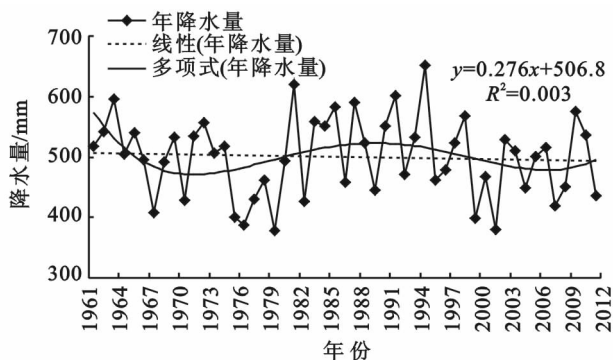


图 3 黑龙江省 1961—2012 年降水量变化

2.2.2 四季变化 由图 4 可知,黑龙江省各地区四季降水量变化各有特点。春季和冬季降水量呈波动增加趋势,夏季和秋季呈减少趋势。其中,春季降水量

历年平均值为 79.06 mm,最高值 137.85 mm(2008 年),最低值 40.84 mm(2003 年),降水线性倾向率为 5.05 mm/10 a,平均每年增加 0.51 mm,1981—2004 年为春季降水量较低时段,1963—1982 年偏高时段;夏季降水量历年均值为 329.35 mm,最高值为 453.32 mm(1981 年),最低值为 219.42 mm(2007 年),两者相差 233.9 mm,降水量减少速率为 4.20 mm/10 a,平均每年减少 0.42 mm,1967—1983 和 2002—2012 年为夏季降水量偏低时段,1983—1999 年为较高时段;秋季降水量历年平均值为 95.08 mm,最高值 177.37 mm(1994 年),最低值为 46.82 mm(2001 年),降水量减少速率为 4.37 mm/10 a,每年平均减少 0.44 mm,2002—2012 年为秋季降水量偏低时段,1975—2000 年是较高时段;冬季降水量历年平均值为 14.81 mm,最高值 42.82 mm(2010 年),最低值 5.72 mm(1981 年),降水量增加速率为 2.23 mm/10 a,每年平均增加 0.22 mm,1972—2003 年为冬季降水量较低时段,2004—2010 年是偏高时段。

从气候变化趋势看,黑龙江省春、夏、秋、冬降水量的气候倾向率分别为 5.05, -4.20, -4.73, 2.23 mm/10 a。四季降水量变化差异不明显,其中,52 a 中春季降水量增加最大,秋季降水量比夏季减少幅度略大,说明秋季是降水量减少的最大贡献者,冬季降水量呈弱增加趋势,且夏季和秋季降水量减少量大于春季和冬季增加量,这也与全年降水量减少大趋势相符。

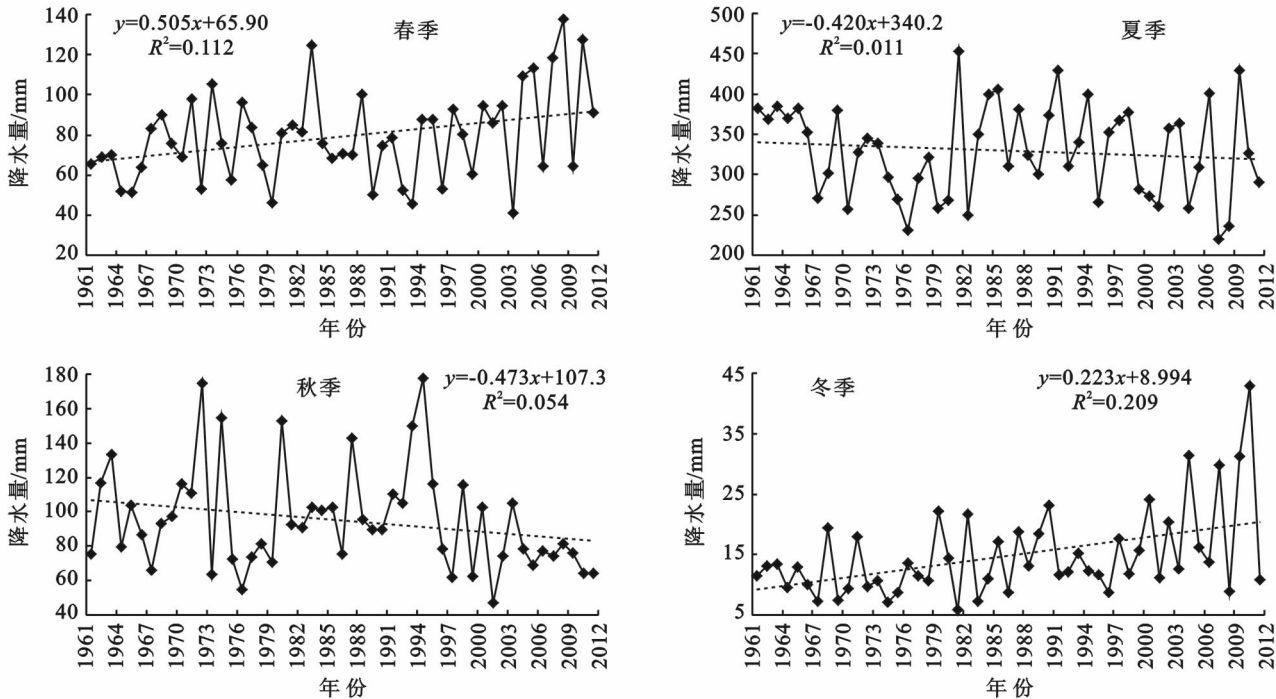


图 4 黑龙江省 1961—2011 年降水量季节变化

2.2.3 年代际变化 如表 2 所示,52 a 来,全年和四季降水量的年代际变化各不相同。总体来说,全年、夏季、秋季降水量随年代际呈减少趋势,春季、冬季呈增加趋势,年代际间波动性较强。全年和夏季降水量年代际变化过程是减少—增加—减少—减少,减少量最明显的年代是 1970s,较 1960s 分别减少 39.08 mm,49.59 mm;秋季降水量年代际呈波动式变化,即增加—减少—增加—减少,最大减少量发生在 2000s,较 1960s 减少 49.59 mm;春季和冬季降水量增加最明显的是 2000s,较 1960s 分别增加 26.65 mm,10.46 mm。

表 2 黑龙江省 1961—2012 年全年和四季降水量年代际变化

年代	全年	春季	夏季	秋季	冬季
1960s	505.63	69.93	344.85	96.82	11.39
1970s	466.55	76.18	295.26	100.93	12.65
1980s	530.49	80.04	354.67	98.20	14.51
1990s	515.58	73.35	339.78	107.96	14.05
2000s	486.64	95.58	316.08	74.59	21.85

2.3 1961—2012 年黑龙江省日照变化分析

2.3.1 全年变化 由图 5 可见,1961—2012 年,黑龙江省日照时数历年平均值为 2 538.97 h,最高值为 2 811.58 h(1967 年),最低值为 2 345.09 h(2003 年),两者相差 463.29 h。近 52 a 来日照时数呈明显线性减少趋势,减少速率为 26.07 h/10 a,平均每年减少 0.26 h。从变化时段来看多项式拟合曲线,1982—2003 年平均值为 2 498.43 h,较历年平均值少 40.56 h,是 52 a 中日照时数偏少期,21 a 中只有 1982,1989,1999,2000 和 2001 年高于历年日照时数

平均值;1964—1980 年的 17 a 为日照时数偏高时段,其中,只有 1966,1971,1972,1974 和 1980 年的日照时数低于历年平均值。

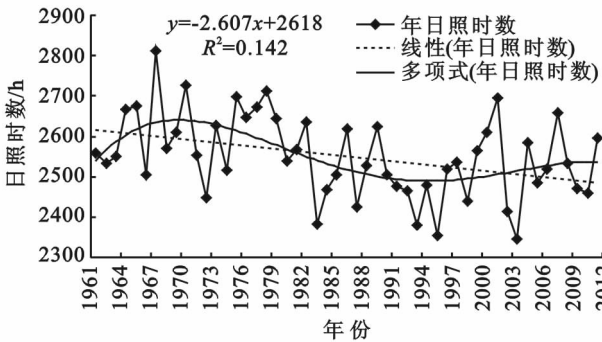


图 5 黑龙江省 1961—2012 年日照时数变化

2.3.2 四季变化 由图 6 可知,黑龙江省四季日照时数变化趋势与全年日照时数变化规律一致,均呈减少趋势,但各季节变化情况不同。其中,春季日照时数历年平均值为 722.90 h,最高值 786.30 h(1989 年),最低值 626.99 h(2008 年),减少速率为 7.67 h/10 a,平均每年减少 0.77 h,1997—2007 年为春季日照时数偏少时段,1968—1992 年为偏多时段;夏季日照时数历年平均值为 714.01 h,最高值为 839.26 h(2007 年),最低值为 580.83 h(2003 年),减少速率为 3.88 h/10 a,平均每年减少 0.39 h,1982—2000 年为夏季日照时数偏少期,1965—1980 为偏高时段;秋季日照时数历年平均值为 593.88 h,最高值 661.04 h(2001 年),最低值为 455.94 h(1972 年),减少速率为 2.30 h/10 a,平均每年减少 0.23 h,1961—1972 年和

2002—2012 年为秋季日照时数偏少时段,1978—2001 年是偏多时段;冬季日照时数历年均值为 515.49 h,最高值 595.22 h(1964 年),最低值 447.69 h(2010 年),

减少速率为 5.11 h/10 a,平均每年减少 0.51 h,1977—1995 年为冬季日照时数偏少期,1964—1975 年和 1998—2008 年是偏多期。

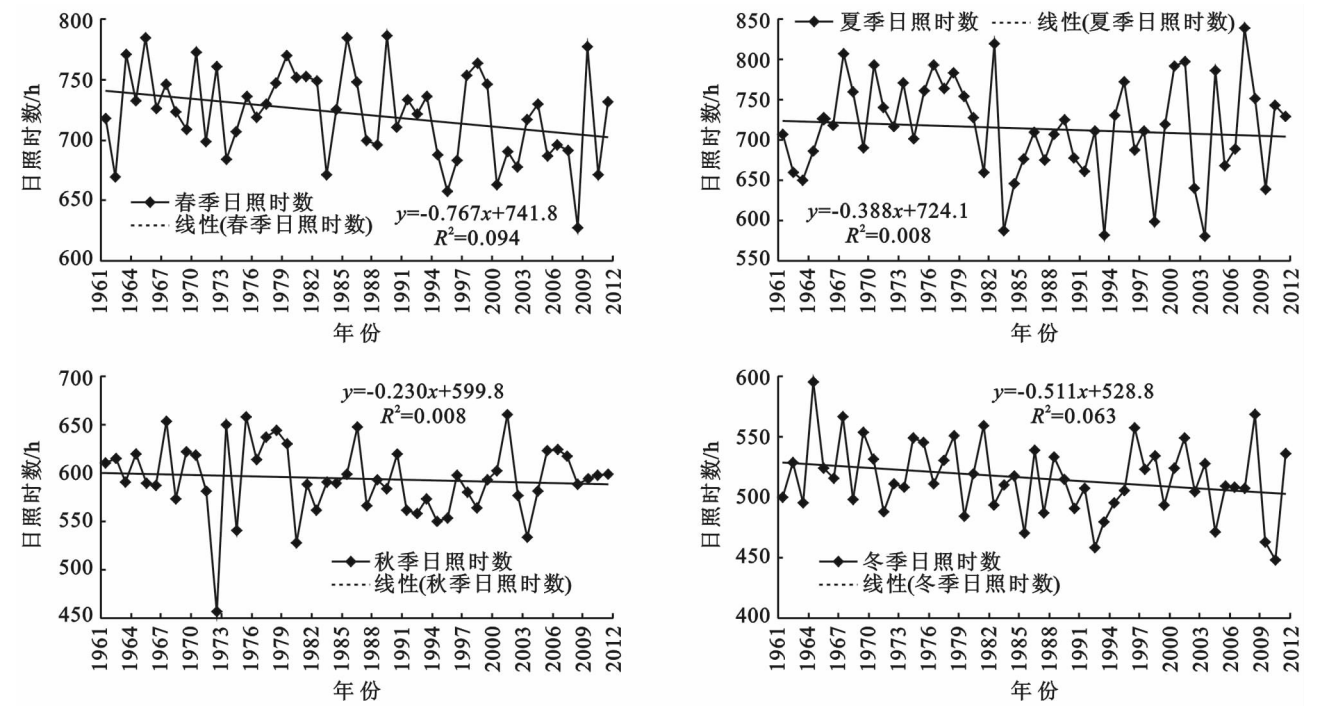


图 6 黑龙江省 1961—2012 年四季时数季节变化

从气候变化趋势看,黑龙江省春、夏、秋、冬日照时数的气候倾向率分别为 -7.67 , -3.88 , -2.30 , -5.11 h/10 a。四季日照时数减少量春季>冬季>夏季>秋季,说明春季是日照时数减少最大贡献者,其次冬季,夏季和秋季贡献最少。

2.2.3 年代际变化 如表 3 所示,52 a 来,全年和四季日照时数随年代际变化呈非一致减少趋势。其中,全年日照时数在 20 世纪各年代呈减少趋势,21 世纪初开始呈现升高趋势。其中,1990s 减少量最大,较 1960s 减少 138.79 h;春季日照时数最大减少量在 2000s,较 1990s 减少 18.11 h;夏季日照时数在 1970s 增加量最大,较 1960s 增加 31.42 h,最大减少量发生在 1980s,较 1970s 减少 62.93 h;秋季日照时数最大减少量在 1990s,较 1960s 减少 34.71 h;冬季日照时数在 2000s 减少量最大,较 1960s 减少 25.25 h。

表 3 黑龙江省 1961—2012 年全年和四季日照时数年代际变化

年代	全年	春季	夏季	秋季	冬季
1960s	2620.90	735.12	719.73	608.11	530.78
1970s	2605.73	730.33	751.15	593.92	519.76
1980s	2525.66	732.14	688.22	593.80	511.55
1990s	2482.11	714.52	696.28	573.40	507.78
2000s	2516.59	696.41	713.11	599.67	505.53

3 结论和讨论

(1) 近 52 a 来,黑龙江省平均气温升高趋势明显,线性增长率为 $0.35^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,这与已有研究^[14]相一致,1994 年后增温趋势更加明显,于 2007 年平均气温达到最大值,为 4.58°C ,与唐国利等人研究^[15-16]相同;四季平均气温均呈上升趋势,其中冬季增温贡献最大^[17],为 $0.52^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,秋季次之,春季、夏季则呈现弱增温趋势。全年和四季平均气温的年代际变化均呈增加趋势,其中,全年和春季最大增温年代是 1980s,夏季、冬季最大增温年代是 1990s。

(2) 黑龙江省是以雨养为主的农作方式,自然降水对其农业生产具有重要意义^[18]。近 52 a 来,黑龙江省年降水量波动中呈减少趋势,趋势变化不明显,速率为 $-2.76\text{ mm}/10\text{ a}$;春季和冬季降水量呈波动增加趋势,夏季和秋季呈减少趋势,夏季和秋季降水量减少量大于春季和冬季增加量,这与全年降水量较少大趋势相符。夏季是降水量减少的最大贡献者;全年和四季降水量随年代际变化各不相同,总体来说,全年、夏季、秋季降水量呈减少趋势,春季、冬季呈增加趋势,年代际间变化波动性较强。

(3) 近 52 a 来,黑龙江省全年、四季、年代际日照时数均呈减少趋势。其中,全年日照时数减少速率为 $26.07\text{ h}/10\text{ a}$ 。在 1983 年前呈增加趋势,1983 年后,

呈下降趋势,直到1998年后才略有改变,这一结论与全国日照时数下降的大体趋势相一致^[19-20];四季日照时数和全年变化趋势相一致,呈减少趋势,其中,春季日照时数减少量最大,为7.67 h/10 a,是日照时数减少的最大贡献者,其次冬季,夏季和秋季贡献最少;全年和四季日照时数的年代际变化均呈非一致减少趋势。

黑龙江省气候资源的变化对农业的影响生产有利有弊。黑龙江省平均气温显著升高,有利于低温冷害的减少,同时对作物出苗期提前、免遭霜冻袭击也有一定帮助作用。但是,近52 a来,黑龙江省日照时数减少,会对作物光合作用不利,影响物质积累,进而影响作物产量,同时年降水量的减少,可能会造成农业水资源紧张,干旱天数增加等。因此,在气候变化背景下,如何更好的适应气候资源变化,有效调整耕种制度,引进适宜品种,是当前黑龙江省农业急需解决的问题。

参考文献:

- [1] 王昭武. 近百年来气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261-273.
- [2] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近45a来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.
- [3] 王昭武, 董光荣. 中国西部环境特征及其演变[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [4] Hansen J, Lebedeff S. Global trends of measured surface air temperature [J]. Journal of Geophysical Research, 1987, 92(D11): 13345-13372.
- [5] Karl T R, Jones P D, Knight R W. A new perspective on recent global warming: Asymmetric trends of maximum and minimum temperature [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1993, 74(6): 1007-

1023.

- [6] 钱锦霞, 赵桂香, 李芬. 晋中市近40a气候变化特征及其对玉米生产的影响[J]. 中国农业生态, 2006, 27(2): 125-129.
- [7] 车少静, 智利辉, 冯立辉. 气候变暖对石家庄冬小麦主要生育期的影响及对策[J]. 中国农业生态, 2005, 26(3): 180-185.
- [8] 李发鹏, 李景玉, 徐宗学. 东北黑土区土壤退化及水土流失研究现状[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 50-54.
- [9] 王媛, 方修琦, 徐钺, 等. 气候变暖与东北地区水稻种植的适应行为[J]. 资源科学, 2005, 27(1): 121-127.
- [10] 贾建英, 郭建平. 东北地区近46a玉米气候资源变化研究[J]. 中国农业气象, 2009, 30(3): 302-307.
- [11] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [12] 谭方颖, 王建林, 宋迎波, 等. 华北平原近45a农业气候资源变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2009, 30(1): 19-24.
- [13] 向波, 高阳华. 重庆市低温冷害的分类与指标及其时空分布规律研究[J]. 贵州气象, 2003, 27(2): 12-16.
- [14] 陈莉, 方丽娟, 张少峰, 等. 黑龙江省草地螟第三暴发周期气候特征及风险概率[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(3): 67-72.
- [15] 唐国利, 丁一汇, 王少武, 等. 中国近百年温度曲线的对比分析[J]. 气候与环境研究进展, 2009, 5(2): 71-78.
- [16] 唐国利, 任国玉. 近百年中国地表气温变化趋势的再分析[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 791-798.
- [17] 陈晶, 杨帆, 田宝兴, 等. 黑龙江省黑土区近50年来四季气温时空变化特征分析[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 1-5.
- [18] 冯秀藻, 陶炳炎. 农业气象学原理[M]. 北京: 气象出版社, 1994.
- [19] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近50a中国地面气候变化基本特征[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 701-711.
- [20] 赵冬, 罗勇, 高歌, 等. 1961—2007年中国日照的演变及其关键气候特征[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 701-711.

(上接第186页)

- [21] 刘世梁, 崔保山, 杨志峰, 等. 道路网络对澜沧江流域典型区土地利用变化的驱动分析[J]. 环境科学学报, 2006, 26(1): 162-167.
- [22] 田雷, 沈毅, 李宗禹, 等. 3S技术支持下的公路路域景观格局特征变化研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(2): 168-173.
- [23] 韩倩倩, 潮洛濛, 王山林. 高速公路对沿途土地利用及景观格局的影响: 以内蒙古省道103线蒲滩村到城壕段为例[J]. 环境保护科学, 2009, 35(5): 58-61.
- [24] 肖晓妮. 公路建设对湿地的影响及减缓措施研究[D]. 西安: 长安大学, 2007.

- [25] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [26] 潘树林, 周顺涛, 辜彬. 坡度和坡位对岩质边坡早期生态恢复土壤养分变异性的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 289-292.
- [27] 黄利玲, 王子芳, 高明, 等. 三峡库区紫色土旱坡地不同坡度土壤磷素流失特征研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(1): 30-33.
- [28] 马世震, 陈桂琛, 彭敏, 等. 青藏公路取土场高寒草原植被的恢复进程[J]. 中国环境科学, 2004, 24(2): 188-191.