

蒋薇,高辉. 2013. 21 世纪长江中下游梅雨的新特征及成因分析. 气象,39(9):1139-1144.

21 世纪长江中下游梅雨的新特征及成因分析^{* 1}

蒋 薇¹ 高 辉²

1 江苏省气候中心,南京 210008
2 国家气候中心,北京 100081

提 要: 利用 1961—2011 年观测资料分析了长江中下游梅雨各特征量的时空变化特征,尤其是 21 世纪的新特征,指出 2000 年以来梅雨入梅偏晚,出梅偏早,梅雨长度缩短,强度减弱。统计发现,在这一时段梅雨期内降水日数明显减少,在梅雨长度缩短的同时,降水日数占梅雨期长度的比例也下降,表明梅雨期内强降水越来越集中。梅雨的这种年代际变化可能和 2000 年以来北太平洋海温处于 PDO 负位相,且这一时期拉尼娜事件频繁发生有关。在 PDO 负位相背景下,我国汛期多雨带位置易偏北,同时由于拉尼娜事件频发,热带西太平洋海温增高,使副热带高压偏强偏西偏北,阻止了源自印度洋和孟加拉湾的西南气流向长江中下游地区的输送,迫使水汽输送路径更加偏北偏西至淮河及以北地区,长江中下游地区低层为正散度距平,梅雨降水减少。

关键词: 梅雨, PDO, ENSO, 西太平洋副热带高压
中图分类号: P461 **文献标志码:** A **doi:** 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2013. 09. 008

New Features of Meiyu over Middle-Lower Reaches of Yangtze River in the 21st Century and the Possible Causes

JIANG Wei¹ GAO Hui²

1 Jiangsu Climate Centre, Nanjing 210008
2 National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: Basic characteristics of the Meiyu over the middle-lower reaches of Yangtze River in 1961—2011 are investigated by using the updated precipitation data, especially for the new features in the 21st century. The results indicate both the length of Meiyu period and rainy days reduce in recent decade, and the Meiyu amount also decreases. This change could be attributed to the negative Pacific Decadal Oscillation (PDO) and the increased frequency of the La Nina events in the 21st century. Under the negative PDO phase, rainfall above normal always occurs in northern China, especially in the regions north of the Huaihe River Valley. As a result of the more frequent La Nina events, the SSTs over the western Pacific warmer pool increase in recent decade and force the western Pacific subtropical high to be stronger and more westward and northward. Thus the warmer and wetter southwesterly moisture over the Bay of Bengal and the tropical Indian Ocean has been transported to the regions north of the Huahe River Valley instead of the Meiyu areas. This is a possible cause of the decrease of the Meiyu in the 21st century.

Key words: Meiyu, Pacific Decadal Oscillation (PDO), El Nino-Southern Oscillation (ENSO), western Pacific subtropical high

^{*} 江苏省气象科研开放基金项目(KZ201103)、科技部国际合作项目(2009FDA23010)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106017)共同资助
2012 年 12 月 28 日收稿; 2013 年 5 月 25 日收修定稿
第一作者:蒋薇,主要从事气候变化及气候预测研究. Email:vivi_1018@163. com.

引言

梅雨期是东亚夏季风季节性北推过程中的重要阶段,这一时期雨带主要徘徊在长江流域附近,对长江中下游地区夏季旱涝有重要影响。梅雨期(6—7月)的强降水与梅雨区洪涝灾害密切相关,如 1991 年梅雨期暴雨所造成的江淮地区洪涝灾害给当地带来了巨大的经济损失(张明玉,1997)。又如,1998 年夏季,长江中下游梅雨期降水强度大,7 月下旬还出现二度梅,导致该地区出现严重涝灾(陶诗言等,1998)。因此,研究梅雨的变化规律及其成因,从而准确预测梅雨趋势,对当地的工农业生产具有十分重要的指导意义。

梅雨期降水不仅年际变异大(何诗秀等,1992;鲍媛媛等,2009;徐卫国等,2004),而且年代际变化特征也非常明显。魏凤英等(2005)利用小波分析发现梅雨存在 2~3 和 6~7 年周期振荡。徐群(2007)的研究表明,长江中下游梅雨在 20 世纪 70 年代末发生了一次强年代际突变。陈烈庭等(1998)也指出,在 20 世纪 70 年代末存在由少雨期转为多雨期的年代际气候跃变现象。但进入 21 世纪以来,我国汛期多雨带位置北移,长江中下游梅雨又出现了减少的新特征,这是需要关注的科学问题。

梅雨是东亚夏季风的重要成员,受到多个季风系统共同影响。陶诗言等(1997)指出,东亚夏季风的异常活动导致东亚季风系统成员的偏北或偏南会影响到江淮流域的入梅时间及梅雨持续天数,进而引起江淮流域的干旱或洪涝。张庆云等(2003)发现,中高纬度的阻塞高压、西太平洋副热带高压(以下简称为副高)和中纬度西风急流等环流系统的变化都对梅雨期降水具有直接影响。近期研究还表明,东亚副热带西风急流活动对梅雨中期预报有重要意义(龚道溢等,2002)。除夏季风环流系统影响外,南北半球高纬度大气环流对梅雨存在 1 个月左右的超前作用并可应用于梅雨的气候预测。龚道溢等(2002)指出 5 月北极涛动(AO)指数与随后夏季长江中下游降水存在显著的负相关。李崇银等(2008)也发现春季 AO 会通过影响东亚地区夏季对流层大气的冷暖状况和环流,在长江中下游地区产生异常垂直运动和辐散辐合形势,从而影响夏季的

梅雨降水。高辉等(2003)的研究也表明,南极涛动是另一个能够对中国夏季降水尤其是梅雨异常产生重要影响的年际变化强信号,当 5 月南极涛动异常强时,夏季江淮流域降水偏多、梅雨出梅偏晚且梅期长度偏长。

梅雨异常的更早前兆信号则可追溯至前冬海洋的热力异常。这其中,ENSO 事件及与之密切相关的西太平洋暖池海温被认为有重要关联(毛文书等,2007;宗海峰等,2005;高辉等,2007;钱维宏等,2009),因为 ENSO 的不同位相会直接导致夏季风强度和副高位置、强度的异常进而影响梅雨雨带的南北位置和多寡。也有研究认为北太平洋海温年代际振荡(PDO)同样起到关键作用(赵振国等,1992;朱平盛等,2000;李崇银等,2003;竺夏英等,2008;陶亦为等,2011),因为 PDO 在更大时间尺度上决定了我国汛期主雨带的位置。此外,印度洋(贾小龙等,2005)和大西洋海温异常(徐海明等,2001;贾小龙等,2005)也对梅雨的强度存在影响。

以往的研究工作多基于 2000 年以前资料,进入 21 世纪以来,梅雨期降水和以往典型梅雨的持续性降水不同,“非典型”程度有所增加(梁萍等,2008)。司东等(2010)也发现,20 世纪 90 年代末中国梅雨雨带呈明显北移的趋势,东亚副热带大气扩张使得梅雨雨带向北,导致长江以南降水减少,长江以北降水增多。本文利用 1961—2011 年共 51 年观测资料,揭示梅雨的时空变化特征及其与海温和大气环流异常的关系,尤其是 21 世纪以来梅雨减少的成因,从而为梅雨异常的诊断与预测提供一定的参考信息。

1 资料和定义

本文使用的降水资料为中国气象局国家气象信息中心提供的 1961—2011 年中国台站逐日降水资料和国家气候中心提供的长江中下游地区梅雨资料。同时段大气环流资料源自 NCEP/NCAR 逐月再分析资料集中的 500 hPa 位势高度场和 850 hPa 水平风场,该资料水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

本文选取长江中下游 17 个代表站(杨义文,2002)进行分析,其空间分布如图 1 所示。另外,利用国家气候中心整编的长江中下游梅雨入、出梅日期资料,计算了 17 个代表站的平均梅雨量和梅雨强度指数(徐群等,2001)。

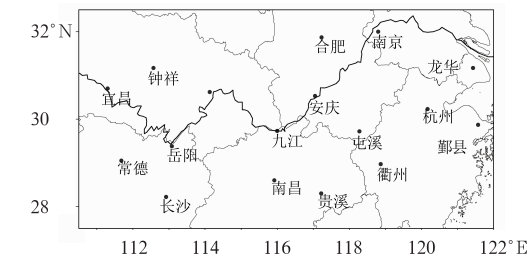


图 1 长江中下游 17 站空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of the 17 stations over the middle and lower reaches of Yangtze River

2 21 世纪以来长江中下游梅雨的新特征

图2为研究时段内梅雨强度、入梅日期和出梅

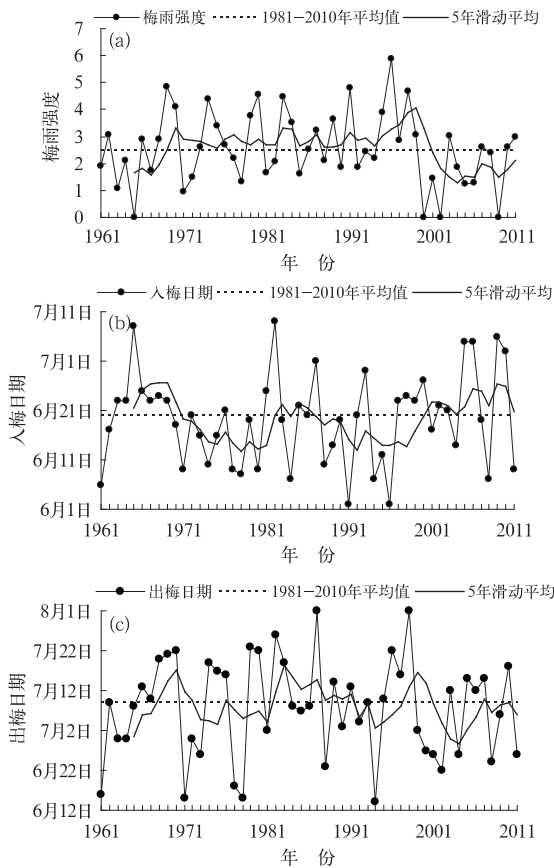


图 2 1961—2011 年长江中下游梅雨特征量随时间变化曲线

(a) 梅雨强度, (b) 入梅日期, (c) 出梅日期
Fig. 2 Variations of the Meiyou over the middle-lower reaches of the Yangtze River Valley during 1961–2011
(a) intensity, (b) the beginning dates, (c) the ending dates

日期的变化曲线。不难发现,3 个特征量均存在明显的年际和年代际变化。就梅雨强度而言,其在近 50 年内经历了“偏弱—偏强—偏弱”的年代际变化,2000 年以来处在明显偏弱的阶段。和梅雨强度相对应,2000—2011 年这 12 年时间内,大多数年份入梅偏晚,其中有 4 年入梅时间比常年(6 月 20 日)偏晚 10 d 以上。出梅的时间则以正常或偏早为主,其中有 4 年比常年(7 月 9 日)偏早 10 d 以上。很显然,21 世纪以来梅雨的入梅偏晚和出梅偏早趋势使得梅雨期缩短,这是梅雨强度减弱的直接原因。

对 17 站平均梅雨量的距平序列进行 EOF 分析,其中第一模态方差贡献(EOF1,图 3a)占57.13%,空间分布特点为全区同位相变化,和前人给出的流域整体旱涝特征一致。其对应的时间系数有降低的趋势,在 2000 年以来尤其明显,以负位相为主,这与前面分析得到的这一时段梅雨偏弱结果一致(图 3b)。从第一模态的结果来看其异常的空间分布具有很高的一致性。因此,在后文中为研究梅雨的长期变化特征仅考虑区域平均的梅雨指标变化。

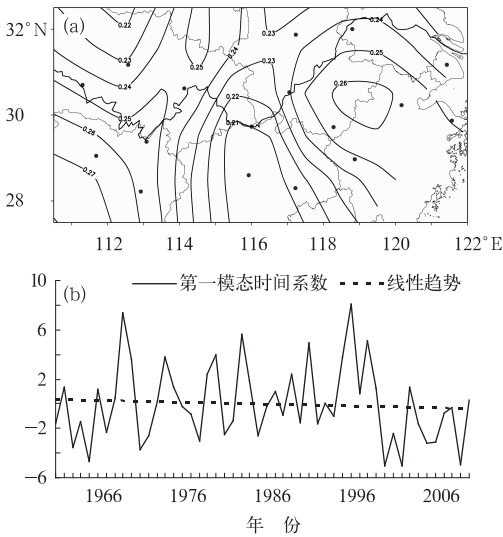


图 3 1961—2011 年梅雨期降水距平 EOF 分解的第一模态(a)及对应的时间系数(b)

Fig. 3 The first EOF mode (a) and the corresponding time series (b) of the precipitation anomalies during Meiyou period from 1961 to 2011

为进一步分析梅雨在 21 世纪的新特征,计算了逐年梅雨期降水日数和降水日数占梅雨期总长度的百分比(图 4)。很显然,在这一时段梅雨期内连阴

雨日数明显减少。若分析研究时段内的前 40 年,连阴雨日数呈弱增多趋势,但若分析整个时段,则为减少趋势。自 1961 年以来,梅雨期降水日数占梅雨期长度的百分比存在明显的减少。同样分析发现,在前 40 年这一比例没有明显的变化,但若将时段延长至 2011 年,则下降趋势非常明显,且通过 $\alpha=0.05$

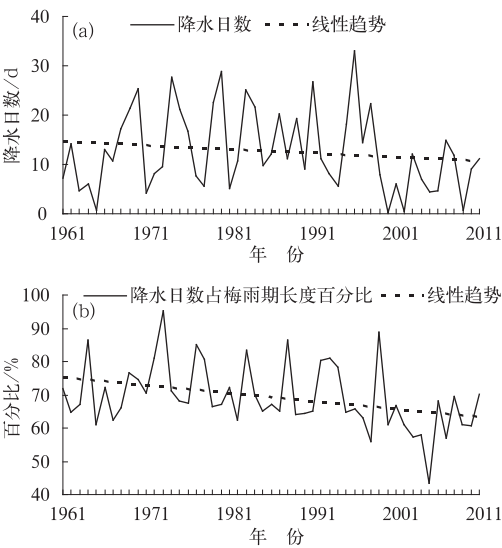


图 4 1961—2011 年梅雨期降水日数(a)和降水日数占梅雨期长度的百分比(b)
Fig. 4 Rainy days (a) and the percentages (b) during the Meiyu period from 1961 to 2011

显著性水平检验。由此表明,近年来梅雨期的降水越来越集中,这与以往典型梅雨的持续性降水不同,亦可能是造成当前梅雨不典型的原因之一。

为进一步定量说明 21 世纪以来梅雨变化的新特征,对比了 1961—2000 和 2001—2011 年梅雨各特征量的平均状况。后一个时段的入梅日期平均为 6 月 23 日,比前一个时段偏晚 5 d,而出梅日期偏早 4 d,这样梅雨期长度减少了约 7 d。在后一个时段内,梅雨期降水日数仅为 7 d,占梅雨长度的 61%,但在前一个时段,梅雨期降水日数为 14 d,比后一时段多一倍,占 71%。

3 21 世纪长江中下游梅雨减弱的成因分析

3.1 PDO 负位相和拉尼娜频次增加的共同影响

不同的海温距平分布型可导致不同的环流异常,进而造成不同降水空间分布。众多研究表明,ENSO 对东亚夏季风尤其是中国夏季降水存在很大影响(钱维宏等,2009),已成为中国夏季降水首要的预测因子。图 5 给出了研究时段内梅雨强度和 1 月海温相关分布。很明显,其相关分布类似于 El Nino

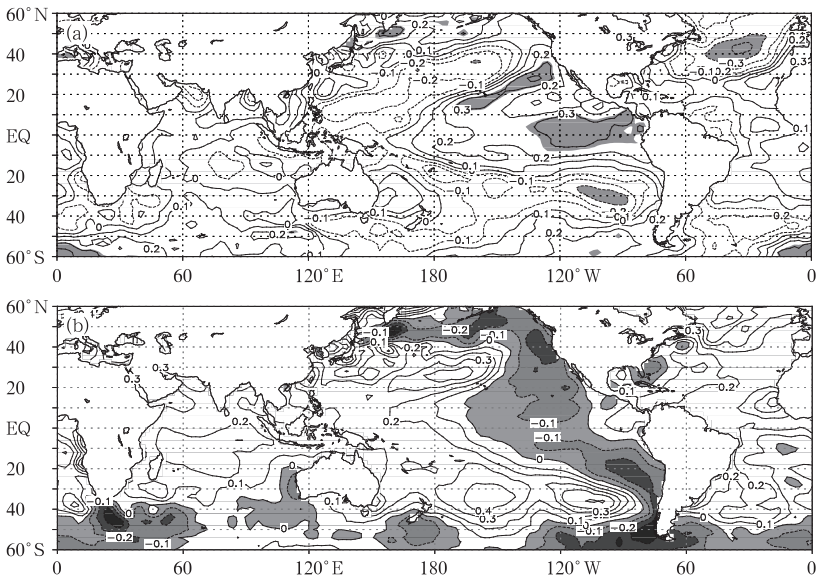


图 5 1961—2011 年梅雨强度和 1 月海温相关分布(a,阴影区为通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验区域)及 2001—2011 年 1 月平均的海温距平(b,阴影区海温距平为负)
Fig. 5 Correlation coefficients between the Meiyu intensity and the sea surface temperatures in January during 1961—2011 (a, The shaded is the area passing the significance level test with $\alpha=0.05$) and the mean SST anomaly of January in 2001—2011 (b, The shaded is negative sea surface temperature anomaly)

盛期时冬季海温距平分布型,最主要的正相关区位于赤道中东太平洋。这表明在 El Nino 背景下,梅雨强度偏强,反之,当前期赤道东太平洋海温为负距平即处于 La Nina 状态时,梅雨强度偏弱。进一步计算梅雨强度与 1 月 Nino3.4 区海温指数的 21 年滑动相关(图略)发现,二者关系在近期表现出正相关增强的趋势。另外也注意到在黑潮延伸体区至北太平洋地区也为一显著正相关区,也即 PDO 的正(负)位相有利于(不利于)梅雨偏强。这与过去的研究结果也一致。

美国 NOAA/CPC 的监测结果表明,在 2000—2011 年的 12 个冬季,有 6 个冬季发生了拉尼娜事件,这一比例比前期明显增多,从图 5b 也能看出相似特征。同时,进入 21 世纪,北太平洋 PDO 出现了转折,从 20 世纪 80 和 90 年代维持的正位相开始转为负位相。PDO 的负位相有利于夏季主要多雨带位置偏北,尤其是位于我国淮河及以北地区,从而导致长江流域降水偏少。

3.2 副高年代际增强的影响

副高的强弱和位置变化对长江中下游梅雨期降水的分布型有重要影响,过去的统计结果表明,副高强度偏强表明副高相对稳定,长江流域降水量易偏多。而副高的位置则影响到梅雨雨带的位置。最典型的例子就是 1998 年。从梅雨强度与同期 6—7 月 500 hPa 位势高度场的相关分布图(图略)可以看出,东亚地区自北向南呈现“+—+”型相关分布,西太平洋副热带地区和乌拉尔山附近为显著正相关区域,而两者中间的梅雨槽区为负相关区,表明西太副高、梅雨槽和乌拉尔山高压的不同配置对梅雨的异常分布产生直接影响。当西太副高面积偏大、强度偏强时,有利于长江中下游梅雨偏多。但这种关系并不稳定成立。很明显,最近 10 年来副高的强度增强更为明显,但梅雨量却呈年代际减少。为分析二者关系的年代际变化,计算了梅雨强度与 6—7 月 500 hPa 位势高度的 21 年滑动相关,这里给出沿 120°~150°E 平均的剖面,也即副高中心区(图 6)。显见,在整个研究时段有两个相关高值中心,一个位于 20 世纪 60 和 70 年代,另一个位于 70 年代中期至 80 年代初期。这两个时期,显著的正相关可以跨到 25 个纬度。但自 20 世纪 90 年代开始,二者关系逐渐减弱。

为何在 21 世纪当副高偏强时梅雨量反而减少?

为此分析了这一时段 6—7 月 850 hPa 风场及散度距平如图 7,同时给出 2001—2011 和 1961—2000 年时段副高 5880 gpm 特征等值线。很明显,在 21 世纪,由于西太平洋暖池海温增暖,使得空气受热膨胀,副高体也膨胀,位势高度升高。从图 7 看出,

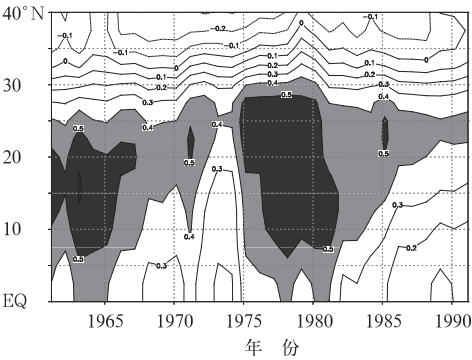


图 6 梅雨强度与 6—7 月 500 hPa 位势高度 21 年滑动相关

(沿 120°~150°E 平均,阴影区为通过 $\alpha=0.05$ 显著性水平检验的区域)

Fig. 6 21-year running correlation coefficients between the Meiyu intensity and the 500 hPa geopotential height in June-July averaged between 120°—150°E (The shaded is the area passing the significance level with $\alpha=0.05$)

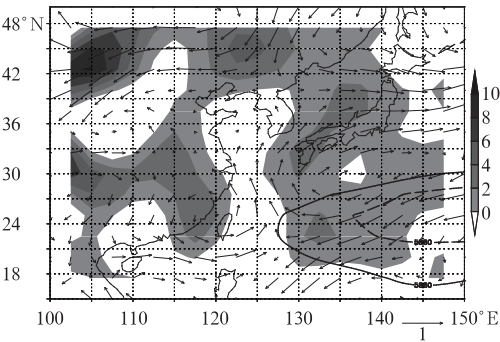


图 7 2001—2011 年 6—7 月 850 hPa 风场距平(矢量)及散度距平

(阴影区表示正距平,粗实线和粗虚线分别为 2001—2011 及 1961—2000 时段副高 5880 gpm 特征等值线)

Fig. 7 Averaged horizontal wind anomaly (vector) and the divergence departure (shaded areas mean the positive departure values) at 850 hPa during 2001—2011

(Thick solid and dashed lines mean the 5880 gpm contour of the western Pacific subtropical high in 2001—2011 and 1961—2000 periods, respectively)

2001 年以来副高西伸脊点的平均位置位于 127°E 左右,比前一时段平均位置偏西约 10°E 。另外,副高的北界位置也更偏北。这样的副高形势将阻止源自印度洋和孟加拉湾的西南气流向长江中下游地区输送,水汽路径更加偏西偏北至淮河及以北地区,这从图 7 中 35°N 以北的南风距平分量可以看出。在这样的环流型控制下,长江中下游地区低层为正散度距平,即对应于上升运动弱,这就解释了为何在 21 世纪副高偏强时长江流域梅雨反而减少。

4 结论和讨论

在全球变暖背景下,梅雨各特征量出现了新的特征,尤其是 21 世纪以来入梅偏晚,出梅偏早,梅雨长度缩短,梅雨强度减弱。通过统计发现,梅雨期内降水日数明显减少,在梅雨长度缩短的同时,降水日数占梅雨期长度的比例也有所下降,表明梅雨期内强降水越来越集中。

从前期影响因子分析,由于在 2001—2011 年北太平洋海温处于 PDO 的负位相,有利于夏季我国主要多雨带位置偏北。另一方面,这一时段拉尼娜事件频繁发生,使热带西太平洋海温增高,有利于副高偏强偏西偏北,阻止了源自印度洋和孟加拉湾的西南气流向长江中下游地区输送,迫使水汽路径更加偏西偏北至淮河及以北地区,长江中下游地区低层为正散度距平,即对应于弱的上升运动。在上述因素共同作用下,这一时期夏季主要多雨带位置偏北,主要位于我国淮河及以北地区,导致长江流域梅雨降水减少。

影响梅雨的因素复杂,其他因子如积雪、海冰等的作用还需要进一步分析。另外,以前对梅雨影响的研究只是集中在梅雨降水强度方面,其他梅雨指标如入梅、出梅的影响因子也需深入研究。

致谢:感谢中国气象局短期气候预测国家级创新团队的技术指导。

参考文献

鲍媛媛,金荣花,赵瑞霞,等. 2009. 2008 年东亚夏季风异常及其对江淮梅雨的影响. 气象, 35(4): 34-42.

陈烈庭, 吴仁广. 1998. 青藏高原雪盖与中国季风雨年际和年代际变化的关系 // 中国科学大气物理研究所编. 东亚季风和中国暴雨. 北京: 气象出版社, 230-239.

高辉, 王永光. 2007. ENSO 对中国夏季降水可预测性变化的研究. 气象学报, 65(1): 131-137.

高辉, 薛峰, 王会军. 2003. 南极涛动年际变化对江淮梅雨的影响及预报意义. 科学通报, 48(Z2): 87-92.

龚道溢, 朱锦红, 王绍武. 2002. 长江流域夏季降水与前期北极涛动的显著相关. 科学通报, 47(7): 546-549.

何诗秀, 傅秀琴. 1992. 梅雨和台风年际变化及其关系的研究. 气象, 18(3): 8-12.

贾小龙, 李崇银. 2005. 南印度洋海温偶极子型振荡及其气候影响. 地球物理学报, 48(6): 1238-1249.

李崇银, 顾薇, 潘静. 2008. 梅雨与北极涛动及平流层环流异常的关联. 地球物理学报, 51(6): 1632-1641.

李崇银, 咸鹏. 2003. 北太平洋海温年代际变化与大气环流和气候的异常. 气候与环境研究, 8(3): 258-273.

梁萍, 丁一汇. 2008. 上海近百年梅雨的气候变化特征. 高原气象, 12(27): 76-83.

毛文书, 王谦谦, 景艳, 等. 2007. 江淮梅雨与冬季西太平洋海温的 SVD 分析. 气象, 33(8): 83-89.

钱维宏, 朱江, 王永光, 等. 2009. 江淮梅雨和赤道太平洋区域海温变化的关系. 科学通报, 54(1): 79-84.

司东, 丁一汇, 柳艳菊. 2010. 中国梅雨雨带年代际尺度上的北移及其原因. 科学通报, 55(1): 68-73.

陶诗言, 李吉顺, 王昂生. 1997. 东亚季风与我国洪涝灾害. 中国减灾, 7(4): 17-20, 24.

陶诗言, 张庆云, 张顺利. 1998. 1998 年长江流域洪涝灾害的气候背景和大尺度环流条件. 气候与环境研究, 3(4): 290-299.

陶亦为, 孙渤照, 李维京, 等. 2011. ENSO 与青藏高原积雪的关系及其对我国夏季降水异常的影响. 气象, 37(8): 919-928.

魏凤英, 谢宇. 2005. 近百年长江中下游梅雨的年际及年代际振荡. 应用气象学报, 16(4): 492-499.

徐海明, 何金海, 董敏. 2001. 江淮入梅的年际变化及其与北大西洋涛动和海温异常的联系. 气象学报, 59(6): 694-706.

徐群. 2007. 121 年梅雨演变中的近期强年代际变化. 水科学进展, 18(3): 327-335.

徐群, 杨义文, 杨秋明. 2001. 长江中下游 116 年梅雨(一). 暴雨·灾害, 44-53.

徐卫国, 江静. 2004. 我国东部梅雨雨区的年际和年代际的变化分析. 南京大学学报(自然科学版), 40(3): 292-303.

杨义文. 2002. 长江中下游梅雨与中国夏季旱涝分布. 气象, 28(11): 11-16.

张明玉. 1997. 1996 年与 1991 年梅雨期灾情及致灾因素对比分析. 气象, 23(9): 46-49.

张庆云, 陶诗言, 张顺利. 2003. 夏季长江流域暴雨洪涝灾害的天气气候条件. 大气科学, 27(6): 1018-1030.

赵振国, 廖荃荪. 1992. 冬季北太平洋涛动和我国夏季降水. 气象, 18(2): 11-16.

朱平盛, 张苏平, 胡桂芳. 2000. 北太平洋海温异常对我国降水影响的数值试验. 气象, 26(5): 3-7.

竺夏英, 何金海, 吴志伟. 2008. 长江中下游入梅指数及早晚梅年的海气背景特征. 大气科学, 32(1): 113-122.

宗海锋, 张庆云, 彭京备. 2005. 长江流域梅雨的多尺度特征及其与全球海温的关系. 气候与环境研究, 10(1): 101-114.