

刘斌,任传友,王艳华. 基于农业气候相似原理的沈阳地区不同熟期水稻品种搭配策略[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):102-105.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.027

基于农业气候相似原理的沈阳地区 不同熟期水稻品种搭配策略

刘斌,任传友,王艳华

(沈阳农业大学农学院,辽宁沈阳110866)

摘要:针对水稻生产中对品种搭配决策服务的迫切需求,应用铁岭、沈阳和盘锦地区1951—2014年温度资料和1992—2011年水稻产量数据,分析持续低温指数和水稻产量的变化特征。基于农业气候相似原理进行引种,通过持续低温指数估算中熟、中晚熟偏早型、中晚熟品种的水稻期望产量,并制定沈阳地区不同熟期水稻品种搭配策略。结果表明:3个地区持续低温指数均呈现出明显降低趋势,铁岭、沈阳、盘锦地区的降低幅度分别为12.4、4.9、11.1 d/10年;1992—2011年,铁岭、沈阳、盘锦地区的持续低温指数均呈现5年的周期振荡,铁岭和盘锦地区还呈现10年的周期振荡;水稻产量的波动变化具有明显的持续低温指数的周期变化特征。在85%保证率下,确定2016—2050年每5年为1个时段不同熟期水稻品种的搭配比例,2016—2020年、2021—2025年、2026—2030年、2031—2035年、2036—2040年、2041—2045年、2046—2050年中熟、中晚熟偏早型、中晚熟品种所占比例分别约为:11.4%、28.8%、59.8%、15.4%、23.8%、60.8%、15.8%、23.2%、61.0%、12.6%、27.6%、59.8%、18.2%、19.6%、62.2%、14.2%、25.4%、60.4%、19.6%、17.0%、63.4%。

关键词:品种搭配;水稻产量;持续低温指数;气候相似原理

中图分类号: S511.037 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0102-04

尽管农业技术的进步已经显著提高了作物生产系统的生产力,但当今和未来气候变化仍严重威胁着作物生产力的稳定性和粮食安全^[1]。2007年第4次联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估报告指出,过去的50年,中高纬度地区作物生长期延长,春播提前。全球气候变暖会使中高纬度地区某些谷类作物的产量增长^[2]。在粮食产量供需增加以及可以耕作土地面积减小的背景下,为了减轻气候变化对农业生产系统带来的负面影响,或促进气候变化带来的潜在正面影响,人类必须寻求有效的适应性选择策略来应对气候变化,以确保粮食安全。

根据农业气候相似原理,在热量条件得到改善的地区,可引种偏晚熟品种,进而提高水稻产量。农业气候相似不仅包括气候平均状态的相似,也包括极端气候的相似。在当前东北地区热量条件得到改善的情况下,近些年东北地区作物结构和品种布局有了较大的调整,水稻面积及其偏晚熟品种不断向北部和东部扩展,水稻大范围延迟型冷害发生频率有所下降^[3]。但是,障碍型冷害呈现频繁而且严重的趋势^[4],且进入2000年以后,东北地区的冷害事件呈增多趋势^[5],2001—2010年吉林南部和辽宁局部地区在孕穗期、抽穗期的

低温冷害发生的次数较前1个10年明显增多^[6],其中2009年损失最为严重^[7]。当前东北地区引种偏晚熟的水稻品种,更多地是从平均热量条件改善的角度考虑引种的可行性,忽略了低温事件的影响,这是导致当前该地区水稻冷害事件增加的一个重要原因。

由于气候在变暖的同时,其时空波动也在加剧,遭遇严重的低温冷害年将使农作物的晚熟品种不能正常成熟,从而造成产量下降和品质变差^[8],对粮食生产的稳定和安全构成严重的威胁。科学合理地搭配不同熟期水稻品种,是充分利用热量资源、规避低温冷害影响、降低引种气候风险的重要措施之一。基于农业气候相似原理,本研究以辽宁省铁岭、沈阳和盘锦地区的水稻产量数据作为当前气候情景下沈阳地区栽种的中熟、中晚熟偏早型和中晚熟品种的代表,评价低温冷害对不同地区水稻(即沈阳地区的不同熟期水稻)产量的影响,制定沈阳地区不同熟期水稻品种搭配比例。研究结果可为指导沈阳地区的水稻生产提供新的技术途径。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究应用的气象资料为铁岭、沈阳和盘锦地区1951—2014年的日平均气温和日最低气温数据(资料来源于中国气象科学数据共享服务网)和上述3个地区的1992—2011年水稻单产数据(资料来源于辽宁省农业统计年鉴)。

1.2 试验与设计

当前沈阳地区栽种的水稻品种主要为以沈农265、沈农8801、辽星1号为代表的中晚熟偏早型水稻品种,铁岭地区主要为以铁粳7号、铁粳11号、铁粳12号为代表的铁粳系列中

收稿日期:2016-03-27

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201124)。

作者简介:刘斌(1990—),男,辽宁沈阳人,硕士研究生,主要从事应用气象学研究。E-mail:523707680@qq.com。

通信作者:任传友,博士,副教授,主要从事农业气象灾害研究, E-mail:renchuanyou0412@sina.com;王艳华,博士,讲师,主要从事农业气象灾害及其防御研究, E-mail:yanhuawang999@sina.com。

熟品种,盘锦地区为以盐丰47、沈农606、沈农9816为代表的中晚熟品种。如图1所示,1981—2010年间,沈阳与铁岭、盘锦两地的年平均气温的差值介于0.94~1.26之间,沈阳地区年平均气温的标准差为0.58℃。沈阳地区的年平均气温服从正态分布,0.05的置信水平可引起沈阳地区平均温度约1.14℃的改变,该数值同沈阳与铁岭、盘锦年平均气温差值的量级相当。根据文献及相关的统计数据,沈阳地区约有30%的年份存在不同程度的水稻低温冷害(其中严重冷害约占5%,一般冷害约占25%),本研究将沈阳地区分别按照30%、40%、30%的概率分为低温、正常、高温3类年景,将铁岭和盘锦地区分别按5%、25%、40%、25%、5%的概率分为严重低温、一般低温、正常、一般高温、严重高温5类年景。基于农业气候相似原理,就可得到沈阳地区种植的不同熟期水稻品种在低温、正常和高温年景的产量数据(具体的对应关系见表1)。

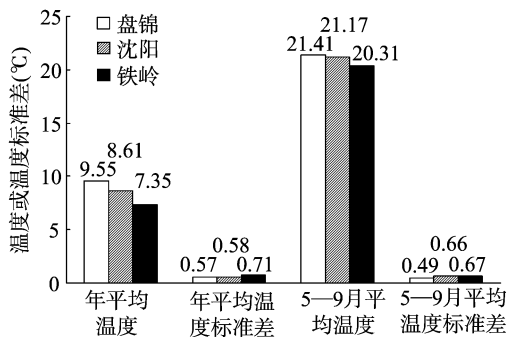


图1 铁岭、沈阳和盘锦地区1981—2010年温度状况

表1 基于农业气候相似原理的沈阳地区不同熟期水稻产量数据获得方式

沈阳地区的水稻产量数据获得方式		实际种植地点的水稻产量数据获得方式		
熟期类型	年景类型	实际种植地点	对应的年景类型	该年景类型出现的概率(%)
中熟	低温	铁岭	正常	40
	正常	铁岭	严重高温	25
	高温	铁岭	极端高温	5
中晚熟偏早型	低温	沈阳	低温	30
	正常	沈阳	正常	40
	高温	沈阳	高温	30
中晚熟	低温	盘锦	严重低温	5
	正常	盘锦	一般低温	25
	高温	盘锦	正常	40

同理,按照30%、40%、30%的概率分别将冷害指标分为高、中、低3个级别,并按正态分布规律推算出各级别冷害指标的临界值,根据临界值确定某一年冷害指标属的级别。

1.3 研究方法

1.3.1 水稻产量的分离方法 一般将作物的总产量分解成趋势产量、气象产量和随机产量,见式(1):

$$Y = Y_t + Y_c + \Delta \tag{1}$$

式中:Y为单位面积产量,kg/hm²;Y_t为单位面积趋势产量,kg/hm²;Y_c为单位面积气象产量,kg/hm²;Δ为随机误差,一般在实际计算中可不作考虑。

趋势产量主要由社会因素(如生产力水平的改变、品种

的更新等)和气候状况(如气候变暖等)决定,气象产量主要由气候状况年际间的不均一性等自然因素决定(如低温冷害、高温危害、洪涝、干旱等)。根据GB/T 21985—2008《主要农作物高温危害温度指标》估算,沈阳地区水稻高温危害很小,干旱对水稻的影响也可忽略,气象产量主要由低温冷害决定。

1.3.2 冷害指标的选取 持续低温指数(consecutive cold day index,CCDI)定义为1年中(或某个时段,例如5—9月)至少连续3d日最低温度低于该日多年日最低温度平均值5℃的总天数。该项指标具有很好的生物学意义,对东北地区粮食产量也具有很好的低温冷害指示作用^[9]。本研究为使CCDI能兼顾延迟型冷害和障碍型冷害的综合影响,将低温强度降低,并根据研究需要,将上述CCDI的定义修正为某地(铁岭、沈阳或盘锦)1年中至少连续3d日最低温度低于该日沈阳多年日最低温度平均值2℃的总天数。

1.3.3 其他分析方法 气候倾向率定义为预报量随时间变化的一元线性回归方程斜率的10倍^[10],本研究采用气候倾向率评价预报量随时间的变化速率。应用谐波分析方法分析时间序列的周期波动。应用1951—2014年的CCDI统计各个级别的转移概率,按照一阶马尔可夫概型^[11]估算未来某一年CCDI处于高、中、低级别的概率。

2 结果与讨论

2.1 CCDI与水稻产量的变化特征及二者之间的关系

如图2所示,1951—2014年铁岭、沈阳和盘锦地区CCDI均呈现出极显著的降低趋势(P<0.01),气候倾向率分别为12.4、4.9、11.1d/10年,且3个地区CCDI的最低值、最高值分别为29、165、25、149、5、125d,分别出现在2004、1957、1988、1969、1995、1957年,最高值与最低值差值分别为136、124、120d,说明铁岭、沈阳和盘锦地区CCDI的年际间变化差异性很大。然而进入2000年以来,沈阳地区2000—2014年CCDI呈现显著增加趋势(P<0.05),铁岭和盘锦地区2007—2014年CCDI呈增加趋势(P<0.10),表明近些年由于气候波动的加剧,增加了农业生产中遭遇低温冷害的风险。谐波分析表明,铁岭、沈阳和盘锦地区CCDI均呈现出5年左右的周期振荡(P<0.10),铁岭和盘锦地区CCDI还呈现出显著的10年左右的周期振荡(P<0.05)。

应用HP滤波方法^[12]对1992—2011年辽宁省铁岭、沈阳和盘锦地区水稻实际单产进行趋势产量和气象产量的分离,如图3所示。1992—2011年铁岭、沈阳和盘锦地区的趋势产量呈现显著增加的趋势(P<0.05),气候倾向率分别为343.3、379.4、264.8kg/(hm²·10年),铁岭、沈阳、盘锦地区的趋势产量分别可解释实际产量变化的20.1%、25.9%、20.4%信息。趋势产量的预测方程:

$$\begin{aligned} y_{\text{铁岭}} &= 34.328x - 60797; \\ y_{\text{沈阳}} &= 37.94x - 67815; \\ y_{\text{盘锦}} &= 26.482x - 43667. \end{aligned} \tag{2}$$

式中:x为年份。气象产量在0上下波动,年际变化曲线波动的正、负表明气候变化对水稻产量的影响时正时负,曲线波动的范围则表明气候变化对粮食产量贡献率的大小。谐波分析表明,铁岭(P<0.10)、沈阳(P<0.05)地区气象产量存在着明显5年左右的周期变化,与CCDI的年代际变化特征基本一致。

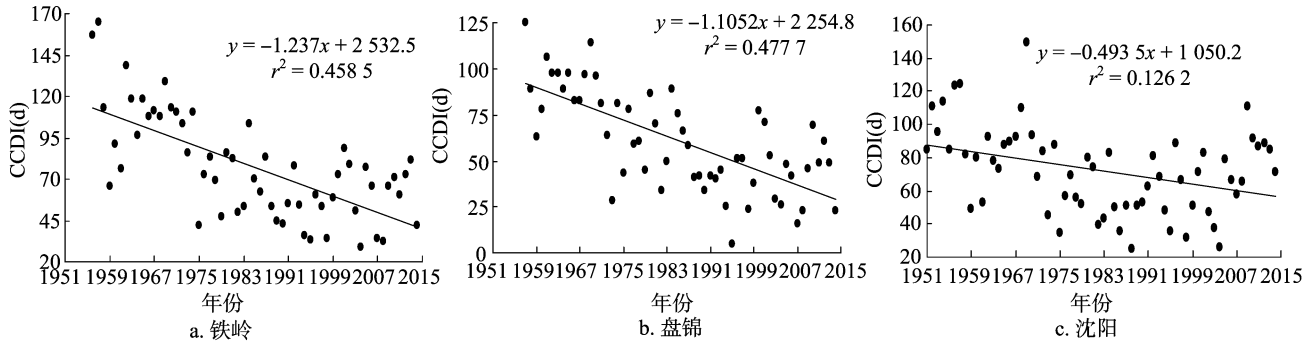


图2 铁岭、沈阳和盘锦地区1951—2014年CCDI的变化趋势

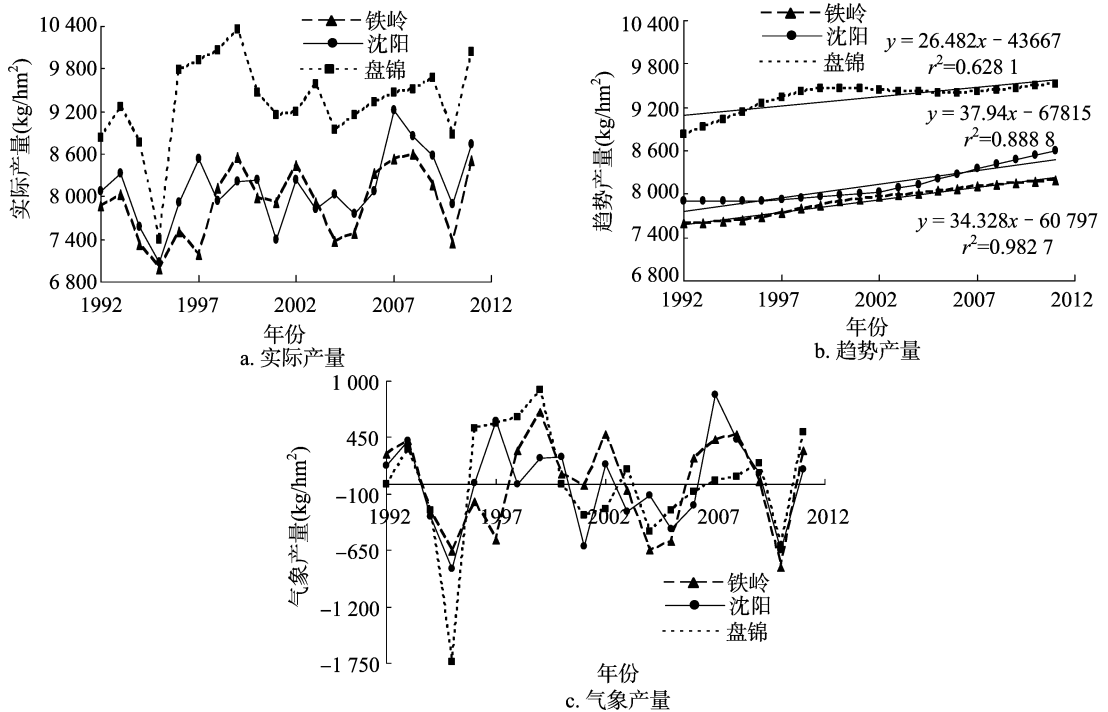


图3 铁岭、沈阳、盘锦地区1992—2011年实际产量、趋势产量、气象产量的变化趋势

王艳华等研究表明,CCDI与辽宁省水稻产量呈负相关关系($P < 0.20$)^[9]。本研究中铁岭、沈阳和盘锦地区水稻产量与CCDI的相关关系并不显著,低于上述研究结论。这与2个方面的因素有关:一是本研究选用的数据为地区空间尺度的数据,与省级空间尺度的水稻产量数据相比,其随机干扰因素更多;二是水稻产量对CCDI的响应关系并非线性的,而是非线性的。本研究将水稻气象产量的分级数据与CCDI的分级数据进行独立性检验,结果表明分级后的气象产量与CCDI存在明显相关关系($P < 0.10$),加上水稻产量的年代际变化特征与CCDI一致,因此铁岭、沈阳和盘锦地区的水稻气象产量明显带有CCDI的信息。

2.2 沈阳地区水稻品种搭配比例

本研究认为,水稻产量的年际波动变化主要归结于CCDI的限制,因此探讨CCDI与水稻产量的关系,实际上是研究CCDI与气象产量的关系。CCDI处于低、中、高3个级别时不同熟期水稻对应的气象产量平均值(kg/hm^2)见表2。可以看出,在中CCDI年份,不同熟期水稻气象产量最高,高CCDI和低CCDI年份均会使其气象产量下降。

为了通过CCDI预测3个品种水稻产量,给出如下公式:

表2 CCDI分级及对应段内平均气象产量

水稻熟期类型	气象产量(kg/hm^2)		
	高CCDI	中CCDI	低CCDI
中晚熟型	-79.18	227.44	-275.17
中晚熟偏早型	-182.92	395.76	-156.31
中熟型	-25.17	95.36	-61.8

$$Y_j = Y_i + Y_c = Y_i + Y_1 \cdot P_1 + Y_2 \cdot P_2 + Y_3 \cdot P_3 \quad (3)$$

式中: Y_j 为不同熟期水稻品种产量, kg/hm^2 ; Y_1 、 Y_2 、 Y_3 分别为不同熟期水稻品种低、中、高等级CCDI对应段内的平均气象产量, kg/hm^2 ; P_1 、 P_2 、 P_3 分别为低、中、高等级CCDI出现的概率(即马尔可夫绝对概率),%。如图4所示,2016—2050年沈阳地区中、高等级CCDI呈降低趋势,低等级CCDI呈增加趋势,表明沈阳地区在未来较长时期内CCDI在逐渐减小。沈阳地区水稻期望产量及搭配比例方程:

$$Y_{\text{exp}} = Y_a \cdot C_1 + Y_b \cdot C_2 + Y_c \cdot C_3 \quad (4)$$

式中: Y_{exp} 为沈阳地区未来时期水稻期望产量, kg/hm^2 ; Y_a 、 Y_b 、 Y_c 分别为中熟、中晚熟偏早型、中晚熟水稻品种产量, kg/hm^2 ; C_1 、 C_2 、 C_3 分别为中熟、中晚熟偏早型、中晚熟品种水稻的种植比例,%。在85%保证率下制定沈阳地区不同熟期

水稻品种的搭配比例。由图5可见,将2016—2050年的搭配比例按每5年为1个时段作规划,2016—2020年、2021—2025年、2026—2030年、2031—2035年、2036—2040年、2041—2045年、2046—2050年沈阳地区中熟、中晚熟偏早型、中晚熟品种所占比例分别约为:11.4%、28.8%、59.8%、15.4%、

23.8%、60.8%、15.8%、23.2%、61.0%、12.6%、27.6%、59.8%、18.2%、19.6%、62.2%、14.2%、25.4%、60.4%、19.6%、17.0%、63.4%。2016—2050年沈阳地区多以种植中晚熟品种水稻为主、中晚熟偏早型品种水稻为辅,这也符合目前辽宁省水稻种植区域内的种植情况。

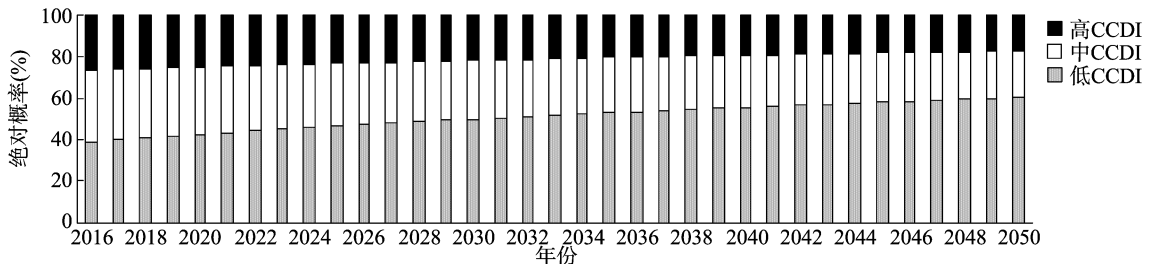


图4 沈阳地区2016—2050年低、中、高等级CCDI的概率

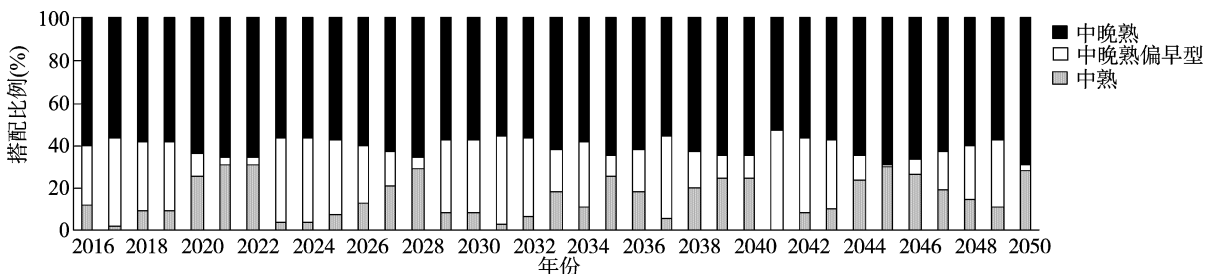


图5 沈阳地区2016—2050年中熟、中晚熟偏早型、中晚熟品种的搭配比例

3 结论

本研究根据1951—2014年铁岭、沈阳、盘锦地区日平均温度、日最低温度数据和1992—2011年水稻产量数据,基于农业气候相似原理,通过CCDI预测沈阳地区水稻期望产量,制定沈阳地区不同熟期水稻品种搭配策略,主要研究结论如下。(1)铁岭、沈阳、盘锦地区CCDI均呈现出极显著的降低趋势($P < 0.01$),铁岭、沈阳、盘锦地区的降低幅度分别约为12.4、4.9、11.1 d/10年。1992—2011年铁岭、沈阳、盘锦地区的CCDI均呈现5年的周期振荡($P < 0.10$),其中铁岭、盘锦地区还呈现10年的周期振荡($P < 0.05$)。(2)1992—2011年铁岭、沈阳、盘锦地区水稻趋势产量呈现显著增加趋势($P < 0.01$),每10年增加幅度分别约为343.3、379.4、264.8 kg/hm²,3个地区趋势产量与实际产量均呈现显著相关关系($P < 0.05$)。铁岭地区气象产量明显存在着5年左右的周期变化($P < 0.10$),沈阳地区气象产量存在着明显5年左右的周期变化($P < 0.05$),盘锦地区气象产量周期变化并不显著。气象产量的周期变化具有明显的CCDI周期变化信息。(3)在85%保证率下,每5年制定沈阳地区不同熟期水稻品种搭配策略,2016—2020年、2021—2025年、2026—2030年、2031—2035年、2036—2040年、2041—2045年、2046—2050年中熟、中晚熟偏早型、中晚熟品种所占的比例分别约为11.4%、28.8%、59.8%、15.4%、23.8%、60.8%、15.8%、23.2%、61.0%、12.6%、27.6%、59.8%、18.2%、19.6%、62.2%、14.2%、25.4%、60.4%、19.6%、17.0%、63.4%。

参考文献:

[1] 林尔达,吴绍洪,戴晓苏,等. 气候变化影响的最新认知[J]. 气

候变化研究进展,2007,3(3):125-131.

- [2] 杨晓光,刘志娟,陈 阜. 全球气候变暖对中国种植制度可能影响 I. 气候变暖对中国种植制度北界和粮食产量可能影响的分析[J]. 中国农业科学,2010,43(2):329-336.
- [3] 方修琦,王 媛. 气候变暖的适应行为与黑龙江省夏季低温冷害的变化[J]. 地理研究,2005,24(5):673-680.
- [4] 王绍武,马树庆,陈 莉,等. 低温冷害[M]. 北京:气象出版社,2009:23-40.
- [5] 王艳华,任传友,刘 刚,等. 东北地区不同季节持续低温指数时空变化特征及其对区域变暖化的响应[J]. 资源科学,2013,35(5):1016-1023.
- [6] 胡春丽,李 辑,林 蓉,等. 东北水稻障碍型低温冷害变化特征及其与关键生育期温度的关系[J]. 中国农业气象,2014,35(3):323-329.
- [7] 马树庆,王 琪. 2009年吉林省农业气象灾害及其对粮食生产的影响[J]. 吉林农业科学,2010,35(1):49-52.
- [8] 姚佩珍. 近四十年东北夏季低温冷害的气候特征[J]. 灾害学,1995,10(1):51-56.
- [9] 王艳华,任传友,韩亚东,等. 东北地区活动积温和极端持续低温的时空分布特征及其对粮食产量的影响[J]. 农业环境科学学报,2011,30(9):1742-1748.
- [10] 蔡 福,张淑杰,于贵瑞,等. 基于空间化技术对中国近50年平均气温时空演变特征的研究[J]. 高原气象,2006,25(6):1168-1175.
- [11] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2004:239-243.
- [12] 杨建辉,张然欣. 基于HP滤波法和GARCH模型的股票价格趋势预测[J]. 统计与决策,2012(7):111-113.