

基于陆面模式NCAR/CLM3.5的东北区域生长季地表干湿状况时空分布特征模拟研究

涂 钢^{1,2}, 刘 波^{2,3}, 王淑瑜^{2,4}

(1. 吉林省气象科学研究所, 中高纬度环流系统与东亚季风开放实验室, 吉林 长春 130062;

2. 中国科学院大气物理研究所东亚区域气候—环境重点实验室, 北京 100029;

3. 国家气候中心, 北京 100081; 4. 南京大学大气科学学院, 江苏 南京 210093)

摘要:利用东北地区地面102站56 a(1951~2006年)逐日气象观测资料,驱动NCAR陆面模式CLM 3.5,模拟东北地区生长季地表水分盈余量(Surface Water Surplus, SWS),探讨和分析了东北地区生长季1951~2006年地表干湿状况的时空变化规律。结果表明:1971~2000年平均东北地区生长季SWS反映的地表干湿状况具有较大的地域差异,全区SWS为100~800 mm;中、西部为SWS低值区,属半干旱、半湿润区;东、南、北部为相对高值区,属湿润、半湿润区。生长季地表干湿状况存在显著的年际、年代际变化;56 a来,东北地区生长季SWS呈线性减少趋势,即地表变干,SWS空间分布的年代际变化,同样表现为变干趋势,尤其2000~2006年是地表变干最为显著的时期,表明在全球变暖背景下东北地区地表干旱化趋势增强。分析表明地表干湿状况是下垫面与气候变化共同作用的结果,研究地表干湿状况需要综合考虑水分收支项。

关键词:东北地区;地表干湿;陆面模式;地表水分盈余

中图分类号:P95;P467

文献标识码:A

文章编号:1000-0690(2012)06-0746-06

在全球变暖的背景下,中国北方的干旱化趋势已作为突出的区域性环境问题受到普遍重视。干旱化是水、土、气、生和人所组成的区域环境系统的综合异常表现^[1,2],区域地表干湿状况在一定程度上反映了区域环境的现状和差异,是研究全球变化区域响应的基础^[3]。

东北地区是中国重要的粮食主产区和最大的商品粮生产基地,对维系中国粮食安全起着举足轻重的作用。气候干旱化直接影响东北地区的粮食生产和生态环境^[4-6],对东北地区中部——中国重要的商品粮基地形成较大威胁,因此分析东北地区地表干湿状况、研究干旱形成机理、探索应对措施具有重要的现实意义和迫切性。

通常情况下,用降水和蒸发这两个最重要的地表水分收支分量之间的差值、比值等来反映地表的干湿状况^[7,8],这类方法的关键是地表蒸散量的估算,但常用的方法仍然是对蒸发力、潜在蒸发

的估计,如蒸发皿蒸发、Thornthwaite方法^[9]、Penman-Monteith方法^[10]等等,忽略了潜在蒸散和实际蒸散的机理不同、对地表水分过程描述不足;目前,蒸散遥感反演方法相继发展完善,但瞬时、间断性观测等方面的不足亟待解决^[11]。

陆面过程野外观测试验和陆面模式研究日益受到了广泛的重视,经过半个多世纪的发展,模式的物理过程和参数化方案日臻完善,尤其在积雪、径流、土壤水等方面的改进,使得模式在水文方面的模拟性能有了很大的提高^[12-14]。如本文选用的NCAR/CLM是目前世界上发展最为完善而且也是最具发展潜力的陆面过程模式之一,对东亚乃至世界范围不同气候带不同下垫面类型下的陆气通量、土壤温度、土壤湿度的检验证明了该模式具有良好的模拟能力^[15,16]。因此,通过高精度(时间、空间)的大气驱动场和物理过程相对完备的陆面模式模拟获得全球和区域性的历史陆面状态变量和

收稿日期:2012-01-04; **修订日期:**2012-02-20

基金项目:国家自然科学基金项目(41175084、40975055、41175083)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY: 201106021、201106016、201106015)资助。

作者简介:涂 钢(1968-),女,湖北鄂州人,副研究员,主要研究方向:陆面过程与气候变化研究。E-mail:shenxintu@yahoo.com.cn

陆表通量数据,为研究区域或流域尺度地表过程变化规律提供了一条有效途径。

近十几年来,应用陆面模式模拟获得区域陆面状况的研究在国际上取得了相当的进展,主要包括:北美陆地数据同化系统(NLDAS)^[17],全球陆地数据同化系统(GLDAS; <http://ldas.gsfc.nasa.gov>)^[18]等。与此同时,使用多种数据源(观测、卫星等)为驱动陆面模式构建高分辨率高可信度大气驱动场,如 GLDAS、NLDAS、Qian et al^[19]、Sheffield et al^[20]等。目前,陆面模式的输出结果已广泛应用于区域水分变量的研究,一方面验证了陆面模型对大范围地表水分状况的模拟能力^[21,22],同时也强调了准确的驱动场对于陆面过程模拟结果的重要性^[23,24]。类似的工作国内已经展开,利用集合 Kalman 滤波和 CoLM (Common Land Model)模型初步搭建了中国西部陆面数据同化系统(CLDAS)^[25];直接采用 Sheffield 等建立的全球大气强迫场或者利用中国台站资料建立的大气驱动场,驱动 NCAR/CLM,模拟中国区域的土壤温度、土壤湿度、实际蒸发等^[26-28],研究结果进一步肯定了该方法在获得陆面状态量的时空特征和长期变化趋势方面的优势。

本文利用地面气象站的逐日观测资料建立东北地区陆面模式大气驱动场,驱动陆面模式 NCAR/CLM3.5,模拟 1951~2006 年东北地区的实际蒸发,并结合观测降水获得地表水分盈余量,据此评估东北地区地表水分干湿状况。考虑到东北地区是中国重要的粮食主产区,本文主要模拟分析生长季(5~9月)的地表干湿状况。除了多年平均态地表干湿的空间分布,本文还探讨和分析了年际、年代际尺度的地表干湿变化规律,尝试揭示过去 56 a 东北地区地表干旱化的趋势演变。

1 资料、模式和方法

1.1 资料

本文中所用的资料主要来自于中国气象局信息中心资料室,东北区域内 102 个站的资料,时间尺度为 1951~2006 年,观测数据包括平均气温、降水、相对湿度、气压、风速和土壤湿度。其中气温、相对湿度、气压和风速每日有 4 次观测值(2 时,8 时,14 时,20 时),且包含日最大、最小值;日降水白天、夜间各有一次观测数据;土壤湿度为区域内 16 站,1983~2002 年生长季(5~9 月)常规逢八观测的数据。因区域内太阳辐射观测很少,故建立驱动

场所需的短波和长波辐射数据来源于 Sheffield 等整理的数据^[20]。

1.2 模式简介

NCAR/CLM3.5 (NCAR Community Land Model 3.5)是综合了现有陆面过程 BATS、LSM、IAP94 的优点发展的新一代陆面模型^[29,30],已利用全球不同气候带(包括东亚)的不同典型下垫面的野外观测进行模拟性能验证,效果良好。此模式在广泛地考虑生物物理过程的同时,也考虑了生物地球化学过程、水文过程和生态过程,具体包含土壤、雪的多层参数化方案、能量和水分平衡的次网格百分比平铺方案,径流 TOPMODEL 参数化方案等等。大量 offline 试验的结果同观测的径流、河流流量、土壤湿度以及总的水储量相比,CLM3.5 在全球蒸散发的分配上有了显著的提高,并使得模拟的土壤更湿、植被水压更小,植被蒸腾作用和光合作用的增强以及总的水储量年际变化模拟的改善,径流年际变化的相位和振幅也得到改善。基于这个模式发展比较成熟,机理考虑得比较完善,因此选用它进行东北地区陆面过程模拟。

1.3 方法

基于区域内 102 个气象站观测资料通过时间、空间内插,建立陆面模式大气驱动场,驱动陆面模式,offline 模拟输出连续时间序列的实际蒸散,构造地表水分盈余量(降水-实际蒸散),据此讨论地表干湿状况的变化。

1.3.1 大气驱动场的建立

所建立的大气驱动场为:1951~2006 年,时间步长 3 h,空间分辨率 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$;主要的变量包括长、短波辐射、气温、降水、风速、气压、比湿等。几点说明如下:

1) 利用同一站不同年同一天同一个时次已有的数据来插补缺失数据。

2) 利用各个变量一日 4 次的观测资料拟合变量日变化曲线而得到一日 8 次的数据,并保证数据日平均值或总值保持不变。

3) 降水量的插值方法:将白天和夜晚的降水量分别进行平均分配,得到白天和夜晚各 4 次的降水率(mm/s)数据,进而得到一日 8 次的降水率资料。

4) 利用 Sheffield 等整理的入射短波辐射(分辨率为 1°),插值到 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 的网格上,得到东北地区的辐射数据。

5) 采用克里格空间插值方法将观测站点数据插值到相应的网格点。

1.3.2 地表水分盈余的计算

为衡量地表的干湿状况,定义地表水分盈余量(Surface Water Surplus,简称SWS,单位:mm): $SWS=P-ET$,其中 ET 为实际蒸散量(mm),本文采用模式NCAR/CLM3.5模拟输出的实际蒸散量; P 为降水量(mm)。SWS很直观的反映了地表的干湿状况和强度,SWS值越大表示预留到地表再分配的水量越大,地表越湿润;反之,值越小,地表越缺水,干旱强度增大。

1.3.3 土壤储水量计算

$$Q_i=W_i\times D_i\times h \tag{1}$$

式(1)中, Q_i 为某层土壤储水量(mm), W_i 为该层的土壤绝对湿度(%), D_i 为该层的土壤容重(g/cm^3), h 为该土层厚度(mm)。

2 结果分析

2.1 地表水分盈余量(SWS)模拟结果的初步检验

用收集到的土壤绝对湿度的观测资料逐站计算了生长季0~50 cm的土壤储水量,通过同期的相关分析,可以看到生长季SWS与0~50 cm的土壤储水有较好的相关关系(表1),16站中有10站通过了95%的信度检验,这表明利用地表水分盈余量(SWS)来反映地表的干湿状况具有相当大的可信性。

2.2 生长季地表干湿状况变化

2.2.1 1971~2000年东北地区生长季平均地表干湿状况

图1给出了东北地区1971~2000年30 a平均的生长季SWS的空间分布。全区生长季SWS在100~800 mm范围内,中、西部为低值区100~200

表1 东北16站生长季(5~9月)SWS和土壤储水量(0~50 cm)的相关系数

Table 1 Correlation between Surface Water Surplus (SWS) for growing season(May to Sep.) and soil water storage (0-50cm)								
站名	白城	长岭	敦化	梅河口	桦甸	延吉	朝阳	叶柏寿
5~9月	0.5018*	0.4577*	0.5277*	0.5004*	0.4136	0.6768*	0.3156	0.5536*
站名	新民	锦州	呼玛	富裕	海伦	泰来	宝清	虎林
5~9月	0.6609*	0.6238*	0.3042	0.1914	0.5264*	0.0267	0.3645	0.7942*

注:*表示信度大于95%。

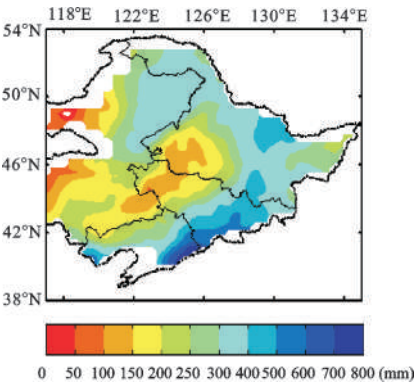


图1 东北地区1971~2000年生长季平均SWS的空间分布
Fig.1 The spatial distribution of SWS in growing season in 1971-2000 over Northeast China

mm,东、北部为300~500 mm,南部是相对高值区400~800 mm,显示出较大的地域差异。一方面,这种分布特点与下垫面覆被类型密切相关,东北地区由东向西分布着由湿润森林、半湿润草甸草原、半干旱典型草原的植被过渡带,且中部平原植被类型多为粮食作物和经济作物,而农作物蒸散量

相对较大,周边的大、小兴安岭和长白山区森林蒸散相对较小;另一方面,这种分布在一定程度上与东北地区生长季降水的空间分布相似,差别在于因下垫面地表蒸散不同而呈现SWS的空间差异,尤其是中部地区差别较大,说明研究地表干湿状况需要综合考虑水分收支项。

对比同类研究结果,吴绍洪等^[1]应用修正的Penman-Monteith模型和干湿指数给出了近30 a中国陆地表层干湿状况分布。比较结果显示,用SWS反映的东北区域地表干湿状况的空间分布与之一致性较好,至西向东半干旱、半湿润、湿润到半湿润区的过渡与SWS的低、高值区的过渡十分吻合,两者由南到北的干湿分布也大致相同,进一步检验了本文结果的合理性。为叙述方便,参照文献[3]中东北地区的干湿分区,对应于本文SWS的0~200mm、200~400mm、400~800mm区域分别称为半干旱区、半湿润区、湿润区。

2.2.2 东北地区生长季地表干湿状况的年代际变化
分别计算了东北地区1951~2006年各年代10

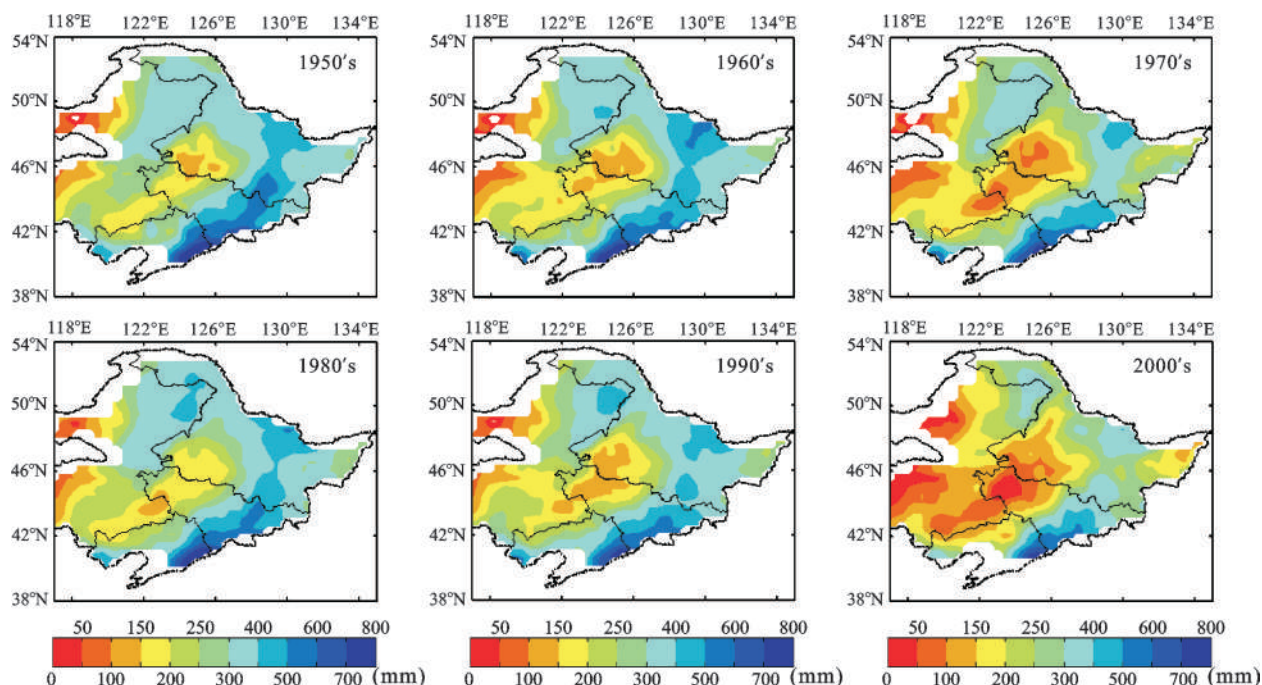


图2 东北地区1951~2006年生长季SWS空间分布的年代际变化

Fig.2 The decadal variance of SWS in growing season in 1951-2006 over Northeast China

a 平均的生长季SWS,其空间分布如图2。从图中可以看出,东北地区生长季SWS的年代际差异十分明显,但各个年代SWS空间分布型与多年平均相似,均表现为中、西部低,北、东、南部是相对高值区,表明下垫面不同覆被类型是决定区域尺度地表干湿空间分布差异的主导因素,即不同覆被类型对降水的再分配过程(蒸散等)各不相同而导致地表干湿的差异。比较各个年代的空间分布,2000~2006年是地表变干最显著的年代,其次是20世纪70年代,半干旱区面积明显变大,湿润区面积缩小。且进入21世纪以来,地表变干不仅表现在半干旱区的面积是56 a来最大,强度也是历史之最,SWS低于50 mm的区域出现并占有一定面积,突出了全球变暖背景下东北地区的地表干旱化趋势。20世纪50年代和80年代是地表相对湿润的年代,湿润区面积增大,半干旱区面积减小,强度减弱,小于150 mm的区域很小。以往的研究表明^[31-33],东北地区总体气候变化存在暖干化倾向;增暖比较显著,温度突变期在1987年前后;夏季降水20世纪60年代中期至80年代初降水的减少比较明显,具有突变性质,80年代总体上降水有一定程度的增加,90年代旱涝交替,波动性较大。可见,SWS空间分布的年代际变化与气候的年代际变化匹配很好,说明气候的年代际差异影响地表的干湿状况,

表现在半干旱区、半湿润区、湿润区的界线和干湿强度的变化,这也在一定程度上说明本文定义的SWS能够较好地反映由下垫面与气候共同作用下的地表干湿的差异与变化。

2.2.3 东北地区生长季地表干湿状况的年际变化

东北地区生长季SWS还存在一定的年际变化特征(图3),SWS最大可达442 mm(1960年),最小仅为169 mm(2001年),线性变化趋势是减少的,即地表为变干趋势(线性倾向率为 -0.365 ,通过99%的信度检验)。56 a来,东北地区生长季SWS的变化大致可以分为4个阶段,1951~1960年SWS为增大趋势,地表逐渐变湿;1960~1979年呈减少趋势,地表逐渐变干;1979~1988年又进入地表显著变

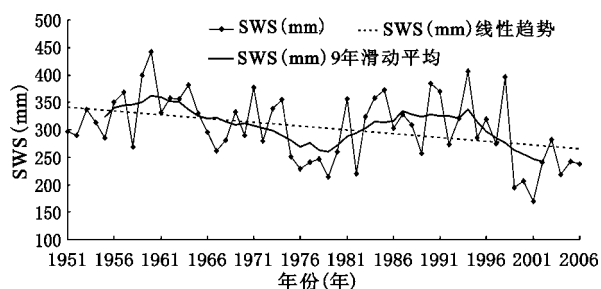


图3 1951~2006年东北地区生长季(5~9月)SWS年际变化

Fig.3 Temporal variance of SWS in growing season in 1951-2006 over Northeast China

湿阶段;1988~1994年变化平稳,趋势不明显,但年际间波动变大;1994~2006年地表变干趋势显著,SWS进入1951年来的最低值阶段,地表干旱化加剧,原因可能与全球气候变暖有关,需进一步探讨。

3 结 论

1) 东北地区1971~2000年30 a平均生长季地表水分盈余(SWS)整体变化范围为100~800 mm,中、西部为低值区100~200 mm,东、北部为300~500 mm,南部是相对高值区400~800 mm;地表干湿分布显示出较大的地域差异,南北方向依次为湿润、半湿润、半干旱、半湿润区,东西方向依次为半湿润、湿润、半湿润、半干旱区。

2) 近56 a来,东北地区生长季地表干湿状况存在显著的年际、年代际变化特征,各个年代地表干湿的空间分布型与30 a平均相似,但半干旱区、半湿润区、湿润区的界线摆动较大,其中20世纪50年代和80年代是地表相对比较湿润的年代,20世纪70年代和2000~2006年是相对比较干旱的年代;无论是年际变化的线性趋势,还是年代际变化,东北地区生长季地表均呈现变干趋势,尤其是2000~2006年,半干旱区的面积最大,地表干旱强度最强,是56a来地表变干最为显著的时期。因此,在气候变暖的背景下东北地区地表干旱化趋势呈现加剧趋势,由此引发的区域生态脆弱性问题值得关注。

3) 通过对东北地表干湿状况的研究,发现下垫面覆被类型是决定地表干湿分布型的主导因素,而区域气候的年际、年代际变化则影响其地表干湿状况的年际、年代际变化,表现为不同时段干、湿阶段的交替变化,以及区域内干、湿界线的摆动。仅用降水的多寡不能全面的反映地表干湿的变化。

本文基于气象站逐日观测资料、驱动陆面模式、模拟得到东北地区生长季地表干湿状况的年际、年代际变化,结果肯定了此方法在获得区域长序列地表状态数据的有效性,但模拟中发现降水的强度和频率变化对模式的输出结果影响特别大,为此引入加密降水观测资料改进降水驱动场,提高旬、日时间尺度上的模拟效果,是今后的努力方向。

参考文献:

[1] 符淙斌,温 刚.中国北方干旱化的几个问题[J].气候与环境研

究,2002,7(1):22~29.

- [2] 符淙斌,安芷生.我国北方干旱化研究——面向国家需求的全球变化科学问题[J].地学前缘,2002,9(2):271~275.
- [3] 吴绍洪,尹云鹤,郑 度,等.近30年中国陆地表层干湿状况研究[J].中国科学(D辑:地球科学),2005,35(3):276~283.
- [4] 廉 毅,高枫亭,任红玲,等.20世纪90年代中国东北地区荒漠化的发展与区域气候变化[J].气象学报,2001, 59(6):730~736.
- [5] 孙继敏,刘东生.中国东北黑土地的荒漠化危机[J].第四纪研究,2001,21(1):72~78.
- [6] 廉 毅,高枫亭,沈伯竹等.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.
- [7] 马柱国,黄 刚,甘文强,等.近代中国北方干湿变化趋势的多时段特征[J].大气科学,2005,29(5):671~681.
- [8] 孙 力,沈伯竹,安 刚.中国东北地区地表干湿状况的变化及趋势分析[J].应用气象学报,2003,14(5):542~551.
- [9] Thornthwait C W. An approach toward a rational classification of climate[J].Geographical Review,1948, 38(1):55~94.
- [10] Monteith J L.Environmental Control of Plant Growth[M]. New York: Academic Press, 1963: 95~112.
- [11] 马耀明,王介民.非均匀陆面上区域蒸发(散)研究概况[J].高原气象,1997,16(4):446~452.
- [12] 王介民.陆面过程实验和地气相互作用研究——从HEIFE到IMGRASS和GAME-Tibet/TIPEX[J].高原气象,1999,18(3):280~294.
- [13] 刘辉志,董文杰,符淙斌,等.半干旱地区吉林通榆“干旱化和有序人类活动”长期观测实验[J].气候与环境研究,2004,9(2):378~389.
- [14] 涂 钢,刘辉志,董文杰.半干旱区不同下垫面近地层湍流流量交换特征分析[J].大气科学,2009,33(4):719~728.
- [15] 刘少锋,林朝辉.通用陆面模式CLM在东亚不同典型下垫面的验证试验[J].气候与环境研究,2005,10(3):684~699.
- [16] 宋耀明,郭维栋,张耀存,等.陆面过程模式CoLM和NCAR_CLM3.0对中国典型森林生态系统陆气相互作用的模拟I.不同模式模拟结果的初步分析[J].气候与环境研究,2009,14(3):229~242.
- [17] Mitchell K E. The multi-institution North American Land Data Assimilation System (NLDAS):Utilizing multiple GCIP products and partners in a continental distributed hydrological modeling system[J].J.Geophys.Res.,2004,109,D07S90,doi:10.1029/2003JD003823.
- [18] Coauthors R M. The global land data assimilation system[J].Bull. Amer.Meteor.Soc.,2004,85:381~394.
- [19] Qian T ,Dai A, Trenberth K E ,et al. Simulation of global land surface conditions from 1948-2004.Part I: Forcing data and evaluation[J].J.Hydrometeorology,2006,7:953-975.
- [20] Sheffield,J.,G.Goteti,E.F.Wood.Development of a 50-yr high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modeling[J].J. Climate,2006,19(13):3088-3111.
- [21] Qian T, Dai A, Trenberth K E.Hydroclimatic trends in the Mississippi River Basin from 1948 to 2004[J]. J.Climate[J],2007, 20:4599-4614.

- [22] Trenberth K E, Smith L, Qian T, et al. Estimates of the global water budget and its annual cycle using observational and model data[J]. *J. Hydrometeorology*, 2007, **8**: 758-769.
- [23] Sheffield J, Ziegler A D, Chen Y. Correction of the high-latitude rain day anomaly in the NCEP-NCAR reanalysis for land surface hydrological modeling[J]. *J. Climate*, 2004, **17**: 3814-3828.
- [24] Fekete B M, Vorosmarty C J, Roads J O, et al. Uncertainties in precipitation and their impacts on runoff estimates[J]. *J. Climate*, 2004, **17**: 294-304.
- [25] 李 新, 黄春林, 车 涛, 等. 中国陆面数据同化系统研究的进展与前瞻[J]. *自然科学进展*, 2007, **17**(2): 163-173.
- [26] 陈海山, 熊明明, 沙文钰. CLM3.0 对中国区域陆面过程的模拟试验及评估 I: 土壤温度[J]. *气象科学*, 2010, **30**(5): 621-630.
- [27] 刘 波, 肖子牛, 马柱国. 中国不同干湿区蒸发皿蒸发和实际蒸发之间关系的研究[J]. *高原气象*, 2010, **29**(3): 629-636.
- [28] 李明星, 马柱国, 牛国跃. 中国区域土壤湿度变化的时空特征模拟研究[J]. *科学通报*, 2011, **56**(16): 1288-1300.
- [29] Oleson K W, Niu G Y, Yang Z L, et al. Improvements to the Community Land Model and their impact on the hydrological cycle[J]. *J. Geophys. Res.*, 2008, **113**, G01021, doi:10.1029/2007JG000563.
- [30] Niu G Y, Yang Z L. Effects of frozen soil on snowmelt runoff and soil water storage at a continental scale[J]. *J. Hydrometeorology*, 2006, **7**: 937-952.
- [31] 孙 力, 安 刚, 丁 立, 等. 中国东北地区夏季降水异常的气候分析[J]. *气象学报*, 2000, **58**(1): 70-82.
- [32] 张耀存, 张录军. 东北气候和生态过渡区近 50 年来降水和温度概率分布特征变化[J]. *地理科学*, 2005, **25**(5): 561-566.
- [33] 孙凤华, 杨素英, 陈鹏师. 东北地区近 44 年的气候暖干化趋势分析及可能影响[J]. *生态学杂志*, 2005, **24**(7): 751-755.

Spatial-Temporal Characteristics of Surface Dry/Wet Status in Northeast China by NCAR/CLM3.5

TU Gang^{1,2}, LIU Bo^{2,3}, WANG Shu-yu^{2,4}

(1. *Laboratory of Research for Middle-High Latitude Circulation System and East Asian Monsoon, Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun, Jilin 130062, China*; 2. *START Regional Center for Temperate East Asia and Key Laboratory of Regional Climate-Environment for Temperate East Asia, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*; 3. *National Climate Center, Beijing 100081, China*; 4. *School of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China*)

Abstract: Long term (1951-2006) Surface Water Surplus (SWS) for growing season (May to September) over Northeast China is produced by NCAR CLM3.5, which is driven by daily observations from 102 meteorological stations. Temporal-spatial variability of surface dry/wet status is analyzed based on the CLM3.5 simulation. The results show that, 1) in growing season, 30 year (1971-2000) averaged SWS has relatively large spatial difference, with regional SWS ranging from 100 to 800 mm. Higher SWS value locates over eastern, southern and northern parts of analysis domain, indicating a wetter condition over the area. 2) Significant inter-annual and decadal variabilities are detected in CLM3.5 results; 3) Over Northeast China the SWS has decline trend showing that the surface has been drying during past 50 years. The drying signal is also found in decadal variance of spatial distribution of SWS, and with 2000s showing most dramatic drying, it implies that in the condition of global warming the aridification over Northeast China would enhance; 4) The surface moisture condition is the combined effects of land surface process and climate change; its prediction requires the thorough understanding of surface water budget.

Key words: Northeast China; land surface; dry/wet status; land surface model; surface water surplus