

章大全,王永光. 基于 DERF2.0 的长江中下游春播期气候预测. 应用气象学报, 2016, 27(2): 182-190.
doi:10.11898/1001-7313.20160206

基于 DERF2.0 的长江中下游春播期气候预测

章大全* 王永光

(中国气象局国家气候中心, 北京 100081)

摘 要

基于 1983—2012 年国家气候中心第 2 代月动力延伸模式(DERF2.0)回报资料和春播历史资料,结合 NCEP/NCAR 再分析资料,选取影响长江中下游地区春播期气候条件的关键环流因子。利用最优子集回归方法建立针对长江中下游地区春播期气候条件的动力模式解释应用预测模型,并对不同起报时次的模式解释应用预测结果进行检验评估。检验结果表明:该解释应用方案对于长江中下游春播期气候条件有较好的预测能力,且随着起报时间的临近,预测技巧整体呈上升趋势。1983—2012 年的回报检验还显示,解释应用方案能够较好地模拟出连续不利日数和不利日数的年际变率,同时对年代际变率也有所体现。

关键词: 月动力延伸模式; 春播; 模式解释应用; 预测

引 言

水稻是我国主要粮食作物之一,其播种面积占粮食作物总面积的四分之一,产量接近粮食总产量的一半。我国现有水稻种植分布区域以南方为主,其中长江流域水稻面积占全国总面积的 65.7%^[1]。每年 3 月下旬至 4 月上旬是长江中下游地区的早稻播种期,播种质量的高低直接关系到全年粮食的产量和品质。该时段也是长江中下游稻区受北方冷空气侵扰的活跃期,在早、中稻育秧季节里,常因频繁的冷空气入侵,出现持续低温阴雨天气,日照不足,导致烂秧死苗,进而影响全年水稻生产^[2-5]。因此,对长江中下游地区早稻播种期的气候条件以及可能出现的低温阴雨过程进行及时、准确预测,对做好春播期气象服务和防灾减灾具有重要意义。

目前,已有大量研究集中在春播期低温连阴雨的气候特征及环流背景分析上^[6-10]。张清等^[11]研究了长江中下游地区春季低温的气候特征,并探讨低

温对早稻产量的影响。韩荣青等^[12]分析我国 2—5 月低温连阴雨和南方冷害的时空特征,指出早稻区低温冷害的时空分布具有显著的年际和年代际周期振荡特征。从长江中下游地区春季低温连阴雨天气的环流背景及外强迫因子等角度,文献^[13-15]研究了西风带超长波的活动、低空西南气流与低纬度风场的关系、青藏高原的动力和热力作用以及不同海温背景的影响。

在客观化预测方法方面,对春播期气候条件的预测仍然以传统的统计方法为主^[16],基于动力模式的解释应用预测还较少。气候模式解释应用的思想^[17-24]是利用多年的观测资料建立大尺度环流背景和区域气候要素之间的统计关系,并用独立观测检验这种关系。利用这种统计关系与模式输出的大尺度环流预报对未来区域气候要素进行预测。该方法的优点在于将动力模式中物理意义明确、模拟较为准确的气候信息应用于统计模式,具有不受边界条件影响、计算量小等特点^[25-26]。

目前国家气候中心第 2 代短期气候预测模式系

2015-07-02 收到, 2015-11-27 收到再改稿。

资助项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2012CB955203), 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306032, GYHY201406022), 中国气象局气象关键技术集成与应用项目(152020012004), 中国气象局短期气候预测创新团队项目

* email: zhangdq@cma.gov.cn

统已投入业务运行。评估结果^[27]显示,第 2 代月动力延伸预测模式系统对候、旬、月的气候变率均体现出一定的预测能力,其对降水、气温、环流等要素的预测技巧较之第 1 代模式有明显提升。本文基于国家气候中心第 2 代月动力延伸模式(DERF2.0)环流历史回报资料,结合 NCEP/NCAR 再分析资料,选取影响长江中下游地区春播气候条件的关键环流因子。利用最优子集回归方法建立针对长江中下游地区春播期气候条件的动力模式解释应用预测模型,并对不同起报时次的模式解释应用预测结果进行检验评估。

1 资 料

1.1 春播期气候条件资料

为了定量评定春播期气候条件,采用国家气候中心在春播期气候预测业务中的相关方法和指标,即根据作物生长所需要的光热水条件,选择日照、气温和降水 3 个气象要素描述早稻播种期气候条件。长江中下游地区春播时段为每年 3 月 21 日—4 月 10 日。代表站包括汉口、长沙、芷江、南昌、吉安、合肥、安庆、南京、上海、杭州、衢县共 11 个站。将各站逐日气温、日照和降水资料参照文献^[3]的规则进行编码,将每日 3 个要素的编码值相加,得到各站逐日编码和,将区域各站的编码和相加,当日总编码小于 0 时,定义该日为春播不利日;当日总编码大于 0 时,定义该日为春播有利日。

根据不利日连续出现的日数和春播时段内出现的总日数,将春播期气候条件评定为不利、较为不利、较为有利、有利共 4 种类型,具体评定标准如下:①不利日数不小于 10 d,同时最长连续不利日数大于 6 d 定义为春播气候条件不利型;②不利日数不小于 10 d,同时最长连续不利日数在 4~6 d 之间定义为春播气候条件较为不利型;③不利日数小于 10 d,同时最长连续不利日数在 4~6 d 之间定义为春播气候条件较为有利型;④不利日数小于 10 d,同时最长连续不利日数不大于 3 d 定义为春播气候条件有利型。4 种春播气候条件对应的春播型指数分别为-2,-1,1,2。

1.2 环流要素资料

环流要素资料采用 1983—2012 年 NCEP/NCAR

逐日再分析资料^[28]和国家气候中心 DERF2.0 历史回报资料。DERF2.0 回报资料采用滞后平均方案(LAF)进行逐日滚动预报,每日根据不同起报时间(间隔 6 h)得到 4 个样本成员的预报场,积分长度为 50 d。在解释应用方案设计中,针对春播预报时段将模式资料处理成超前时间分别为 0(预报初值为 3 月 16—20 日)、5 d(预报初值为 3 月 11—15 日)、10 d(预报初值为 3 月 6—10 日)的集合平均结果,集合成员样本量为 20。采用的模式环流要素包括 200,500 hPa 和 700 hPa 位势高度场,850 hPa 的 u, v 风场。NCEP/NCAR 再分析资料分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$,DERF2.0 回报资料的分辨率为 $1.0^\circ \times 1.0^\circ$,为保证模式回报资料因子筛选与再分析资料的一致性,使用双线性插值算法将模式回报资料插值为与再分析资料相同分辨率。

2 模式解释应用方法及预测流程

气候模式解释应用基于以下 3 条假设:①大尺度气候场和区域气候要素间具有显著的统计关系,②大尺度气候场能被气候模式很好地模拟,③在变化的气候情景下,建立的统计关系有效。针对上述假设,长江中下游地区春播期气候条件模式解释应用预测方案设计如下:首先,计算 NCEP/NCAR 再分析资料与春播历史资料的同期相关,找出影响长江中下游春播期气候条件的关键环流因子。其次,计算 DERF2.0 回报资料与春播历史资料的同期相关,确定相关显著区域。选取再分析资料与模式回报资料相关显著区域的重合部分作为环流关键区,并将关键区内各格点的模式环流场回报资料序列作为环流预报因子。在确定预报因子时,为避免小尺度空间信息的干扰,仅保留相关系数超过 0.05 显著性水平且空间范围大于 4×4 网格点的连片区域。针对选取的环流预报因子和春播历史资料采用最优子集回归法^[29-30]建立预测模型,结合模式环流预报进行春播期气候条件解释应用预测,并对模型预测技巧进行回报检验。受到模式回报资料长度的限制,相关分析以及模型回报检验的时段为 1983—2012 年。春播期气候条件模式解释应用预测的流程如图 1 所示。

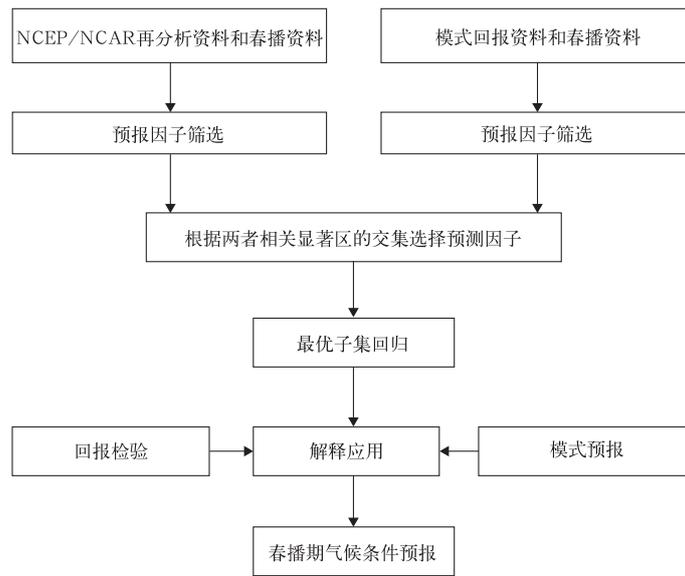


图 1 春播期气候条件模式解释应用预测方案流程

Fig. 1 Flow chart of model interpretation prediction for spring sowing period

3 影响长江中下游地区春播期气候条件的环流关键区选取

3.1 大尺度环流背景

研究表明,春播期持续性低温阴雨过程的产生与大尺度环流变化密切相关。为了分析影响长江中下游春播期气候条件的关键环流系统,分别选取春播

期气候条件典型不利年份(1983, 1985, 1987, 1988, 1991, 1992, 1996, 1998, 1999, 2005年)和典型有利年份(1986, 1995, 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2010, 2012年) 500 hPa 高度场与 850 hPa 风场进行合成分析,并检验差异显著性。

从 20 世纪 80 年代以来春播期气候条件典型不利年份和典型有利年份的 500 hPa 高度距平场合成(图 2)可以看到,春播期气候条件典型不利年份高

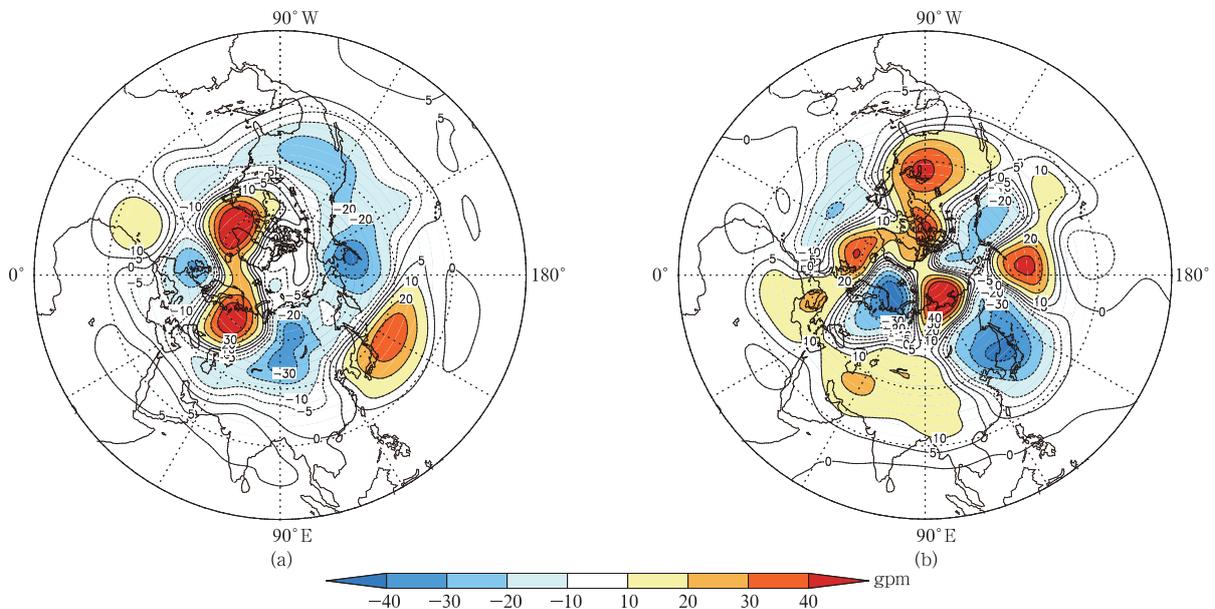


图 2 长江中下游春播期 500 hPa 高度场距平合成 (a)不利年份,(b)有利年份

Fig. 2 500 hPa geopotential height anomaly of spring sowing period in the middle and lower reaches of the Yangtze (a)unfavorable years,(b)favorable years

度距平场上 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 间欧洲到乌拉尔山地区为一正距平区,高脊发展形成阻塞形势, $20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 间的负距平区从阿拉伯半岛以北地区一直东伸到 110°E 附近的中南半岛及华南地区,这一地区多南支槽发展东移。副热带高压较常年平均状况偏强偏北,正距平区主要出现在 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 间;春播期气候条件典型有利年份乌拉尔山阻塞高压崩溃,从巴尔喀什湖至贝加尔湖地区及以南青藏高原地区高度场呈正距平,沿海槽建立,西太平洋副热带高压偏南,5880 gpm 等值线位于 15°N 以南(图略)。上述春播期典型不利年份期间位于 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 的负距平区为正距平区所代替,正变高中心位于青藏高原以北,南支槽减弱。由春播期气候条件典型不利年份和有利年份高度场的差异显著性检验可知(图 3),乌拉尔山以北、巴尔喀什湖以东和日本附近高度场差异性均达到 0.05 显著性水平,其中巴尔喀什湖以东和日本南部高度场差异性达到 0.01 显著性水平。

图 4 给出了春播期气候条件不利年份和有利年份 850 hPa 风场距平合成及散度场。春播期气候条件不利年份我国东部盛行南风距平,我国台湾以东为反气旋式环流(图 4a 中 A 所示)。来自中南半岛、南海以及西太平洋上空的水汽沿着副热带高压外围输送至我国华南及华东地区,并在长江中下游及江南东部形成辐合。春播期气候条件有利年份

我国东部以北风分量为主,其中 30°N 以北盛行西北风,以南盛行东北风,台湾以东为气旋式环流(图 4b 中 C 所示)。长江中下游地区风场距平在低层以辐散为主,不利于降水的生成。

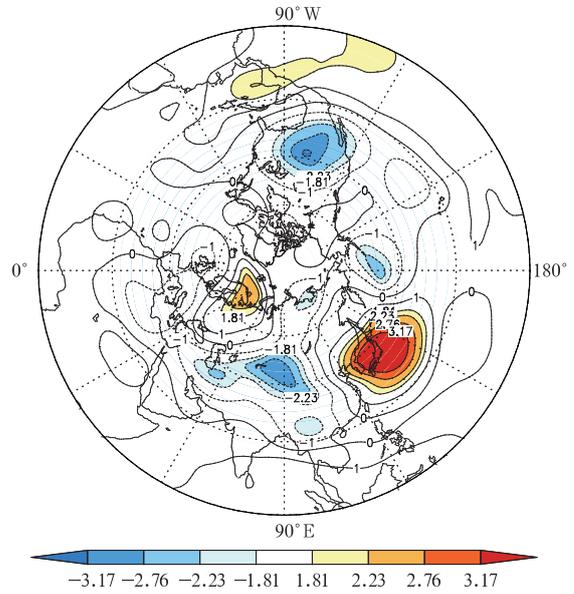


图 3 长江中下游春播期 500 hPa 高度场差值显著性检验
Fig. 3 Difference significant test of 500 hPa height of spring sowing period in the middle and lower reaches of the Yangtze

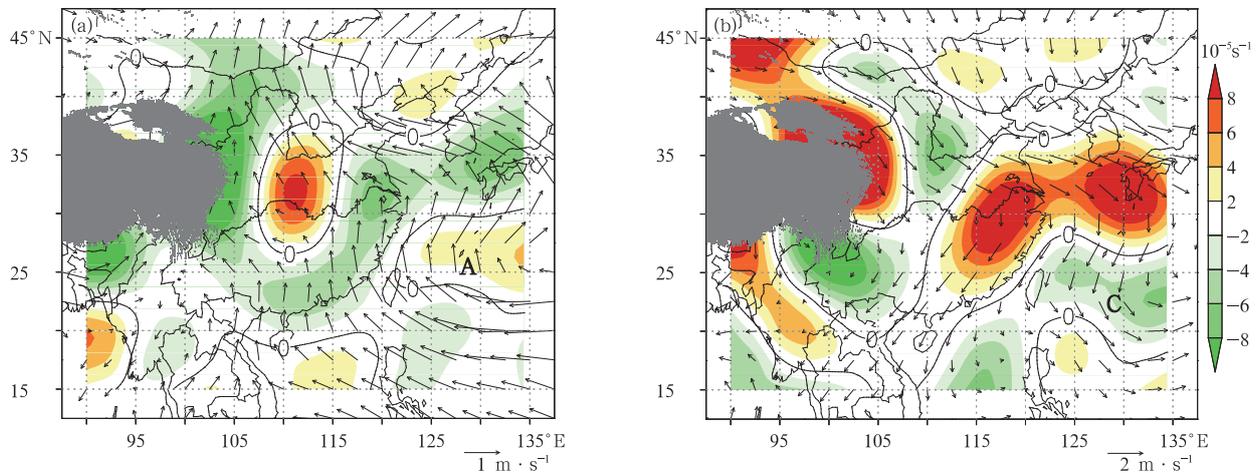


图 4 长江中下游春播期 850 hPa 风场距平合成(矢量)和散度场(填色)
(a)不利年份,(b)有利年份

Fig. 4 850 hPa wind anomaly(the vector) and divergence(the shaded) of spring sowing period in the middle and lower reaches of the Yangtze
(a)unfavorable years,(b)favorable years

3.2 500 hPa 高度场环流关键区选取

以 500 hPa 高度场为例,说明解释应用方案环流关键区的选取过程,其他要素及层次的环流关键区选取方法类似。将 1983—2012 年的春播期连续不利日数与 NCEP/NCAR 再分析资料中 500 hPa 高度场进行同期相关分析(图 5),结果显示:春播期连续不利日数与 500 hPa 高度场的相关系数在欧亚中高纬度呈“十”的分布特征。即当乌拉尔山出现高压脊,巴尔喀什湖至贝加尔湖为一低槽,朝鲜至日本上空为高度场正距平,西太平洋副热带高压加强北抬时,长江中下游地区春播期连续不利日数增多。DERF2.0 回报资料和春播期连续不利日数的相关与 NCEP/NCAR 再分析资料具有类似的空间分布特征,在欧亚中高纬度地区均呈“十”的纬向分布特征,但各相关显著区域范围、强度存在差异。乌拉尔山附近的正相关区和巴尔喀什湖至贝加

尔湖地区的负相关区显著性有所降低,且相关中心偏南。日本及以东区域的显著正相关区明显扩大和南压。对比图 2 可知,连续不利日数与 500 hPa 高度场距平相关系数的分布特征与春播期气候条件典型不利年份的 500 hPa 高度场距平合成在欧亚中高纬度基本一致。针对不同要素选取与 NCEP/NCAR 再分析资料和 DERF2.0 模式回报资料的相关系数均超过 0.05 显著性水平的区域内的格点,并将该格点历史环流要素序列作为预报因子。同时,为避免小尺度空间信息的干扰,选取预报因子时仅保留超过 0.05 显著性水平且空间范围大于 4×4 网格点的连片区域。建立预测模型时,如选取因子数过多(大于 10),则对每个环流要素相关场挑选出的因子按相关系数大小进行排序,仅保留该场中相关系数最大的因子作为代表性预测因子。

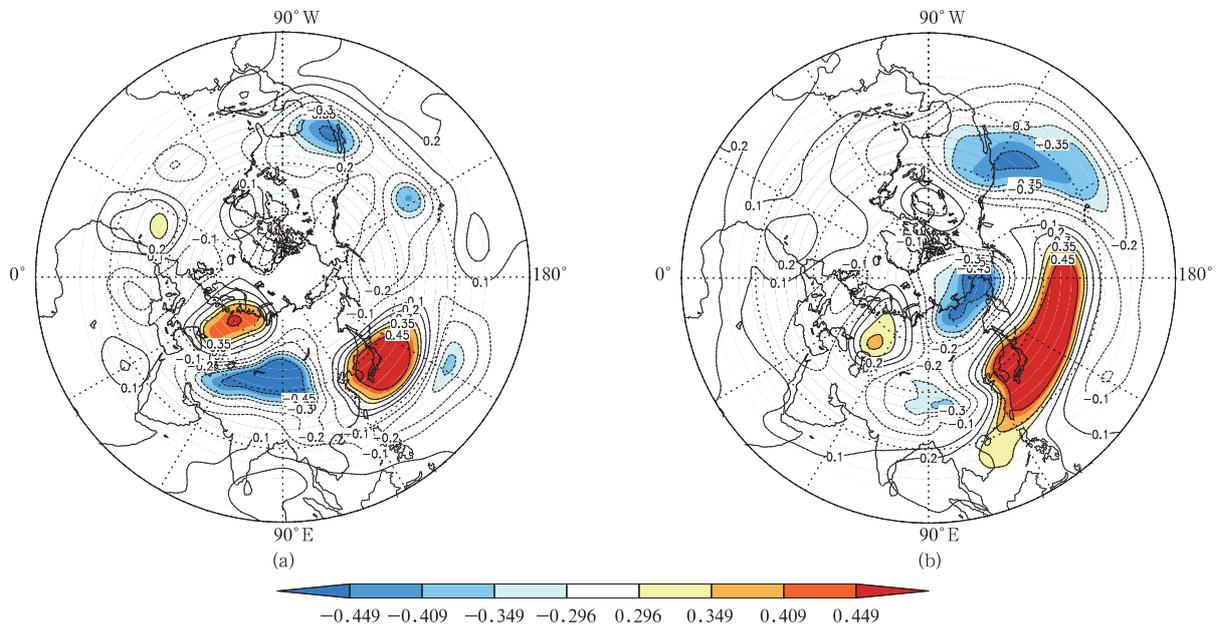


图 5 1983—2012 年长江中下游春播期连续不利日数与同期 NCEP/NCAR 再分析(a)和 DERF2.0 回报资料(b)北半球 500 hPa 高度场相关

Fig. 5 Correlation between continuous unfavorable days of spring sowing period in the middle and lower reaches of the Yangtze to 500 hPa geopotential height in Northern Hemisphere of NCEP/NCAR reanalysis(a) and DERF2.0 hindcast(b) from 1983 to 2012

4 回报检验结果

对 DERF2.0 环流形势预报技巧的检验结果^[27]

显示,随着起报时间的临近,模式预测能力整体呈上升趋势。研究表明,动力模式预测性能较大程度决定了解释应用预测效果^[31],因此,本文对基于不同超前时间的模式资料的解释应用预测结果进行检验

评估。图 6 为 1983—2012 年春播期连续不利日数和不利日数模式解释应用预测的回报检验,检验结果显示,随着起报时间的临近,各变量解释应用预测技巧整体呈上升趋势。起报时间为超前 10,5 d 和 0

的连续不利日数实况与解释应用预测 30 年的距平相关系数分别为 0.26,0.40 和 0.56,不利日数实况与解释应用预测 30 年的距平相关系数分别为 0.44,0.32 和 0.39。

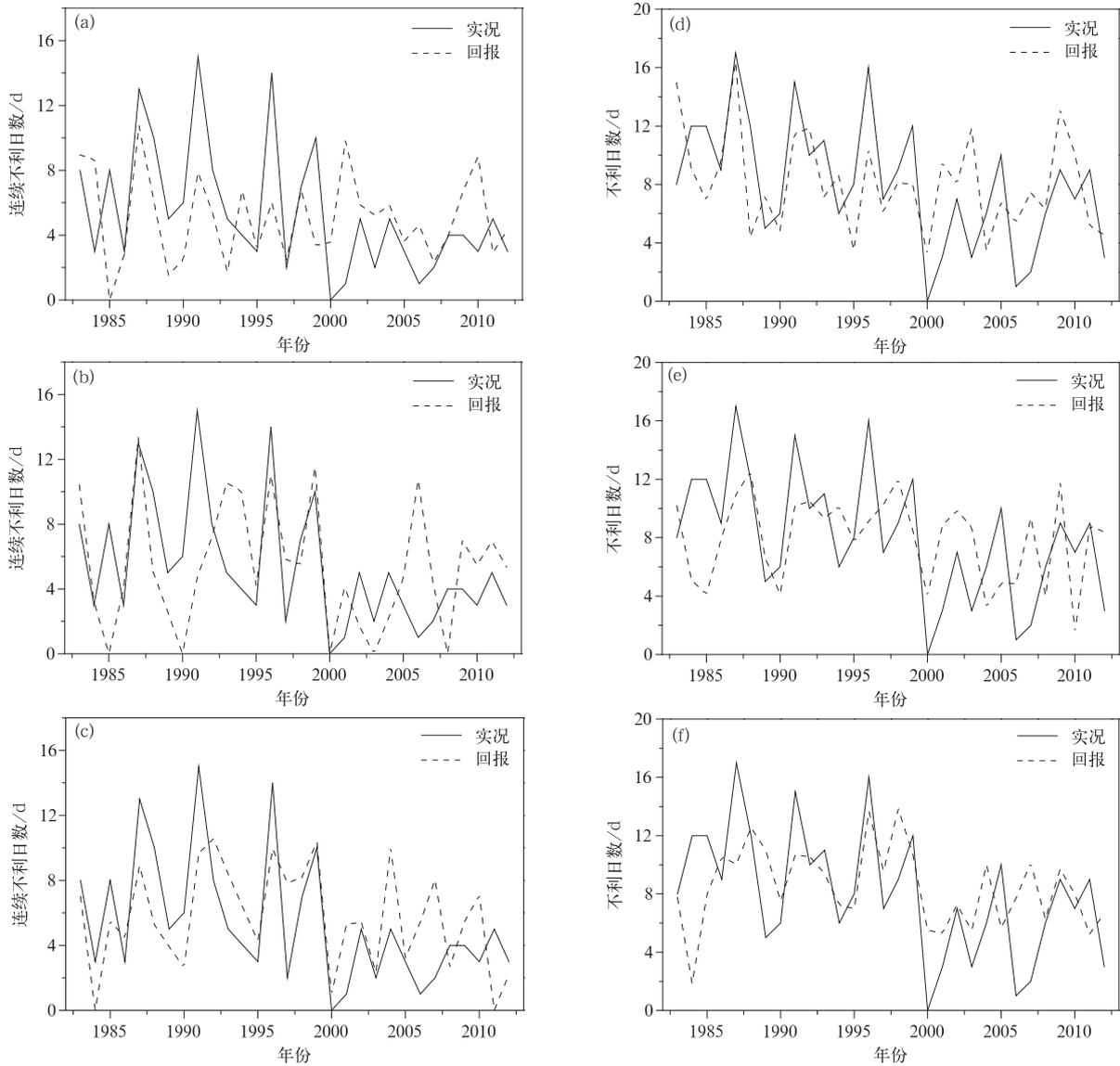


图 6 1983—2012 年春播期连续不利日数及不利日数回报检验

(a)3 月 11 日起报连续不利日数,(b)3 月 16 日起报连续不利日数,(c)3 月 21 日起报连续不利日数,
(d)3 月 11 日起报不利日数,(e)3 月 16 日起报不利日数,(f)3 月 21 日起报不利日数

Fig. 6 Hindcast skill of continuous unfavorable days and unfavorable days of spring sowing period from 1983 to 2012

(a)continuous unfavorable days(lead time is 10 d),(b)continuous unfavorable days(lead time is 5 d),
(c)continuous unfavorable days(lead time is 0),(d)unfavorable days(lead time is 10 d),
(e)unfavorable days(lead time is 5 d),(f)unfavorable days(lead time is 0)

此外,长江中下游地区春播期气候条件存在显著的年代际变化趋势。20 世纪 80 年代以来,春播

期气候条件整体转好,特别是 21 世纪以来,春播期气候类型以较为有利和有利为主,连续不利日数较

20世纪90年代明显减少,2000年至今连续不利日数均低于6 d。回报结果显示,超前时间为10 d时,模式解释应用结果与实况差异较大,且基本不存在线性变化趋势。当超前时间为0时,解释应用结果能较好地模拟出连续不利日数和不利日数的年际变率,同时,对年代际变率也有所体现,显示模型具有一定的预测技巧。

为检验该解释应用方案对长江中下游地区低温连阴雨多发典型年份的预报能力,选取春播时段内连续不利日数超过10 d的年份(1987, 1988, 1991, 1996, 1999年)进行对比。表1分别给出了预报和

观测的连续不利日数、不利日数、连续有利日数,以及根据连续不利日数和不利日数预报值判定的春播型指数和实况。由表1可知,模型对春播期典型不利气候条件具有较好的预报技巧。在春播期气候条件典型不利年份的预测检验中,仅有1988年出现较为不利。根据解释应用预测的连续不利日数和不利日数判定该年春播期气候条件为较为不利,春播型指数为-1,而实况为不利年。其余5个春播期气候条件典型不利年份预报的不利日数均超过10 d,显示出一定的预测能力。

表1 长江中下游春播期气候条件典型不利年份预测效果检验
Table 1 Predictive skill test of typical unfavorable years of spring sowing
in the middle and lower reaches of the Yangtze

年份	春播型指数		连续不利日数/d		不利日数/d		连续有利日数/d	
	预测	实况	预测	实况	预测	实况	预测	实况
1987	-2	-2	8.9	13	10.1	13	2.6	7
1988	-1	-2	5.3	10	12.6	12	7.0	6
1991	-2	-2	9.7	15	10.7	15	7.0	6
1996	-2	-2	10.0	14	13.7	16	6.9	5
1999	-2	-2	10.4	10	10.7	12	10.3	7

5 小结与讨论

本文利用1983—2012年国家气候中心第2代动力延伸模式资料、春播期气候条件历史资料和NCEP/NCAR再分析资料,选取影响长江中下游地区春播期气候条件的关键环流因子,并利用最优子集回归方法建立基于动力模式的春播期气候条件解释应用预测模型。模型的回报检验结果表明:

1) 该模式解释应用方案对于长江中下游春播期气候条件有较好的预测能力。起报时间为超前0时,连续不利日数30年的交叉检验距平相关系数达到0.56。

2) 不同起报时间的模式解释应用预测结果对比显示,随着起报时间的临近,预测技巧整体呈上升趋势。当超前时间为0时,解释应用方案不仅能够较好地模拟出连续不利日数和不利日数的年际变率,对年代际变率也有所体现。

动力模式预测性能一定程度上决定了解释应用最终预报技巧。DERF2.0环流形势预报技巧检验结果显示,随着起报时间的临近,模式预测能力整体呈上升趋势。因此,在实际预测业务中,为了更好地提供预测服务,可及时采用模式更新的环流预报对

解释应用结果进行滚动订正。此外,在利用模型结果进行春播期气候条件预报时,需参考模型各分量的回报检验技巧,综合各分量预报给出最终判定结果。

参考文献

- [1] 苏广达. 作物学. 广州: 广东高等教育出版社, 2000: 72-77.
- [2] 郑昌玲, 宋迎波, 侯英雨, 等. 2009年春季气候对农业生产的影响. 中国农业气象, 2009, 30(3): 469-470.
- [3] 陈丽娟, 张培群. 1951—2005年华南春播期气象条件的年代际变化. 气候变化研究进展, 2006, 2(4): 184-187.
- [4] 陈晚清, 肖荣辉. 长江中下游春季连阴雨问题分析. 武陵学刊, 1998, 19(6): 41-44.
- [5] 陈斐, 杨沈斌, 申双和, 等. 长江中下游双季稻春季低温冷害的时空分布. 江苏农业学报, 2013, 29(3): 540-547.
- [6] 孙锦铨, 陈永秀. 长江中下游春季连阴雨天气气候分析. 气象, 1991, 17(5): 29-34.
- [7] 席林华. 春季低温连阴雨天气的热带环流和总云量分布. 气象, 1989, 15(8): 10-15.
- [8] 吴有训, 赵俊华, 张民蓓, 等. 皖东南地区春播期连续低温阴雨天气分析. 安徽农业科学, 2003, 31(4): 569-570.
- [9] 刘延英, 彭治班. 连晴和连阴雨前两支气流变化的一般特点. 应用气象学报, 1990, 1(3): 299-304.
- [10] 朱盛明, 姜翠宏. 春季长江中下游连阴雨期低空西南气流与低纬风场的关系. 气象科学, 1992, 12(4): 362-370.
- [11] 张清. 近40年长江中下游春季低温气候特征及影响研究. 灾

- 害学,1992,7(3):73-76.
- [12] 韩荣青,陈丽娟,李维京,等. 2—5月我国低温连阴雨和南方冷害的时空特征. 应用气象学报,2009,20(3):312-320.
- [13] 李麦村,潘菊芳,田生春,等. 春季连续低温阴雨的预报方法. 北京:科学出版社,1977.
- [14] 万日金,吴国雄. 江南春雨的时空分布. 气象学报,2008,66(3):310-319.
- [15] 施宁. 长江中下游春季连阴雨及厄尔尼诺年的环流背景. 气象,1990,16(12):8-14.
- [16] 覃志年,况雪源,钟利华. 广西春播期降水量预报方法研究. 广西气象,2000,21(4):1-4.
- [17] Wiby R I, Wigley T M L. Downscaling general circulation model output: A review of methods and limitations. *Prog Phys Geog*, 1997,21:530-548.
- [18] Wilby R I, Dawson C W, Barrow E M. SDSM—A decision support tool for the assessment of regional climate change impact. *Environ Mod Soft*, 2002,17:145-157.
- [19] 范丽军,符淙斌,陈德亮. 统计降尺度法对未来区域气候变化情景预估的研究进展. 地球科学进展,2005,20(3):320-329.
- [20] 顾伟宗,陈丽娟,张培群,等. 基于月动力延伸预报最优信息的中国降水降尺度预测模型. 气象学报,2009,67(2):280-287.
- [21] 覃志年,陈丽娟,唐红玉,等. 月尺度动力模式产品解释应用系统及预测技巧. 应用气象学报,2010,21(5):614-620.
- [22] 刘绿柳,孙林海,廖要明,等. 基于DERF的SD方法预测月降水和极端降水日数. 应用气象学报,2011,22(1):77-85.
- [23] 贾小龙,陈丽娟,高辉,等. 我国短期气候预测技术进展. 应用气象学报,2013,24(6):641-655.
- [24] 陈丽娟,李维京,张培群,等. 降尺度技术在月降水预报中的应用. 应用气象学报,2003,14(6):648-655.
- [25] 刘永和,郭维栋,冯锦明,等. 气象资料的统计降尺度方法综述. 地球科学进展,2011,26(8):837-847.
- [26] 陈超君,王钦. 降尺度技术的应用研究进展. 气象科技进展,2014,4(2):62-65.
- [27] 吴统文,宋连春,刘向文,等. 国家气候中心短期气候预测模式系统业务化进展. 应用气象学报,2013,24(5):533-543.
- [28] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull Amer Meteor Soc*, 1996,77:437-470.
- [29] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版). 北京:气象出版社,2008:194-201.
- [30] 柯宗建,张培群,董文杰,等. 最优子集回归法在季节气候预测中的应用. 大气科学,2009,33(5):994-1002.
- [31] 顾伟宗,陈丽娟,李维京,等. 降尺度方法在中国不同区域夏季降水预测中的应用. 气象学报,2012,70(2):202-212.

Climatic Prediction of Spring Sowing Period in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze Based on DERF2.0

Zhang Daquan Wang Yongguang

(National Climate Center, CMA, Beijing 100081)

Abstract

Based on the hindcast data of the second generation monthly dynamic extended range forecast model (DERF2.0) of National Climate Center and historical spring sowing data, combined with NCEP/NCAR reanalysis data, correlation analysis is conducted between historical spring sowing data and reanalysis data and model hindcast data, respectively. Regions with anomalies correlation coefficient (ACC) passing significant test are defined as key circulation zones, and the overlapping areas where both anomalies correlation coefficients passing the significant test are selected as key influencing factors of climatic conditions of spring sowing period in the middle and lower reaches of the Yangtze. Using historical time series of selected factors of certain circulation variables, e. g., geopotential height of 200, 500 hPa and 700 hPa, zonal and meridional wind of 850 hPa as predictors, favorable, unfavorable and continuous unfavorable days of spring sowing period in the middle and lower reaches of the Yangtze as predictors, utilizing optimal subset regression method (OSR), a model interpretation scheme of climatic conditions of sowing period prediction is established. The performance of the model interpretation scheme with different lead time are evaluated and analyzed. Meanwhile, the predictive skill of typical years with unfavorable climatic conditions is tested. Hindcast test of predictive scheme exhibits considerable overall predictive skill on both favorable and unfavorable days of spring sowing period. Predictive results of different lead time indicate that the prediction performance of unfavorable and continuous unfavorable days grows better as the lead time shortens. Moreover, hindcast result with lead time equals 0 shows that the model interpretation scheme not only simulates the annual variations well, but also illustrates certain predictive ability of decadal change of climatic conditions of spring sowing period. In the operational prediction of climatic conditions of spring sowing period, rolling forecast result of model interpretation scheme should be utilized to achieve better predictive performance. Since the model interpretation scheme does not give climatic conditions of spring sowing period directly, each variables of model output should be considered. In order to test the predictive skill of typical years with unfavorable climatic conditions, five years with typical unfavorable climatic conditions of spring sowing period (with continuous unfavorable days exceeding 10 days) are selected and verification results indicate that since the 1980s, the integrated result of scheme is approximately the same with observation, which exhibits considerable predictive skill.

Key words: monthly dynamic extended range forecast model; spring sowing; model interpretation; prediction