

田 苗,童杨辉. TRMM 卫星降水数据在江苏省的适用性分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):440-444.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.132

TRMM 卫星降水数据在江苏省的适用性分析

田 苗¹,童杨辉²

(1. 江苏省农业科学院农业经济与信息研究所,江苏南京 210014; 2. 武汉大学遥感信息工程学院,湖北武汉 430079)

摘要:为了验证 TRMM 降水数据在江苏省的适用性,本研究利用江苏省 4 个气象站 2000—2014 年的降水数据,在不同时间尺度上分析 TRMM 多卫星降水数据 3B43 产品的精度。结果表明:TRMM 在不同时间尺度的估测精度都较高,在月尺度上 r^2 都在 0.9 左右,但 TRMM 估测的降水量普遍低于测站的降水量;在季节尺度上,降水比较集中的夏季估测精度最低,冬季的估测精度最高,在冬小麦整个生育期内 TRMM 的估测精度较好;从气象站分布看,位于苏北冬小麦主要产区的徐州站估测精度最好,赣榆的估测精度最低。因此,TRMM 数据可以用来研究苏北地区冬小麦全生育期的降水量状况。

关键词:TRMM 卫星;遥感;降水数量;江苏省;估测精度;冬小麦;全生育;降水量状况

中图分类号: TP79;S127 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0440-05

空间化的降水信息对于区域水文、水资源分析以及区域水资源管理、旱涝灾害的管理和生态环境治理都具有重要意义,获取精确的降水空间分布特征可以通过建立密度极高的雨量站获得。虽然我国已经建立了相当多的雨量站和气象站,但有限的站点以及空间分布不均不能满足研究和应用的需求。近几十年来,随着遥感技术和气象卫星技术的发展,通过卫星遥感数据对降水信息进行探测反演和同化,为研究降水提供了新的手段。基于遥感的降水观测数据具有覆盖面广、时间和空间分辨率高,不受地形和气候条件限制等特点,已成为降水数据的重要来源。

TRMM(tropical rainfall measurement mission)是由美国国家宇航局(National Aeronautical and Spatial Administration, NASA)和日本国家空间发展局(National Space Development Agency, NASDA)共同研制开发的试验卫星^[1],于 1997 年 11 月 27 日发射成功。TRMM 卫星至今已积累了海量的覆盖陆地和海洋的高时间和空间分辨率的降水数据。国内外已有研究成果表明,TRMM 数据与台站和雷达观测数据具有良好的 consistency^[2-9],在作为降水数据来源方面展现了良好的应用前景。但 TRMM 降水数据在不同研究区域估测精度不同,因此,在特定研究区域内使用 TRMM 数据之前,须要对其适用性进行验证。由于本试验研究综合干旱指数,而降水因素对干旱的影响较大,引入 TRMM 降水数据有望提高干旱监测精度,且针对江苏冬小麦种植区,所以研究区域主要选在江苏中部和北部,尤其江苏北部冬小麦主要种植区域内。因此,本试验选取江苏徐州、连云港赣榆区、南京和东台 4 个气象站点的降水数据分析 TRMM 在江苏省的适用性。

1 数据介绍与研究方法

1.1 数据介绍

TRMM^[1]是由美国国家宇航局和日本国家空间发展局共同研制,于 1997 年 11 月成功发射的第 1 颗专门用于定量测量热带、亚热带降水的气象卫星。卫星设计轨道高度 350 km,倾角 35°,能够满足对热带地区加密观测的要求。2001 年 8 月卫星轨道高度从 350 km 调整为 400 km,以延长其使用寿命。卫星上搭载的用于降水观测的主要传感器有降水雷达(PR)、被动式微波辐射计(TMI)以及可见/红外传感器(VIRS)。其中,PR 是第 1 个星载降水雷达,能够观测降水的三维结构,工作频率 13.8 GHz,刈幅 220 km,星下点水平分辨率 4.3 km,垂直分辨率 0.25 km。

TRMM 3B43 月降水数据产品是由 TRMM 全球 3 h 降雨估计产品 3B42、NOAA 气候预测中心气候异常监测系统(CAMS)的全球格点雨量测量器资料、全球降水气候中心(GPCC)的全球降水资料共同合成的覆盖南北纬 50°之间的全球格网降水数据。该数据产品的水平分辨率为 0.25°×0.25°,存储格式为 HDF 格式,我国黑龙江、内蒙古 2 个省部分高纬度地区没有数据覆盖。

本研究所用数据包括为地面气象站点实测降水数据和 TRMM 3B43 数据,降水观测数据来自中国气象数据共享服务中心,选取 2000—2014 年江苏地区 4 个站点的气象数据,对卫星降水数据进行检验。尽管降水数据可以通过气象站观测、卫星遥感、大气模式模拟等获取,但是地面气象站点观测的降水数据仍然是最准确的^[10-11],因此在本研究将该实测数据作为“真值”。

1.2 研究方法

1.2.1 气象站点分布 图 1 为 4 个气象站点在江苏省的位置分布,徐州和连云港赣榆站分布在江苏北部,东台和南京站位于江苏的中部。图 1 中的背景为 TRMM 降水数据,网格为 0.25°×0.25°。由图 1 可以看出,徐州、东台和南京 3 个气象站均在内陆地区,而赣榆站所对应的 TRMM 降水格点数据一部

收稿日期:2015-11-20

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(编号:41401416);江苏省农业科学院基本科研业务专项[编号:ZX(15)4055]。

作者简介:田 苗(1984—),女,河北保定人,博士,助理研究员,主要从事遥感技术在农业灾害中的应用研究。Tel:(025)84391304; E-mail:tm1304207@126.com。

分在江苏省内,一部分在江苏省外,但江苏省外的部分是水体,因此该站点 TRMM 的估测精度会受到水陆混合像元的影响。

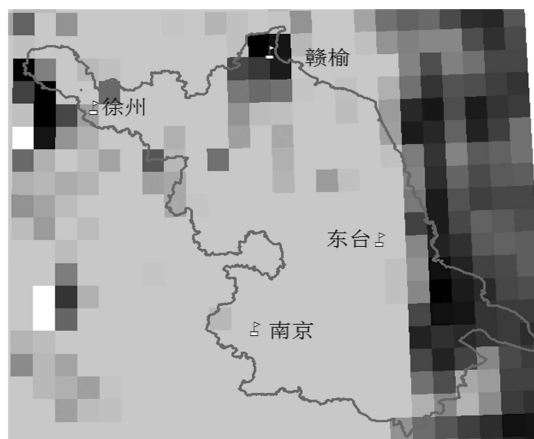


图1 气象站点在江苏省的分布情况

1.2.2 研究方法 本研究的精度评价方法按不同时间尺度分为年尺度、季节尺度和月尺度进行分析。在年尺度上,通过计算 4 个气象站多年平均降水量,并与 TRMM 降水数据对应的多年平均降水量进行对比,计算相对偏差,并对 4 个气象站的年降水量和 TRMM 年降水量作散点拟合分析。在季节尺度上,把 4 个气象站 2000—2014 年的降水量按 4 个季节(春季 3—5 月,夏季 6—8 月,秋季 9—11 月,冬季 12 月至翌年 2 月)计算季节降水量,并与 TRMM 季节降水量进行散点拟合,分析 TRMM 季节降水量的估测精度。在月降水尺度上,通过气象站点和 TRMM 月降水量散点拟合,多年月平均降水量对比,和 4 个气象站年降水量变化趋势分析等方法来研究 TRMM 月降水量的估测精度。

年降水量变化趋势^[12]具体计算方法——设某站点年降水量时间序列可以用一次直线方程来定量描述:

$$y = a_0 + a_1 t. \quad (1)$$

式中: y 为降水量; t 为时间; a_0 为常数项。降水趋势变化率方程为:

$$a_1 = \frac{dy}{dt}. \quad (2)$$

式中: a_1 为线性趋势项, $a_1 \times 10$ 单位为 mm/10 年。

2 TRMM 估测与气象站实测降水量对比分析

2.1 年降水量对比

测站年降水量和 TRMM 年降水量散点拟合结果(图 2)显示,TRMM 对江苏 4 个站点 2000—2014 年的年降水量的拟合结果较好, $r^2 = 0.7869$ 。

通过统计站点多年平均降水量的相对偏差(表 1)可以看出,TRMM 多年平均降水量与气象站点相比,相对偏差均为负值,即江苏省 TRMM 的年平均降水量的估测值偏低,其中赣榆气象站的相对偏差最大,为 -20.59%,徐州气象站的相对偏差最小,为 -11.79%。相比较而言,4 个气象站中徐州年降水量最低,年相对偏差也最小,赣榆站受到水陆混合像元的影响,多年平均相对偏差最大。

2.2 季节降水量对比

不同季节降水量有很大差别,一般夏季降水量高于冬季,

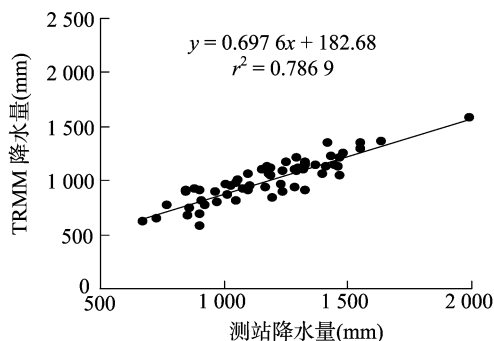


图2 测站和 TRMM 年降水量散点图示

表 1 气象站与对应 TRMM 像元年平均降水量相对偏差

气象站	TRMM 年平均降水量 (mm)	气象站年平均降水量 (mm)	相对偏差 (%)
南京	1 143.168	1 320.542	-13.43
徐州	888.072	1 006.793	-11.79
连云港赣榆	940.354	1 184.206	-20.59
东台	1 061.528	1 222.302	-13.15

那么 TRMM 的季节降水量的估测精度也有待验证。把江苏省 4 个气象站 2000—2014 年的降水量按 4 个季节计算降水量并与 TRMM 数据相应时期计算的结果进行拟合,结果如图 3 所示,在 4 个季节当中 TRMM 数据与对应气象站的降水量冬季拟合结果最好(r^2 为 0.9507,拟合线的斜率接近 1),其次是春季、秋季,而夏季拟合结果最低(r^2 为 0.7786)。这与一些已有研究的结果不同,例如,吴雪娇等在黑河流域对 TRMM 降水数据进行验证,结果显示夏季拟合精度最好,其次是秋季、春季,而冬季的拟合精度最差^[13]。由于江苏省夏季降水量远远高于其他季节,东台站夏季降水最高,达到 1 178 mm,虽然江苏省冬季相对夏季降水偏少,但最低也能达到 22 mm。黑河流域冬季降水少于 10 mm,夏季降水量最高的野牛沟站为 282.3 mm,最低的站为 16.6 mm^[13],该地区的夏季降水量与江苏省的冬季降水量相当,因此出现了不同的结论。

从整体上来讲,TRMM 降水数据对江苏省的估测精度较高,尤其是冬季($r^2 = 0.9507$)和春季($r^2 = 0.8785$)覆盖整个冬小麦生育期。

2.3 月降水量对比

利用 2000 年 1 月至 2014 年 12 月的气象台站月降水资料(每个气象站 180 个样本)和 TRMM 月降水资料进行散点拟合(图 4)。月尺度的 TRMM 拟合精度都较高,在 4 个站点 r^2 均在 0.9 左右,拟合线斜率在 0.7~0.8 之间,说明 TRMM 降水量的估测值偏低。

对江苏省 4 个站点所在 TRMM 像元与测站记录的月降水量 15 年平均值进行对比(图 5)能够看出,TRMM 对各个月份降水的估测能力,图 5 显示 6—8 月两者的差异明显较大。在冬小麦生育期内(11 月至次年 5 月),各站 TRMM 的估测精度都较好,且在这几个月中江苏省降水明显偏低,尤其是苏北地区(徐州站和连云港赣榆站),该图也验证了研究苏北冬小麦干旱的必要性,同时说明冬小麦生育期内 TRMM 在江苏省的可用性。

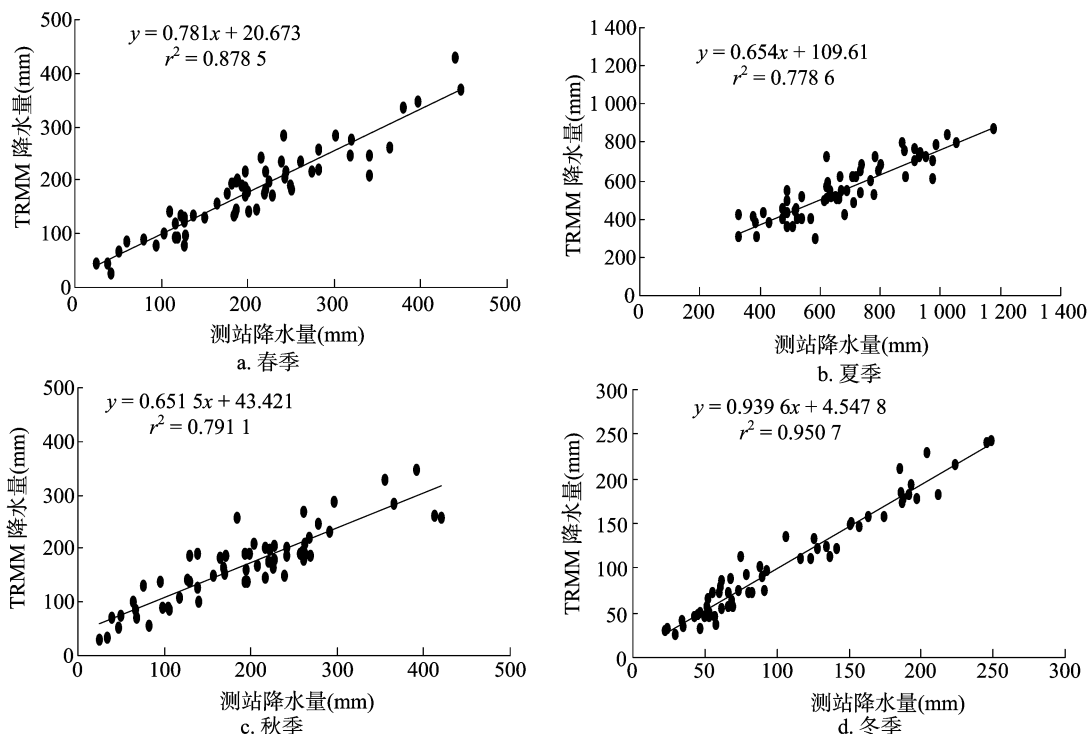


图3 季节降水量散点图示

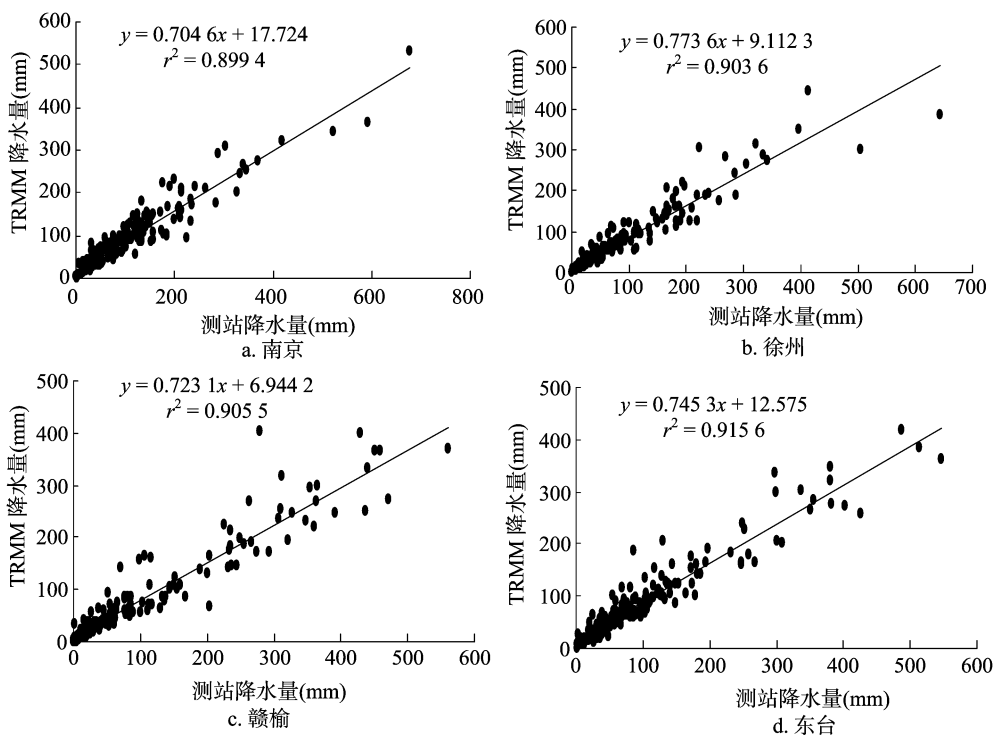


图4 月降水量散点图示

2.4 趋势对比

对 15 年年降水量变化趋势进行对比,结果(图 6)表明,除连云港赣榆站外,其余 3 个站的变化曲线都吻合得比较好。

拟合每条折线并计算变化趋势(表 2)可以看出,徐州站的变化趋势吻合得非常好,趋势性也较其他站强。由于时间序列相对较短,其余站的趋势不明显。

通过以上综合分析可知,徐州站的估测精度最高,赣榆站

的估测精度最低,将 2 个站的月降水量变化趋势(图 7)进行展示,发现 TRMM 月降水量和气象站记录的降水量变化趋势基本一致,峰值和波谷处都能较好吻合,能够体现降水量的季节变化特征。从月降水量多年变化趋势发现,在徐州站,除 2000、2005 年夏季降水量峰值精度较低外,其他年份都能较好得吻合。在赣榆站,估测精度较低的月份多集中在每年的夏季降水峰值月。

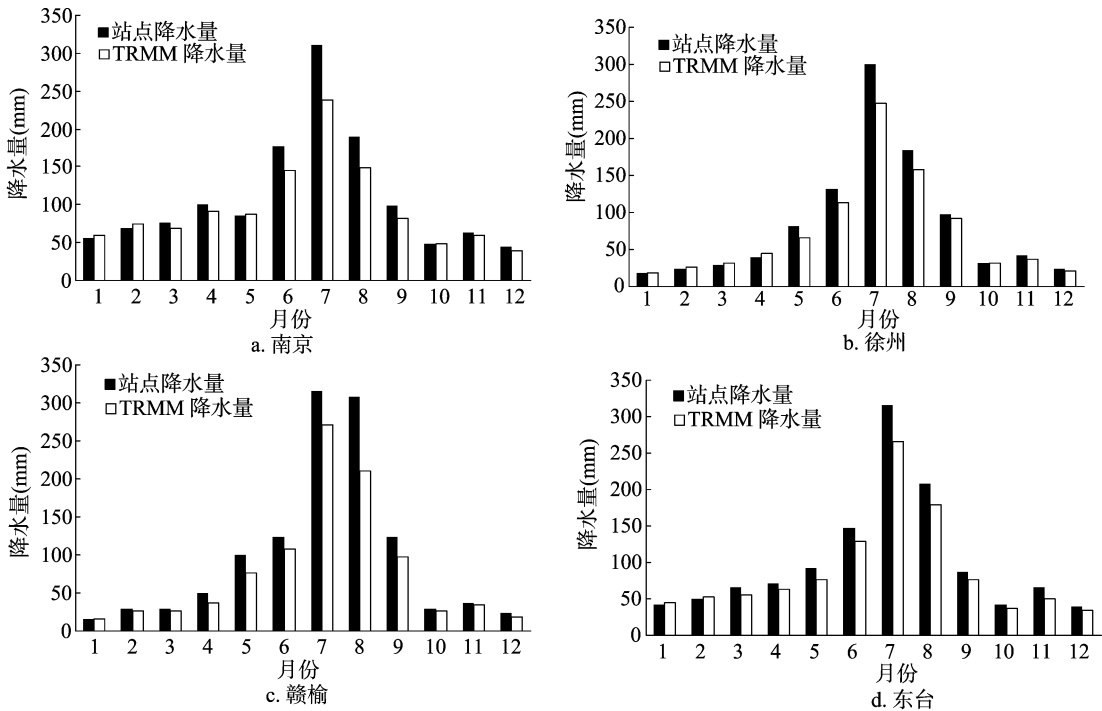


图5 各气象站与对应的 TRMM 月平均降水量对比图

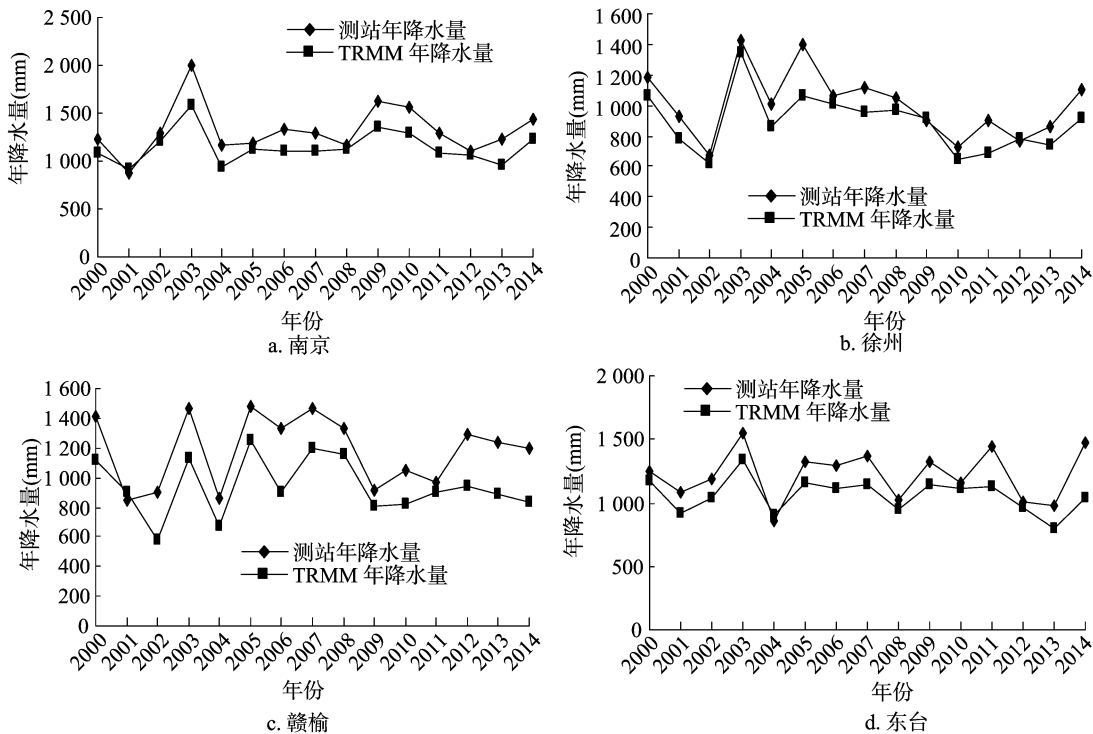


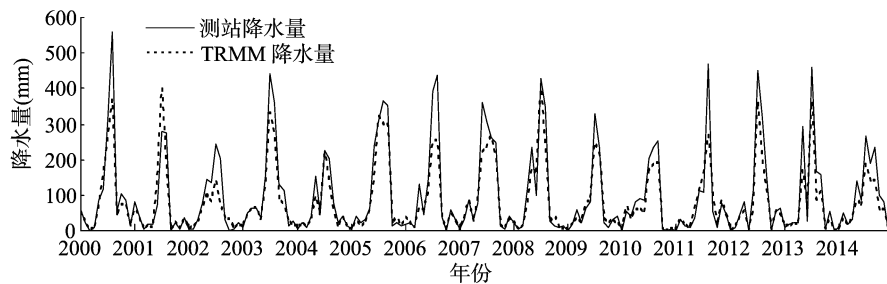
图6 各个测站与 TRMM 年降水量在 2000—2014 年变化趋势

表 2 气象站逐月降水量与对应 TRMM 像元降水量变化趋势对比

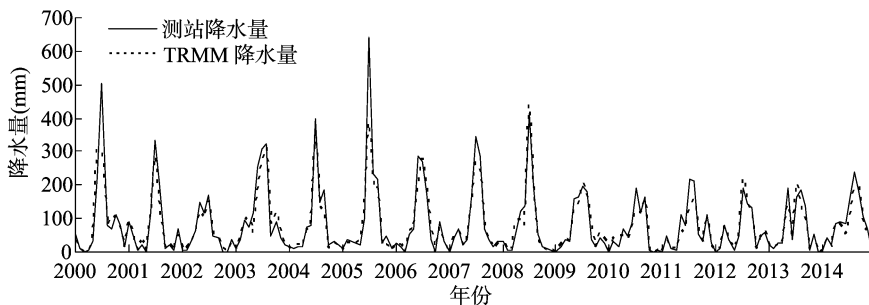
气象站	TRMM 降水量变化趋势 (mm/10 年)	气象站降水量变化趋势 (mm/10 年)
南京	3.328	57.036
徐州	-144.850	-155.110
连云港赣榆	-53.561	7.660
东台	-85.330	6.542

3 结论

本研究基于江苏省 2000—2014 年连续 15 年的实测降水量,对该区同时段 TRMM 数据进行了精度验证,通过年降水量、季节降水量和月降水量 3 个尺度,分析 TRMM 对江苏省降水过程的探测能力,由此得到如下结论:(1) TRMM 3B43 降水数据在年、季和月尺度上均具有较高的精度,月降水量 r^2



a. TRMM 估测精度最高的徐州站



b. TRMM 估测精度最低的赣榆站

图7 月降水量时间序列分布

均在 0.9 左右,但 TRMM 估测的降水量普遍低于测站的降水量。(2)TRMM 估测的降水量在夏季精度低于其他季节,冬季估测的精度最高。(3)徐州站估测精度最高,赣榆站估测精度最低,主要是因为水陆混合像元的影响较大。

综上,TRMM 对江苏省的降水量有较好的估测能力,估测精度整体较高,能够用于时空特征分析,但不同地区不同时间尺度误差程度有所不同,使用时须谨慎。由于徐州位于苏北小麦主产区,也是容易发生干旱的地区,TRMM 数据对徐州站的估测精度最高,且在小麦生育期内,TRMM 降水量的估测精度较高。因此,TRMM 降水资料可用于监测冬小麦生育期内降水量的情况。

参考文献:

- [1] Simpson J, Kummerow C, Tao W K, et al. On the tropical rainfall measuring mission (TRMM) [J]. Meteorology and Atmospheric Physics, 1996, 60(1/2/3): 19 - 36.
- [2] 王晓杰, 刘海隆, 包安明. TRMM 多降水产品在天山及周边地区的适用性研究 [J]. 水文, 2014, 34(1): 58 - 64.
- [3] 吕 洋, 杨胜天, 蔡明勇, 等. TRMM 卫星降水数据在雅鲁藏布江流域的适用性分析 [J]. 自然资源学报, 2013, 28(8): 1414 - 1425.
- [4] 蔡研聪, 金昌杰, 王安志, 等. 中高纬度地区 TRMM 卫星降雨数据的精度评价 [J]. 应用生态学报, 2014, 25(11): 3296 - 3306.
- [5] Moazami S, Golian S, Kavianpour M R, et al. Comparison of PERSIANN and V7 TRMM muliti - satellite precipitation analysis

products with rain gauge data over Iran [J]. International Journal of Remote Sensing, 2013, 34(22): 8156 - 8171.

- [6] 骆 三, 苗俊峰, 牛 涛, 等. TRMM 测雨产品 3B42 与台站资料在中国区域的对比分析 [J]. 气象, 2011, 37(9): 1081 - 1090.
- [7] Duan Z, Bastiaanssen W G M. First results from Version7 TRMM 3B43 precipitation product in combination with a new downscaling - calibration procedure [J]. Remote Sensing of Environment, 2013, 131: 1 - 13.
- [8] 穆振侠, 姜卉芳, 刘 丰. 基于 TRMM/TMI 与实测站点的降水垂直分布差异性探讨 [J]. 干旱区研究, 2010, 27(4): 515 - 521.
- [9] 郝振纯, 童 凯, 张磊磊, 等. TRMM 降水资料在青藏高原的适用性分析 [J]. 水文, 2011, 31(5): 18 - 23.
- [10] Xie P, Arkin P A. Global precipitation: a 17 - year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997, 78(11): 2539 - 2558.
- [11] New M, Todd M, Hulme M, et al. Precipitation measurements and trends in the twentieth century [J]. International Journal of Climatology, 2001, 21(15): 1889 - 1922.
- [12] Huffman G J, Adler R F, Bolvin D T, et al. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): quasi - global, multiyear, combined - sensor precipitation estimates at fine scales [J]. Journal of Hydrometeorology, 2007, 8(1): 38 - 55.
- [13] 吴雪娇, 杨梅学, 吴波洪, 等. TRMM 多卫星降水数据在黑河流域验证与应用 [J]. 冰川冻土, 2013, 35(2): 310 - 319.