

气候变化对宿州市夏粮产量的影响

王琳佳, 许永姿 (安徽省宿州市灵璧县气象局, 安徽宿州 234200)

摘要 [目的]研究气候变化对宿州市夏粮产量的影响。[方法]利用 1982~2014 年宿州降水量、气温观测资料和夏粮产量资料,采用 M-K 检验、灰色关联、GM(1,1) 模型等方法,通过计算气候产量来评估一定时间尺度上气候变化对宿州夏粮生产的影响。[结果]1982~2014 年宿州市夏季粮食生产时间段(6~9 月)的气温处于持续上升的趋势,并在 1993 年气温发生突变,在 1996 年以后显著上升;夏粮生产期的降水则呈现波动上涨趋势。通过相关分析,选取气温作为主要气候因子分析夏粮气候产量变化。近 33 a 来宿州市夏粮产量不断增长,利用 GM(1,1) 模型计算期间趋势产量,研究气候因子对气象产量的影响发现,随着夏粮单产的显著增加,气候变化给宿州夏粮生产带来的损失也越来越大。[结论]该研究为宿州市夏粮生产提供理论依据。

关键词 宿州;夏粮;气候变化;GM(1,1) 模型;气候产量

中图分类号 S162 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)18-175-03

The Impact of Climate Change on Summer Grain Yield of Suzhou City

WANG Lin-jia, XU Yong-zi (Lingbi Meteorological Bureau, Suzhou, Anhui 234200)

Abstract [Objective] To research the effects of climate change on summer grain yield of Suzhou City. [Method] We adopted the precipitation, temperature observation data and summer grain yield of Suzhou City from 1982 to 2014. M-K test, grey correlation, GM(1, 1) model were used to calculate the effects climate yield, so that the impacts of climate change in certain time scale on summer grain yield of Suzhou City was evaluated. [Result] Temperature of summer grain production period (June-September) was in a rising trend in Suzhou City from 1982 to 2014. Temperature changed suddenly in 1993, and then enhanced significantly after 1996. Precipitation in summer grain production period showed increasing trend with fluctuation. Correlation analysis showed that temperature was selected as the major climate factors to analyze the climate yield change of summer grain. In the past 33 years, summer grain yield kept increasing. Yield trend in this period was calculated by GM (1, 1) model. Research on the impacts of climate factor on meteorological yield showed that with the significant increase of unit yield of summer grain, climate change brought more and more loss for the summer grain production of Suzhou City. [Conclusion] This research provides theoretical foundation for the summer grain production of Suzhou City.

Key words Suzhou; Summer grain; Climate change; GM (1, 1) model; Climate yield

根据 IPCC 第四次评估报告,全球地表气温在过去 100 a 上升了 0.74 ℃,如果不采取措施,这一增长将继续增加。尽管气候变化是在一个较长时期内发生的变化,但它从各方面影响着人类社会的生存和发展。由于气候变化的复杂性、多样性和全面性,气候变化已逐渐成为 21 世纪最棘手的挑战之一^[1]。越来越多的学者表示必须尽快重视气候变化带来的影响,并做出应对之策来减轻气候变化带来的影响。

农业对气候变化非常敏感,是受气候变化影响最大的行业之一^[2-3];气候始终是影响农业生产的首要决定因子^[4],全球绝大部分农业生产直接受控于气候要素和气候系统^[5-6]。宿州市位于安徽省东北部,东与江苏淮安接壤,南依蚌埠,西与河南省商丘市、安徽淮北为邻,北与山东省菏泽毗邻,是典型的暖温带半湿润气候,年均降水量 720.9 mm,年均气温 15.3 ℃。宿州是我国重要商品粮生产基地,农业种植制度是一年两熟,冬季主要粮食作物为冬小麦,夏季主要栽培夏玉米、夏大豆和夏甘薯。宿州自然条件适宜农业发展,但处于北亚热带和暖温带的过渡地带,气候资源兼有南北方之利弊,气象灾害多发,粮食产量很不稳定^[7]。宿州夏粮栽种主要在 6 月中上旬~9 月下旬,正处于宿州雨季,涝渍灾害频发,特别是近些年来全球变暖背景下极端天气事件频发,这对宿州粮食生产带来了极大的挑战。该研究是在气象要素存在趋势性变化的前提下,通过计算气候产量来评估

一定时间尺度上气候变化对宿州夏粮生产的影响。

1 资料与方法

1.1 资料来源 选用宿州、灵璧和泗县 1982~2014 年降水量和气温资料,用其平均值代表夏粮主要产区气候,夏粮产量资料利用宿州市统计局统计年限资料。

1.2 分析方法 由于粮食生产受到经济生产、技术条件等多方面的影响,研究气候变化对粮食生产的影响,必须直观地体现气候因子对粮食生产的影响,这就需要将气候产量^[8]分解出来。但气候因子存在变化趋势的影响,为了避免常规算法中气候因子的趋势影响,要选取气候因子变化不存在明显变化趋势的时段作为基准时段,这就需要对气候变化趋势进行分析。由于气候突变具有非线性性质,较适宜使用 M-K 检验,在此采用 M-K 检验对宿州气候变化趋势进行分析。同时气候因子包括多种,但只有个别气候因子会对粮食生产产生比较明显的影响,为选取影响力较大的因子,在此采用灰色关联进行相关分析。

关于气候产量的前期研究有很多^[9-12],大部分学者都是根据产量的波动来研究,认为围绕趋势产量上下波动的就是气候产量^[13]。随着时间的发展、研究的深入,有学者开始关注技术发展对粮食产量的影响,将粮食产量分为趋势产量、社会波动产量和气候产量^[14]。但以往的研究中,很多研究忽略了气象要素的趋势变化,这样得出的结果不能准确反映出气候变化对粮食生产的影响,在此采用改进的气候产量计算方法,更好地分离气候变化对夏粮的影响^[15]。其计算公式为:

$$Y = Y_t + Y_w + e \quad (1)$$

基金项目 安徽省 2015 年硕博人才基金项目(RC201519)。

作者简介 王琳佳(1989-),女,江苏南京人,助理工程师,从事气候变化与公共气象、农业气象研究。

收稿日期 2016-04-13

式中, Y 代表夏粮实际产量 (t/hm^2); Y_t 代表趋势产量 (t/hm^2),该研究中 Y_t 代表趋势产量,采用灰色预测模型 GM(1,1)模型进行计算; Y_w 代表气候产量 (t/hm^2); e 代表受随机因素影响的单产产量,在实际计算中忽略不计。为了反映气候因子变化对粮食产量变化的影响程度,引入气候影响系数,该系数用来描述某一时期气候因子对粮食单产的影响水平,表示为^[16]:

$$\alpha = \frac{Y_w}{Y_t} \tag{2}$$

带入(1)式中可得

$$Y_w = \frac{\partial Y}{1 + \partial} \tag{3}$$

再通过公式(2)计算出气候影响因子 α ,即气温影响的产量占趋势产量的比例大小。通过计算可以看出历年气候影响因子序列 α 与相应的气候因子之间有明显的熟练关系,用二次函数表示为:

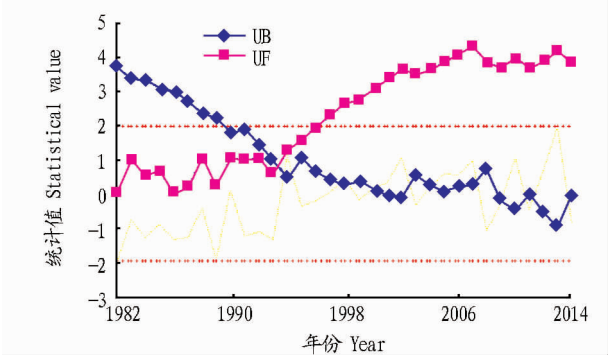
$$\alpha = ax^2 + bx + c \tag{4}$$

式中, x 为气候因子, a 、 b 、 c 为系数。

2 结果与分析

2.1 夏粮区气候变化

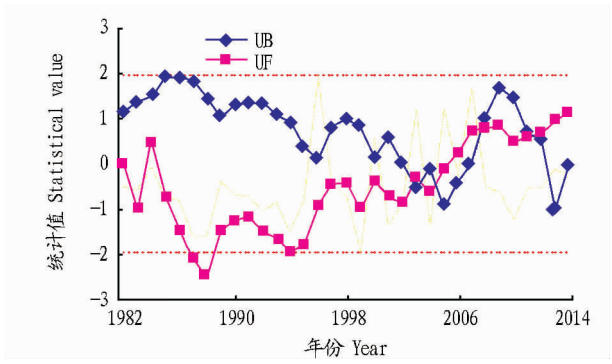
2.1.1 气温变化。宿州夏粮栽种主要是 6 月中上旬~9 月下旬,因此选取 1982~2014 年 6~9 月 4 个月气温求平均值,采用 M-K 突变法对宿州的夏粮区气温进行突变检验。从图 1 可以看出,1982~2014 年宿州市夏粮生产的气温处于上升趋势,在 1993 年气温发生突变,1996 年以后,UF 线超过临界值 1.96(显著水平 $\alpha=0.05$),表明宿州气温上升显著。



注:2 条虚直线代表 $\alpha=0.05$ 的临界线 $U(U=\pm 1.96)$ 。
Note:Two imaginary lines were the critical line $U(U=\pm 1.96)$ of $\alpha=0.05$.

图 1 1982~2014 年宿州 6~9 月平均气温变化
Fig. 1 Average temperature change from June to September in Suzhou City in 1982~2014

2.1.2 降水变化。从图 2 可以看出,近 33 a 来宿州夏粮生产阶段的年降水变化波动较大,UF 线在 2005 年以前基本均处于零线之下,表明降水有所减少,特别是 1987~1988 年,UF 线超过临界值 -1.96(显著水平 $\alpha=0.05$),表明降水显著下降;从 2005 年以后降水增多,但没有超过临界值,表明降水增加并不显著。UF 和 UB 在临界区域内有多个交点,表明降水没有发生突变。



注:2 条虚直线代表 $\alpha=0.05$ 的临界线 $U(U=\pm 1.96)$ 。
Note:Two imaginary lines were the critical line $U(U=\pm 1.96)$ of $\alpha=0.05$.

图 2 1982~2014 年宿州 6~9 月降水量变化
Fig. 2 Changes of precipitation from June to September in Suzhou City from 1982~2014

2.2 气候因子对夏粮产量的影响

2.2.1 选取基准时段。从以上夏粮生产区气温和降水的分析可以看出,20 世纪 80~90 年代宿州市气候(气温、降水)变化均在气候基准时期,且通过对宿州市夏粮单产分析,产量变化平缓,未出现突变,基于以上考虑,选取 1985~1995 作为基准时段。

2.2.2 选取气候影响因子。在基准时间时段内采用 GM(1,1)模型计算趋势产量,从图 3 可以看出,1985~1995 年宿州夏粮生产实际产量散点与趋势线较为匹配($R^2=0.800$),表明点线匹配效果较好,拟合优度高,说明 GM(1,1)模型适用于所研究对象。

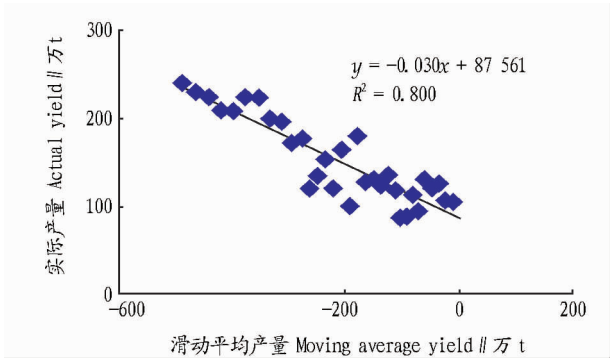


图 3 1985~1995 年宿州市夏粮单产 GM(1,1)模型拟合分析
Fig. 3 Fitting analysis of GM(1,1) model of summer grain unit yield in Suzhou City from 1985 to 1995

利用 GM(1,1)模型计算 1982~2014 年宿州市趋势产量发现,计算出的趋势产量总体趋势与实际产量相符(图 4),个别年份两者重合,而有些年份差距较大,这是气候产量和随机误差造成的。计算出趋势产量后再参考实际单产资料,根据公式(1)算出气候产量(图 5),再利用公式(2)计算出气候影响因子 α ,即气温影响的产量占趋势产量的比例大小。再带入公式(4),计算出二次函数,这里公式(4)中的气候因子通过上文分析,选取夏粮生产阶段的年均气温。

2.2.3 气候产量变化。从宿州市夏粮趋势产量(图 4)可以看出,由于技术发展、品种改良和种植方式的改进等,宿州市

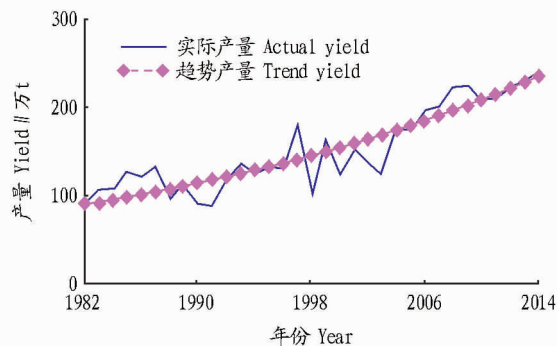


图 4 1982~2014 年宿州市夏粮实际产量和趋势产量

Fig. 4 Actual yield and trend yield of summer grain in Suzhou City from 1982 to 2014

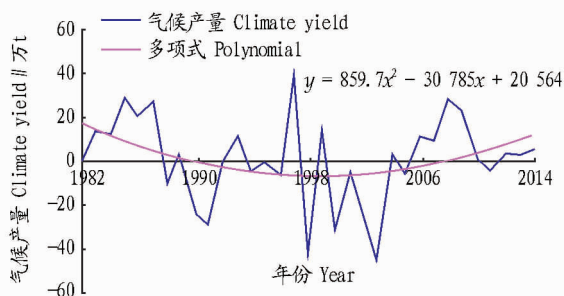


图 5 1982~2014 年宿州市夏粮气候产量

Fig. 5 Climate yield of summer grain in Suzhou City from 1982 to 2014

夏季粮食生产呈现逐年上升趋势,实际单产呈现整体上升,而气候产量与夏粮实际单产变化明显不同,呈一个“U”形变化(图 5),即两头高中间低,可见气候产量呈现了一个先下降后上升的趋势,在 20 世纪 90 年代中后期到 21 世纪初气候产量达到一个低值,这是由于 20 世纪 90 年代中后期频现重大气象灾害,1996 年出现大洪水、持续洪涝灾害,2000 年出现严重的旱灾,总的来看,气候产量呈现一个下降的趋势。

从图 6 可以看出,气温影响夏粮产量的波动幅度较大,在 2004 年之前气候影响因子为 $-30\% \sim 30\%$,1982~1988 年气候变化对夏粮的影响整体是正面的,1988~2003 年气候影响因子普遍为负数,说明气候变化给夏粮生产带来了负面影响,即减产。而 2000 年以后,影响因子呈现出先上升再下降再上升,尽管略有波动,但整体均在零线之上,说明气候影响因子整体带来的影响从现阶段来看是正面的。另一方面,随着实际单产的增加,气候影响因子对夏粮单产的影响越来越大,20 世纪 80 年代夏粮单产仅在 100 万 t 左右,如影响因子是 -10% ,则损失 10 万 t/hm²,而现阶段夏粮单产可达 200 万 t 左右,同样的 -10% 的影响程度,损失则可达 20 万 t/hm²,是原来的 1 倍,说明气候变化对夏粮生产影响愈来愈大。

3 结论与讨论

近 33 a 来宿州市夏季粮食生产时间段(6~9 月)的气温处于持续上升的趋势,并在 1993 年气温发生突变,在 1996 年以后显著上升。夏粮生产期的降水先减少后增多,整体呈现略有上调的趋势,通过对夏粮单产量和夏粮生产期的气温、

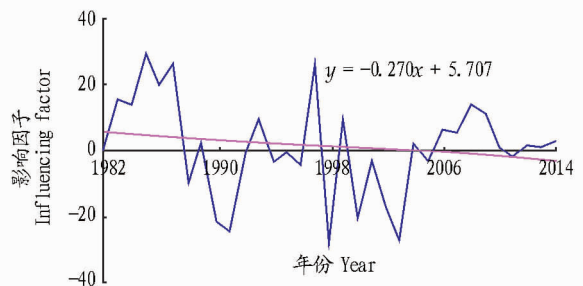


图 6 1982~2014 年宿州市夏粮气候影响因子变化

Fig. 6 Changes of climate influencing factor of summer grain in Suzhou City from 1982 to 2014

降水的相关分析发现,气温变化与夏粮产量关系密切,故选取夏粮生产期的气温作为主要气候因子进行分析。

该研究针对 1982~2014 年宿州市夏粮生产与气候因子(气温)之间的响应和相关分析得出,除了社会发展、品种改良、技术革新等变化给宿州市夏粮产量带来增长,而气候产量与夏粮实际单产变化明显不同,由于遭受到极端天气影响,气候产量呈现了一个先下降后上升的趋势。从总的来看,由于受气候变化影响越来越大,气候产量波动性在 20 世纪 90 年代中后期到 21 世纪初较大,随后趋于平缓,但从整体看来气候产量呈现一个下降的趋势。同时气温造成夏粮产量波动幅度为 $-30\% \sim 30\%$,但随着夏粮单产的显著增加,气候变化给宿州夏粮生产带来的损失也越来越大。

该研究在计算气候变化对夏粮产量影响时,采取了没有突变的时间段作为基准时段,更多地考虑了影响夏粮产量的主要气候要素——气温。但单纯研究气温对夏粮气候产量的影响还是存在一定片面性,应进一步改进算法,综合考虑多种气象要素对夏粮产量的影响,以期更科学地得出气候变化对宿州粮食生产的影响。

参考文献

- [1] 朱世龙. 北京市温室气体排放现状及减排对策研究[J]. 中国软科学, 2009(9): 93-98.
- [2] 杨晓光, 刘志娟, 陈阜. 全球气候变化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] WANG J, MENDELSON R, DINAR A, et al. The impact of climate change on China's agriculture[J]. Agricultural economics, 2009, 40: 323-337.
- [4] 周曙东, 周文魁, 朱红根, 等. 气候变化对农业的影响及应对措施[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2010, 10(1): 34-39.
- [5] 唐国平, 李秀彬, GUENTHER FISCHER, 等. 气候变化对中国农业生产的影响[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 129-138.
- [6] FAO. Agriculture's role in climate change[EB/OL]. (2001-03)[2016-04-01]. Http://www.fao.org/ag/magazine/O103sp2.htm.
- [7] 张学贤, 戚尚恩. 宿州气候[M]. 北京: 气象出版社, 2012: 115-138.
- [8] 孙宁, 冯利平. 利用冬小麦作物生长模型对产量气候风险的评估[J]. 农业工程学报, 2005, 21(21): 106-110.
- [9] 廉毅, 高树亭, 沈柏竹, 等. 吉林省气候变化及其对粮食生产的影响[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(1): 46-49.
- [10] 马雅丽, 王志伟, 栾青, 等. 玉米产量与生态气候因子的关系[J]. 中国农业气象, 2009, 30(4): 565-568.
- [11] 郝立生, 吴雁, 王荣英. 海河低平原春季气候变化对冬小麦产量的影响[J]. 气象与减灾研究, 2007, 30(4): 20-24.
- [12] 王媛, 方修琦, 徐铤. 气候变化背景下“气候产量”计算方法的探讨[J]. 自然资源学报, 2004, 19(4): 531-534.
- [13] 侯云先. 产量预报中滑动平均法的改进[J]. 河南农业大学学报, 1994, 28(4): 417-422.

(下转第 186 页)

一时间段内此模态的反位相显著。结合图 15a 可知,在 1953 ~ 1958 和 1966 ~ 1975 年水汽输送系数为正的时间段内,95°E 以西水汽输送方向为西南风方向的平流输送,95°E 以东水汽输送方向为偏南风方向的平流输送,北方地区水汽

输送方向为偏北风方向的平流输送;对于 1959 ~ 1964 和 1976 ~ 2007 年水汽输送系数为负的时间段内,水汽输送的方向则正好相反。

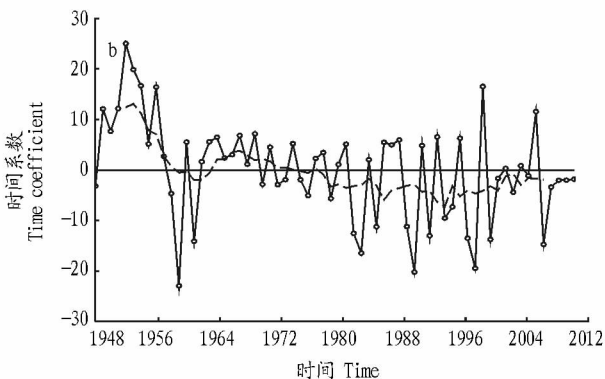
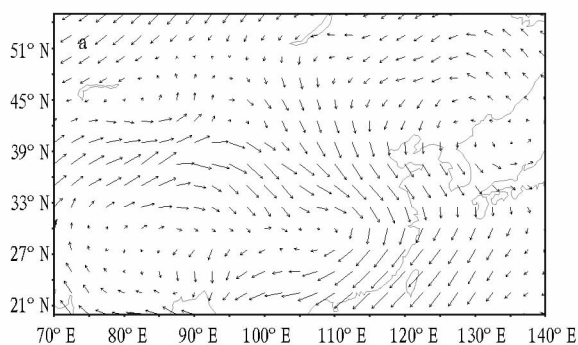


图 15 2 月份水汽输送 EOF 分析第 3 空间模态(a)和时间序列(b)

Fig. 15 Water vapor transport EOF analysis third space mode(a) and time sequence(b) in Feb.

3 结论

(1) 1948 ~ 2011 年我国东部冬季水汽输送通量气候态: 20°N 附近 12 月份的水汽输送在纬向上均为西风方向的水汽输送,其中最大值区即异常大值区位于西太平洋一带;在 10°N 附近的整个区域在 12 月份的水汽输送在纬向上为东风方向的水汽输送,其中最大值区位于太平洋一带。中东和我国绝大部分地区 12 月份的水汽输送在经向上为南风方向的水汽输送,其中最大值区位于广州、云南一带;我国东部沿海南海一带和印度洋 12 月份的水汽输送在经向上为北风方向的水汽输送,其中最大值区位于南海一带。20°N 附近和整个中国地区 1 月份的水汽输送在纬向上均为西风方向的水汽输送,其中最大值区位于太平洋一带;在 10°N 附近 1 月份的水汽输送在纬向上为东风方向的水汽输送,其中最大值区位于太平洋一带。中东和我国绝大部分地区 1 月份的水汽输送在经向上为南风方向的水汽输送,最大值区位于云南一带。印度洋、南海、太平洋 1 月份的水汽输送在经向上为北风方向的水汽输送,最大值区位于南海一带。2 月份水汽输送经纬向分布趋势与 12、1 月相似。

(2) 我国东部水汽输送异常时空分布: 12 月份第 1 空间模态在 105°E 以东水汽输送方向为东南风方向的平流输送,在 105°E 以西水汽输送方向为东北风方向的平流输送,北方地区的水汽输送方向为偏北风方向的平流输送;第 2 空间模态在 110°E 以东水汽输送方向为偏南风方向的平流输送,西北地区水汽输送方向为西北风方向的平流输送;第 3 空间模态在 105°E 以东水汽输送方向为西南风方向的平流输送,105°E 以西水汽输送方向为北风方向的平流输送。1 月份第

1 空间模态在 105°E 以东水汽输送方向为东北风方向的平流输送,105°E 以西水汽输送方向为西南风方向的平流输送,北方地区水汽输送方向为偏西风方向的平流输送;第 2 空间模态在 90°E 以东水汽输送方向为偏南风方向的平流输送,西南地区水汽输送方向为西北风方向的平流输送;第 3 空间模态在东南地区水汽输送方向为西南风方向的平流输送,北部地区水汽输送方向为偏北风方向的平流输送,95°E 以西水汽输送方向为偏南风方向的平流输送。2 月份第 1 空间模态在 120°E 以东水汽输送方向为东南风方向的平流输送,120°E 以西水汽输送方向为东北风方向的平流输送,北方地区水汽输送方向为偏北风方向的平流输送;第 2 空间模态在 105°E 以东水汽输送方向为西南风方向的平流输送,105°E 以西水汽输送方向为偏南风方向的平流输送,北方地区水汽输送方向为偏北风方向的平流输送;第 3 空间模态在 95°E 以西水汽输送方向为西南风方向的平流输送,95°E 以东水汽输送方向为偏南风方向的平流输送,北方地区水汽输送方向为偏北风方向的平流输送。前 3 个模态时间序列表明我国东部水汽输送存在明显的年际、年代际变化。

参考文献

- [1] 吴国雄. 大气水汽的输送和收支及其对副热带干旱的影响[J]. 大气科学, 1990, 14(1): 53 - 63.
- [2] 柳艳菊, 丁一汇, 宋艳玲. 1998 年夏季风爆发前后南海地区的水汽输送和水汽收支[J]. 热带气象学报, 2005, 21(1): 55 - 62.
- [3] 周长艳. 亚澳季风区水汽输送的气候特征[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2004.
- [4] 黄荣辉. 夏季东亚季风区水汽输送特征及其与南亚季风区水汽输送的差别[J]. 大气科学, 1998, 22(4): 460 - 469.
- [5] 伊兰, 陶诗言. 定常波和瞬变波在亚洲季风区大气水循环中的作用[J]. 气象学报, 1997, 55(5): 532 - 544.
- [6] 郝立生, 闵锦忠, 张文宗, 等. 气候变暖对河北省冬小麦产量的影响[J]. 中国农业气象, 2009, 30(2): 204 - 207.
- [7] 廉毅, 高枫亭, 沈柏竹, 等. 吉林省气候变化及其对粮食生产的影响[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(1): 46 - 49.
- [8] 王媛, 方修琦, 徐谏. 气候变化背景下“气候产量”计算方法的探讨[J]. 自然资源学报, 2004, 19(4): 531 - 536.

(上接第 177 页)