

## 1963 ~ 2012 年长春市极端气温事件变化特征

岳元<sup>1</sup>, 贾萍<sup>1</sup>, 王琪<sup>2</sup> (1. 沈阳农业大学, 辽宁沈阳 110866; 2. 吉林省气象科学研究所, 吉林长春 130062)

**摘要** 利用 1963 ~ 2012 年长春市的最高和最低气温资料, 采用百分位阈值法确定暖日、暖夜和冷日、冷夜的标准, 采用非参数 Z 统计量检验法、线性倾向估计法和 M-K 突变检测方法, 研究长春市 50 年的极端气温事件的变化特征。结果表明, 长春市的暖日和暖夜呈现上升的变化趋势, 上升速率分别为 1.44 和 5.50 个/10a; 而冷日和冷夜则呈现减少的趋势, 减少的速率分别为 1.61 和 5.35 个/10a; 同时夜间增暖幅度大于白天; 极端温度变化的阶段性特征明显, 近 50 年的暖日和冷日、冷夜存在突变。秋季的暖日增加最为显著, 春季次之; 夏季的暖夜增加最为显著, 冬季次之; 而冷日和冷夜的减少主要存在于春季和冬季; 四季的气温均在变暖, 其中以春季、冬季变暖最明显; 2 月暖日的增加和冷日、冷夜的减少最为明显, 暖夜则在 6 月变化最显著。

**关键词** 百分位阈值法; 极端气温; 时空变化特征; 非参数 Z 统计量检验法; 长春市

**中图分类号** S161.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611(2013)26 - 10741 - 04

## Variation Characteristics of Extreme Temperature in Changchun from 1963 to 2012

YUE Yuan et al (Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

**Abstract** Based on the maximum and minimum temperature in Changchun from 1963 to 2012, the warm day, warm night, cold day and cold night standard was determined by using percentile threshold method, the nonparametric Z statistic test, linear tendency estimation method and M-K mutations detection method were adopted to analyze the temporal and spatial variation characteristics of extreme temperature events in Changchun during the past 50 years. The results indicated that warm day and warm night of Changchun City increased with a rate of 1.44 and 5.50 ge/10 a, while the cold day and cold night decreased with a rate of 1.61 and 5.35 ge/10 a, the heating rate is greater than the daytime heating at night. Meanwhile, the nighttime warming magnitude is greater than the magnitude of warming during the day. In addition, the phase characteristics of extreme temperature changes significantly, nearly 50 years of warm days and cold days, cold nights mutation. The most significant increase of warm day was in autumn, spring followed; the most significant increase of warm night was in summer, winter followed. The cold day and cold night decreased mainly in spring and winter; in addition, seasonal temperatures are warming, in which the spring, winter warming are the most obvious. Significant increase of warm day, cold day and cold night is in February. The most significant changes of warm night is in June.

**Key words** Percentile threshold value method; Extreme temperature; Temporal - spatial variation characteristics; Z nonparametric statistic test; Changchun City

在气候变暖的大背景下, 大气环流出现异常导致全球的极端天气气候事件频发。针对极端气温事件变化的研究引起国内外学者的广泛关注<sup>[1]</sup>。早期的科研工作者广泛使用极端最高、最低气温等指标来研究极端气温事件的强度及其变化的频率, 且从中得到了一些相关的结论<sup>[2-4]</sup>。随着极端气温事件的相关研究的逐渐深入, 科研工作者开始尝试通过采用不同的极端气温事件定义方式从不同的角度对我国不同地区的极端气温事件变化的特征及影响其变化的因素进行分析和解释<sup>[5-10]</sup>。长春市地处东北松辽平原腹地, 属于大陆季风气候, 四季分明。气候的异常变化, 尤其是极端气温事件对于长春市的生态环境与农业生产均产生了一定的影响。近年来, 长春市的极端天气气候事件发生的频率呈现逐渐增多的趋势, 其中以极端气温事件表现突出, 如 2007 年高温热浪、2010 年初夏的异常高温以及 2012 年年初和年末出现的 2 次严寒等。因此, 对发生在长春地区的极端气温事件进行分析是非常有必要的。笔者利用 1963 ~ 2012 年长春市最高和最低气温资料, 探讨了 50 年来长春市极端气温事件的变化趋势及年代际空间演变特征, 以期对相关农业生产以及短期气候趋势预测和气象防灾减灾提供一定的参考依据。

## 1 资料与方法

**1.1 资料选取** 采用的资料是长春市气象探测中心 1963 ~ 2012 年逐日最高、最低气温资料, 气候平均态为 1983 ~

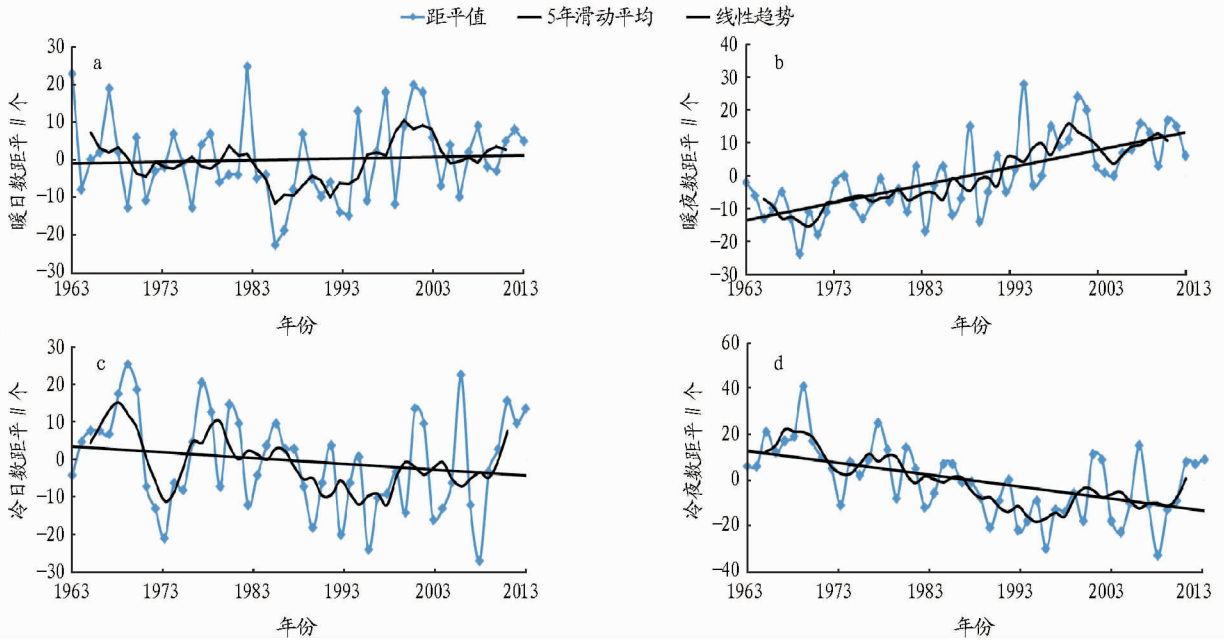
2012 年 30 年平均值。

**1.2 分析方法** 针对吉林省长春市 50 年的逐日最高、最低气温资料, 采用百分位阈值法<sup>[11]</sup>来定义暖日、暖夜、冷日、冷夜的相关标准, 即将 1963 ~ 2012 年逐日的最高(最低)气温资料按照从小到大的顺序进行排序, 取其中的第 90 百分位的值作为暖日(暖夜)阈值, 超过 90% 阈值的日数, 定义为暖日(暖夜)数; 取第 10 百分位的值作为冷日(冷夜)阈值, 小于 10% 阈值的日数, 定义为冷日(冷夜)数。暖日(暖夜)数、冷日(冷夜)数之间相互的变化直接反映极端气温事件的变化情况。采用累计距平和线性回归方法对长春市极端气温事件的变化趋势进行分析<sup>[10]</sup>; 采用非参数 Z 统计量检验法对趋势系数进行显著性检验; 针对极端气温事件变化的突变或转折采用 Mann-Kendall(M-K)方法<sup>[12]</sup>进行检验。

## 2 结果与分析

**2.1 极端气温事件的变化趋势** 由图 1 可见, 1963 ~ 2012 年长春市暖日和暖夜均呈上升趋势, 但暖日增加趋势不如暖夜增加趋势明显, 暖日和暖夜的线性变化趋势分别为 1.44、5.50 个/10a, 50 年来暖日和暖夜分别增加 5.2、26.4 个; 冷日和冷夜则呈现一致的下降趋势, 下降速率分别为 1.61、5.35 个/10a, 50 年来长春的冷日和冷夜分别减少 8.0、25.7 个。采用非参数 Z 统计量检验法针对暖日、暖夜、冷日、冷夜距平变化趋势的显著性进行检验, 假定  $\alpha = 0.05$ ,  $Z_{0.05} = 0.19$ , 其中  $|Z_{\text{暖日}}| = 0.20$ 、 $|Z_{\text{冷日}}| = 0.24$ 、 $|Z_{\text{暖夜}}| = 0.50$ 、 $|Z_{\text{冷夜}}| = 0.38$ , 可见暖日和冷日变化的显著性不如暖夜和冷夜的明

显。此外还发现夜间气温的异常变化幅度大于白天的,暖夜 增加幅度大于暖日的、冷夜减少幅度明显多于冷日的。



注:a. 暖日数;b. 暖夜数;c. 冷日数;d. 冷夜数。

图1 1963~2012年长春市暖日(夜)、冷日(夜)数距平年变化及线性趋势

## 2.2 极端温度事件的变化特征

### 2.2.1 年代际变化。

**2.2.1.1 暖日。**由图1a可见,1963~2012年长春市暖日在20世纪90年代之前负距平多于正距平,即少暖日多于多暖日,90年代以后多暖日才开始增加,并逐渐呈现出多暖日与少暖日交替出现的情况;从5年滑动平均曲线来看,暖日在20世纪60~70年代少暖日和多暖日的出现次数基本持平,70年代中期~90年代初期多暖日减少,少暖日突然增加,90年代中期~21世纪初期多暖日开始增多,并呈现出多暖日、少暖日交替出现的现象,但比较而言暖日的变化呈现明显增多趋势,21世纪初至今暖日的变化趋势则呈现明显增加。M-K突变检验(图2a)发现,暖日UF线从90年代后期开始上升,但并没有超过临界值,且存在多个转折点,说明了暖日变化存在转折点。5年滑动平均线在1997年后暖日数突然增加到2002的减少再到2007的增加,这也进一步印证转折点的存在。分析转折点前后的暖日数平均值发现,1963~1996年暖日数的平均值为35.7个,1997~2001年平均为47.6个,2002~2006年平均为36.6个,2007~2012年平均为39.6个,可见暖日的变化自90年代后期开始有明显增加的趋势,且逐渐呈现出多暖日、少暖日交替出现的变化特征。

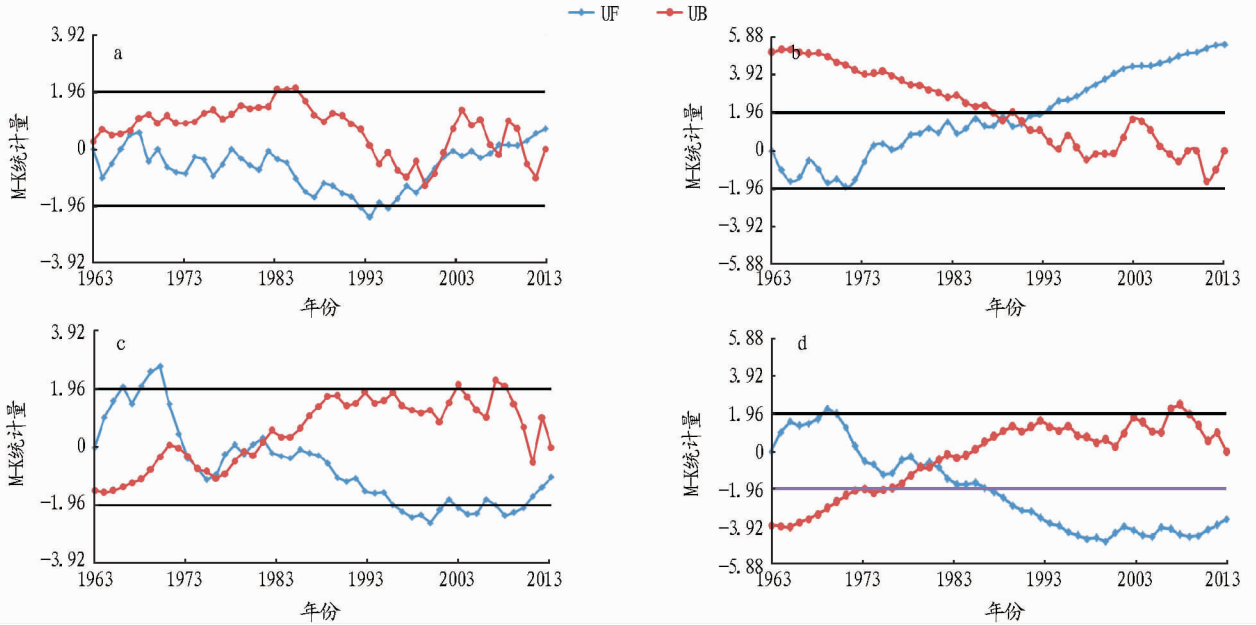
**2.2.1.2 暖夜。**图1b显示,近50年长春市暖夜的增加趋势明显,20世纪60~80年代中期暖夜的距平值一直处于负相位,从80年代后期开始暖夜开始逐渐增多,90年代~21世纪以来暖夜的距平则处于正相位。M-K突变检验发现(图2b),在70年代中前期UF线一直在零线以下震荡,并在70年代初期达到最低点,70年代中期开始UF线开始迅速上升并在1993年左右超过临界值;暖夜变化的突变点出现在1990年左右,突变前后平均值分别为30.5和46.3个,前后

对比暖夜增加了15.8个。进一步分析各个阶段平均值发现,1963~1990年平均值为30.5个,1991~1993年为39.0个,1994~2012年为48.2个,突变点和突破临界值后平均值相对突变点之前分别增加了8.5、17.7个。此外,暖夜在70年代中期呈现增加趋势,突变点后暖夜较之前的增加速度明显增快,尤其在突变点以后的暖夜数增加更加显著。综合暖夜距平值和M-K统计量分析发现暖夜具有明显的先减后增的变化特征,从变化趋势上来看,暖夜数在70年代中期开始增加,90年代突变以后至21世纪暖夜的增速加快明显。

**2.2.1.3 冷日、冷夜。**与暖日(夜)变化特征相比,冷日和冷夜的变化趋势相对比较一致,呈现出由多冷日(冷夜)与少冷日(冷夜)交替出现逐渐转变成少冷日(冷夜)多于多冷日(冷夜)的变化特点。冷日的距平值在20世纪60~70年代初处在正相位,70年代初~80年代初期由高到低、由低到高变化幅度剧烈,且变化周期较短;80年代初期~80年代后期逐渐变为多冷日、少冷日交替出现,80年代后期~21世纪前10年冷日的变化呈现快速下降的特点,近些年冷日重新出现增加的趋势,但冷日的整体变化趋势仍然是下降的。冷夜的变化与冷日的相近,在60~70年代冷夜数在多年平均以上持续波动,变化不大,70年代中期~21世纪前10年则呈现由多冷夜、少冷夜交替出现向多冷夜减少、少冷夜增加的趋势变化,近年来冷夜数也呈现出增加的趋势,但整体趋势仍然是下降的。由图1c、d可见,冷日和冷夜的变化幅度很大,即前一年冷日、冷夜处在正相位变化,整体气温降低明显,而第二年冷日、冷夜则突然震荡变化到负相位,增温趋势明显。突变检验(图2c、d)发现,冷日冷夜存在突变但并不明显,冷日和冷夜的UF线均呈下降趋势并超过临界值,说明冷日、冷夜有明显的减少趋势。冷日1977~1980年间UF

线呈现上升趋势,1963~1971 年冷日平均值为 45.9 个,1972~1976 年为 28.4 个,1977~1980 年为 47.5 个,1981~2012 年为 34.3 个,可见 1972~1976 年的冷日数相对于 1963~1971 年减少 17.5 个;1977~1980 年相对于 1972~1976 年冷日数增加 19.1 个;1981~2012 年冷日数比 1977~1980 年减

少 13.2 个。冷夜的突变点是 1981 年左右,1981 年前后冷夜均值分别是 48.4 和 29.9 个,冷夜数前后相比减少 18.5 个。另外冷日和冷夜的 UF 线还显示出在最近几年里冷日冷夜均呈现出一定的增加趋势,这种趋势值的关注,尤其是在冬季可能发生的极端低温事件。



注:a. 暖日数;b. 暖夜数;c. 冷日数;d. 冷夜数。2 条直线表示显著水平  $\alpha=0.05$  的临界值  $U(U = \pm 1.96)$ 。

图 2 1963~2012 年长春市暖日(夜)、冷日(夜)数的 M-K 突变检验

表 1 1963~2012 年长春四季暖日(暖夜)、冷日(冷夜)气候倾向率  
个/10a

季节	暖日	暖夜	冷日	冷夜
春季	0.69	1.04	-0.09	-1.11
夏季	-0.05	1.86	-0.91	-2.27
秋季	1.11	1.03	-0.35	-1.04
冬季	0.87	1.84	-0.60	-2.64
全年	1.44	5.50	-1.61	-5.35

2.2.2 季变化。分析 1963~2012 年长春市四季暖日、暖夜、冷日和冷夜线性趋势(表 1)可知,近 50 年长春市暖日数在夏季呈现下降趋势,但趋势并不明显,春季、秋季、冬季均呈现增加趋势,增加最显著的是秋季,其次是冬季;春、夏、秋、冬四季的暖夜呈现一致的上升趋势,增加最显著的是夏季,其次是冬季;冷日和冷夜在春、夏、秋、冬季均呈显著下降的趋势,夏季下降速率最大。除夏季暖日以外,其他气候倾向率均可以通过非参数 Z 统计量检验法  $\alpha=0.05$  的显著性检验。

2.2.3 月变化。分析 1963~2012 年长春市逐月暖日、暖夜、冷日和冷夜线性变化趋势(表 2)可知,暖日数除了在 7 月呈现下降趋势以外,其他月份均呈一致的上升趋势,暖夜各月呈现一致的上升趋势;冷日与冷夜则呈现一致的下降趋势,其中冷夜的下降趋势明显大于冷日的。进一步分析(表 2)发现,暖日在 2 月增加最为显著,9、4 和 8 月次之;暖夜在 6 月增加最为显著,9、2 和 7 月次之;冷日减少最为显著的月份是 2 月,其次是 8 月;2 月的冷夜减少最为显著,6 月次之。

由此可知,长春的 2 月气温变化十分显著,暖日增加和冷日、冷夜的减少最为明显,气候倾向率分别高达 0.77、-0.61、-1.22 个/10a,6 月的夜间增温最为明显,气候倾向率为 1.32 个/10a。

表 2 1963~2012 年长春逐月暖日(暖夜)、冷日(冷夜)气候倾向率  
个/10a

月份	暖日	暖夜	冷日	冷夜
1	0.09	0.69	-0.21	-1.08
2	0.77	0.99	-0.61	-1.22
3	0.13	0.61	-0.25	-0.69
4	0.39	0.72	-0.23	-0.65
5	0.33	0.77	-0.15	-0.97
6	0.19	1.32	-0.28	-1.15
7	-0.29	0.99	-0.10	-0.80
8	0.34	0.79	-0.55	-0.96
9	0.68	1.03	-0.38	-0.76
10	0.08	0.77	-0.15	-0.76
11	0.08	0.49	-0.12	-0.44
12	0.07	0.31	-0.08	-0.57

### 3 结论与讨论

(1)1963~2012 年长春市暖日和暖夜呈现显著上升趋势,50 年来分别增加 5.2 和 26.4 个;冷日(冷夜)数则呈现下降的趋势,50 年来分别减少 8.0 和 25.7 个;暖夜增加、冷夜减少幅度大于暖日增加、冷日减少幅度,说明在长春市气温变化过程中,夜间温度的变化幅度大于白天温度的变化幅

度,即夜间气温的增温对于气温增加的贡献更大。

(2)近 50 年长春市暖日、暖夜、冷日、冷夜具有明显的阶段性特征。暖日和暖夜由阶段性先减后增,逐渐转换为多暖日(暖夜)、少暖日(暖夜)交替出现,整体呈上升趋势;冷日与冷夜的变化特征相近,即前期偏多,之后逐步转为多冷夜、少冷夜交替出现,再向减少的趋势变化,近年来开始呈现出增加的趋势,但整体的趋势仍是下降的。暖日、暖夜、冷日及冷夜具有一定的突变特征,暖日、暖夜在 20 世纪 90 年代以后具有显著的增加趋势,冷日、冷夜则在 80 年代中期显著地减少。

(3)近 50 年长春市暖日数增加最显著的季节是秋季,其次是冬季;暖夜数增加最显著的季节是夏季,其次是冬季。冷日数减少的季节主要是夏季,冬季冷夜数减少最为明显。四季均在变暖,但以冬季变暖最明显。气温变化最显著的月份是 2 月,2 月暖日数的增加和冷日数、冷夜数的减少最为明显,暖夜数在 6 月变化最显著。

(4)笔者认为造成的长春市气温异常事件发生的根本原因在于大气环流的异常变化。以冬季为例,主要影响长春市冬季气温变化的是 500 hPa 的东亚大槽和 850 hPa 的风场变化。其中相关研究表明,500 hPa 的东亚大槽位置出现东移,使得长春地区处于高压脊区内,更多受到西南暖湿气流的影响;在 850 hPa 的风场减弱,往往仅受贝加尔湖的西北气流影响,冷空气减弱<sup>[13]</sup>。此外,北极涛动指数(AO)的异常变化对

于整个北半球的环流形式有明显影响,尤其是对北半球冬季的气温和降水有着明显的影响。AO 指数的异常变化使得冬季的极端温度事件频发。其中 AO 指数具体对长春市的极端气温变化存在怎样的影响有待考证,而对于造成长春市极端气温变化的更深层原因和相关机理仍然有待进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 丁一汇,任国玉. 中国气候变化科学概论[M]. 北京:气象出版社,2008.
- [2] 胡宜昌,董文杰,何勇. 21 世纪初极端天气气候事件研究进展[J]. 地球科学进展,2007,22(10):1067-1075.
- [3] 王冀,江志红,宋洁. 基于全球模式对中国极端气温指数模拟的评估[J]. 地理学报,2008,63(3):227-236.
- [4] 姜德君,李治民,王冀,等. 近 50 年齐齐哈尔市极端气候事件分析[J]. 黑龙江气象,2009,26(1):6-9.
- [5] 秦丽,张立凤,骆凯. 近 48 年台北市气温的小波分析[J]. 气象与环境科学,2010,33(2):59-62.
- [6] 宋轩,段金龙,杜丽平. 城市热岛效应研究概况[J]. 气象与环境科学,2009,32(3):68-72.
- [7] 陈怀亮,张红卫,薛昌颖. 中国极端天气事件与农业气象服务[J]. 气象与环境科学,2010,33(3):67-77.
- [8] 杨萍,刘伟东,侯威. 北京地区极端温度事件的变化趋势和年代际演变特征[J]. 灾害学,2011,26(1):60-64.
- [9] 许国宇. 1951-2009 年冬季北京极端低温事件变化分析[J]. 气象与环境科学,2011,34(1):23-26.
- [10] 汪宝龙,张明军,魏军林,等. 1960-2009 年青海省极端气温事件的变化特征[J]. 中国农业气象,2012,26(1):6-9.
- [11] 潘晓华,翟磊茂. 气温极端值的选取与分析[J]. 气象,2002,28(10):28-31.
- [12] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 3 版. 北京:气象出版社,2009.
- [13] 高峰,隋波. 1951-2008 年东北地区冬季气温变化及环流场特征[J]. 气象与环境学报,2001,27(4):12-16.

(上接第 10668 页)

年后,根据雌雄鉴别方法选择出的性腺发育良好的个体,保证卵子质量,以提高受精率及孵化率。②受精卵的培育密度要适当降低,以免卵大量积压,导致卵膜破裂,滋生水霉。大量死卵的水霉爆发可能性更大。

总之,在人工繁殖条件下,白斑狗鱼由鱼种经池塘培育成亲鱼,经适当暂养进行人工授精,其受精率为 73.3%,孵化率为 48.5%。培育出 30 000 尾正常夏花鱼苗。掌握了一整套可行的亲鱼培育,人工授精,人工孵化,鱼苗鱼种培育的白斑狗鱼人工繁殖技术。这表明白斑狗鱼在东北地区的人工繁殖在技术上是可行的,为东北地区大规模养殖白斑狗鱼所需的苗种来源提供了技术保障。

#### 参考文献

- [1] 金万昆. 淡水养殖鱼类种质资源库[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2011:247-256.
- [2] 罗建仁,白俊杰,朱新平. 水产生物繁育技术[M]. 北京:化学工业出版社,2011:9-49.
- [3] 乔德亮,李思发,凌去非,等. 白斑狗鱼胚胎和卵黄囊期仔鱼的研究[J]. 上海水产大学学报,2005,14(1):12-18.
- [4] 齐遵利,张秀文,韩叙,等. 温度对白斑狗鱼胚胎发育的影响[J]. 淡水渔业,2010,40(4):76-79.
- [5] 长江水产研究所. 家鱼人工繁殖技术[M]. 北京:农业出版社,1984:88-108.
- [6] 刘筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京:农业出版社,1993:81-93.
- [7] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展[J]. 水产学报,1991,15(4):348-358.
- [8] 杜劲松,海萨,苏德学,等. 白斑狗鱼胚胎和仔鱼发育的研究[J]. 水生生物学报,2004,28(6):629-634.