

陕北地区不同植被改善方案对环境影响的数值模拟

郭建侠^{1,2,3}, 杜继稳⁴, 郑有飞³

(1. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 2. 陕西省气象科学研究所, 西安 710014;
3. 南京气象学院, 南京 210044; 4. 陕西省气象局, 西安 710014)

摘要: 植被一直是地气相互作用研究的重点。数值模拟是目前研究植被对大气反馈作用的主要方法。全球和区域气候模式的网格距较大, 以致于不能真实地描述地表植被覆盖差异, 因而模拟结果存在一定的不确定性。目前, 耦合陆面植被模式的中尺度气象模式已成为研究实际的植被建设方案影响天气过程的唯一有效手段。运用中尺度气象模式 MM5, 模拟了陕北黄土高原地区一次区域性降雨过程及局地环境要素对两种不同的退耕还林方案的敏感性。模式的中心点定于 (37. 8°N、108. 8°E), 模拟区域为 (104. 02~113. 58°E, 33. 93~41. 48°N), 水平分辨率 9km, 垂直分层 23 层, 时间积分步长 30s, 以美国国家环境预测中心 (NCEP) 再分析资料作为大尺度背景场。模拟结果表明, 陕北地区下垫面植被改善后, 能够使区域降雨的雨带北移, 降雨量增加, 降雨过程延长, 这对于改善陕北地区干旱的气候环境, 扩展动植物的生存区域具有重要的意义。此外, 陕北地区植被改善还能够使区域的地表径流减少, 对于减少黄河输沙量, 清洁黄河水源, 保持当地水土具有积极的意义。由于下垫面的变化, 局地的环境要素也发生了一些相应的变化: 空气湿度增加, 土壤湿度在短时间内有一定程度的减少, 长期有增加的趋势, 气温和土壤温度有一定程度升高, 地表温度降低。不同的植被改善方案对环境具有类似的影响, 只是在量值和时间上存在着一些差异。总体上说, 植被改善的范围越大, 对环境的影响越显著。

关键词: 植被; 退耕还林; 生态治理; 陕北黄土高原; 降水过程; 数值模拟

Sensitivity of local weather to different vegetation schemes using meso-scale model (MM5)

GUO Jian-Xia^{1,2,3}, DU Ji-Wen⁴, ZHENG You-Fei³ (1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China; 2. Shaanxi Provincial Institute of Meteorological Sciences, Xi'an 710014, China; 3. Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing, 210044, China; 4. Shaanxi Provincial Meteorological Bureau, Xi'an 710014, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1365~1372.

Abstract: Vegetation plays an important role in land-air interaction. Physically based modeling is an important tool for studying the feedback processes of vegetation to atmosphere. However, it is hard for us to study the effect of different land use on local environments using general climate models (GCMs) and regional climate models (RegCMs) owing to their low resolutions. Meso-scale models have advantages of high resolution, so, coupled with the land surface model, they can be employed to simulate the effect of real vegetation scheme to local weather. In this paper, we use MM5V3 to investigate the sensitivity of local rainfall and environmental conditions to two different vegetation development schemes in northern Shaanxi Province. The domain for simulation is located at (104. 02~113. 58°E, 33. 93~41. 48°N), centering at (37. 8°N, 108. 8°E), with 9km horizontal resolution. The vertical atmosphere is divided to 23 levels. Time step is 30s. We adopt the reanalysis data from National Centers for Environmental Prediction (NCEP) as the larger scale background weather field. Results indicate that

基金项目: 国家科技部 973 预研项目 (2003ccc01500); 陕西省自然科学基金资助项目 (2001D10); 陕西省科技攻关项目 (2002K04-G14); 陕西省生态办资助项目 (1999-003)

收稿日期: 2003-05-04; **修订日期:** 2004-04-10

作者简介: 郭建侠 (1969~), 女, 陕西合阳人, 博士生, 高级工程师, 主要从事气候与生态环境研究工作。E-mail: gjx01@sina.com

Foundation item: National '973' Fundamental Pre-research Program (No. 2003ccc01500), Shaanxi provincial science fund project (No. 2001D10), Shaanxi provincial advanced tech. project (No. 2002K04-G14) and the tech. program from ecological office of Shaanxi Province (No. 1999-03)

Received date: 2003-05-04; **Accepted date:** 2004-04-10

Biography: 郭建侠, Ph.D. candidate, mainly engaged in eco-climate. E-mail: gjx01@sina.com

万方数据

improving the vegetation of northern Shaanxi may shift the local rainbelt northward, increase local precipitation, prolong the rainfall process, which would be good for alleviating the local drought and enlarging the life-form's living space. Furthermore, it can also decrease the surface runoff, and clear the water resource of the Yellow River by holding back the quicksand, which flowing with surface runoff. It is showed that the local environmental conditions would occur some changes accordingly, such as increasing air moisture, air temperature and soil temperature; and decreasing surface temperature and soil moisture, but the soil moisture has showed the increasing tend in the long term. Our research shows that different vegetation schemes may lead to almost uniform variation except for some difference of quantities. The larger the vegetation variation scale is, the more notable these influences are.

Key words: vegetation; ecological development scheme; Loess plateau of northern Shaanxi; summer rainfall; numerical simulation

文章编号:1000-0933(2004)07-1365-08 中图分类号:P461.7 文献标识码:A

植被一直是地气相互作用研究的重点,将植被引入全球和区域数值模式中进行研究经历了由简至繁、由浅入深、由粗放到精细的过程。早期的研究仅考虑了植被的物理特征^[1~8],主要关注植被区与其它地面在反照率、粗糙度、温度、湿度等方面的差异,分别以低反射率、高粗糙度、低温、高湿代表植被区,研究结果表明,模式气候对这几个参数是敏感的,即当植被特征增加时,模式气候向有利于湿润化方向转化,相反,模式气候向干旱化方向转化。之后,随着对植被个体生物传输过程研究的深入,能够反映辐射、热量、水分在植被以及土壤中动态传输过程的复杂陆面模式发展起来,这些模式与全球和区域气候模式耦合在一起实现了植被与大气之间的相互作用和反馈过程,借助这些模式人们把植被对气候影响的研究工作推向了一个新的高度和深度^[9~23]。然而,由于受静力平衡的限制,全球和区域气候模式的网格距一般较大(45km 以上),每一格点上的植被信息都代表一个网格面上的平均状况,这样就掩盖了次网格尺度上的陆面差异,而实际的生态工程建设造成的陆面覆盖差异一般都小于这一尺度,因此应用全球模式和区域气候模式模拟生态方案对环境的影响具有较大的不确定性。中尺度模式的发展及其与陆面模式的耦合,使得在更小的尺度上研究植被对环境的影响问题成为可能,而且,中尺度模式包含非静力平衡方案,可以使网格距缩小到 10km,甚至 1km,这样地面植被覆盖的表述可以更为精确与细致。

陕北地区位于 35.20~39.35°N,107.15~110.15°E,属黄河流域中部黄土高原,地质构造上属鄂尔多斯台地,是黄河泥沙的主要源地。历史上这里曾是林草茂密的地区,秦汉以后,尤其是唐代以后,由于人类垦伐活动的加剧,使这一地区生态环境逐步恶化,成为我国、甚至是世界上水土流失最为严重的地区。据水利部黄河水利委员会专家对建国以来黄河流域各地区每年输入黄河泥沙量的测算^[24],在年均输入黄河下游的 16.63 亿 t 泥沙中,来自陕西黄土高原部分的有 7.12 亿 t,占到全河输沙量的 42%,其中陕北丘陵沟壑区年平均输沙量为 6.4 亿 t,不仅占陕西省年均入黄泥沙量的 90%,而且占到整个黄河流域入黄泥沙量的 38%。脆弱的生态环境不仅严重制约着当地经济社会的发展,而且导致各种自然灾害频繁发生,陕北地区四季连旱 20 世纪 50 年代发生 1 次,60 年代出现 2 次,70 年代 4 次,80 年代 6 次,90 年代 7 次^[25]。退耕还林(草)被认为是改善生态环境、水土保持的一项战略性措施。20 世纪末,大规模的退耕还林(草)工程开始在陕北地区实施。为了定量分析植被改善对环境可能产生的影响,以及不同植被改善方案对环境造成影响的差异,本文运用中尺度气象模式 MM5 研究了两种植被改善方案对当地降水及其他环境要素的影响。

1 模式简介及有关参数设定

MM5 模式是由美国宾州大学 PSU(The Pennsylvania State University)和美国国家大气研究中心 NACR(the National Center for Atmospheric Research)联合开发的公用中尺度数值模式,模式包含了积云对流、辐射、降水、行星边界层、陆面等物理过程,每个物理过程都有多种不同的方案可供选择。

MM5V3 版耦合了陆面模式 OSU-LSM(Oregon State University Land Surface Model),OSU-LSM 将陆地分为 1 层植被和 4 层土壤,植被可以划分为 24 种类型,土壤层的总厚度是 2m,4 层的厚度自上而下为 0.1m、0.3m、0.6m 和 1.0m,分别反映了土壤层的日变化、周变化、季节变化特征。植被的根区位于土壤上层的 1m 内,根通过蒸腾作用调节土壤层内的含水量。OSU-LSM 可以预测土壤层的湿度和温度、冠层的储水量、地表径流量、地面积雪量等变量,并通过表面通量相同的原理与大气模式进行耦合^[26]。

为了模拟整个陕北地区的植被改善情况,模拟区域选择包含陕北在内的 104~113°E,34~41°N,面积约 110 万 km²。考虑到陕北地区地形复杂,太小的网格容易产生较多扰动不稳定,因此,模式水平分辨率选择能够较好反映植被覆盖非均一性差异的 9km,这一尺度同时也能够较好地模拟出该地区的中尺度天气系统特征^[27]。垂直分辨率 K_z 23 层,大气顶气压 100hPa,以 NCEP 再分析资料为大尺度背景场,时间积分步长 Δt 为 30s,采用张弛边界条件,每 6h 更换一次侧边界条件,每 3h 输出一

拟结果。

模式中心点定于(37.8°N、108.8°E),南北、东西方向各取 120 个格点,实际计算区域为 104.02~113.58°E,33.93~41.48°N,区域内地形如图 1 所示,可以看出,陕北地区处于模式中间,陕北东侧 111°E 附近、36°N 以北的吕梁山脉,陕北西侧 106°E 的六盘山,陕北境内的白于山,陕北南部的秦岭山脉等均有很好的反映,模式地形与实况有较好的一致性。

模式对每种物理过程都提供了多种选择方案,根据 9km 分辨率,将可选择的各种物理过程进行了不同组合试验。试验结果表明,陕北地区选择 Grell 积云对流方案、简单冰相降水过程、cloud 辐射方案、MRF 行星边界层方案、OSU LSM 陆面方案模拟的天气形势和降水分布特征与实况最为接近,因此,本文在模拟中选择以上物理过程组合方案。

2 数值试验方案设计

以改善前的植被覆盖情况作为控制试验,改善后的植被覆盖情况作为敏感性试验,对比分析不同的植被改善方案对环境的影响。为了使模拟结果具有实际意义,本文的敏感性试验植被方案选用省政府的规划方案^①和范围较大一些的生态气候区划方案^②。其中,省政府的规划方案将陕北地区划分为 3 个区域:长城沿线风沙区(位于陕西省最北部,毛乌素沙地南缘,植被以草灌结合为主)、陕北丘陵沟壑区(位于长城沿线风沙区以南,包括榆林地区南 6 县和延安市甘泉以北 8 个县,西部陡坡处退耕还林,以灌木为主,中东部地区以经济林木为主)、渭北黄土高原沟壑区(位于陕北黄土丘陵区以南,关中平原以北,子午岭黄龙山地区以森林为主,北部东侧以农田为主、西侧以经济林为主)。生态气候区划方案将陕北和甘肃、宁夏、内蒙古部分地区综合考虑,划分为 5 个生态类型区:风沙草原生态区(位于陕北以北,蒙古境内,植被类型为草原)、干草原生态区(位于长城沿线地区,植被类型以灌木为主)、灌草乔生态区(位于长城沿线以北,灌草乔结合为主)、经济林生态区(位于黄河沿岸,以经济林和水保林为主)、天然林生态区(包括黄龙山、崂山、子午岭至六盘山地区,以森林为主),进行分类治理。两个方案在植被建设种类上有一些共同之处,但也有很大的区别,生态气候区划方案范围要更大一些。

设置 3 组对比试验:

test 1 控制试验,将模式读入的 USGS 植被类型作为治理前的陆面,植被类型分布如彩图 I。

test 2 敏感性试验 1,以省政府规划方案为依据修改陕北境内的模式植被,其余地区不变,植被类型分布如彩图 I。

test 3 敏感性试验 2,以生态气候区划方案为依据修改有关植被,其余地区不变,植被类型分布如彩图 I。

由于植被的作用夏季较明显,而且干旱区最为关注对降水的影响,因此本文选取一次典型区域性降雨过程进行模拟,3 个试验均以 1999 年 7 月 1 日 12UTC 为初值,积分 5d。

3 模拟结果分析

3.1 控制试验的模拟结果

彩图 II 是根据中国气象局提供的地面气象观测站的降雨记录绘制的 1999 年 7 月 4 日的降水实况图,可以看出,这次降水的雨区基本覆盖 38°N 以南,雨带基本呈东西向分布,由北向南雨量逐渐增加,在(36°N、107~112°E)有一西南-东北方向倾斜的强降雨带,(35°N、112~113°E)有一强降雨中心。彩图 II 是控制试验模拟的 7 月 4 日的降水分布。从图中可以看出,模拟的雨区基本覆盖 38.5°N 以南,雨带走势呈西南-东北方向,与实况有较好的一致性,实况中的几个强降雨中心在模拟结果中均有较好的反映。但是,与实况相比,模拟的雨区和强降雨带的位置普遍偏北、偏西,偏移量在 0.5~1 个经纬度之间,降雨中心的雨量也普遍较实况偏大。总体上看,模式将这次降雨的雨区、雨带和降雨中心的主要分布特征较好地模拟了出来,说明模式对该地区的降水具有一定的模拟能力,能够应用于该地区的降雨过程数值模拟研究中。

3.2 敏感性试验的模拟结果

3.2.1 局地水分条件的变化

(1)降水分布的变化 两个敏感性试验模拟的雨带分布及走向与控制试验非常相似,但是,二者也存在着一一些差异,这些差异在差值分布图上体现较明显。彩图 III 是两个敏感性试验模拟的 7 月 4 日降水与控制试验的差值分布图,很明显,两个敏感性

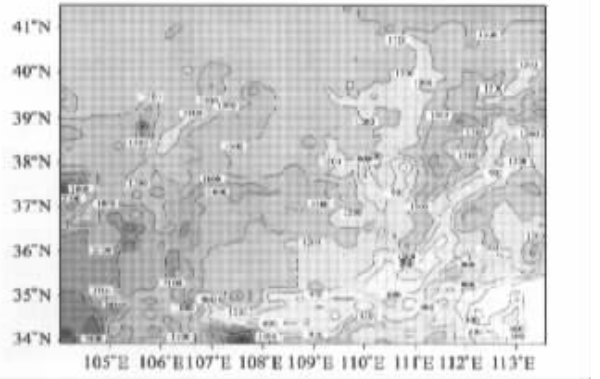


图 1 模式计算区域内地形高度(m)

Fig. 1 Terrain feature of the model domain

① 陕西省发展和改革委员会. 陕西省山川秀美工程规划, 1999

② 杜继稳,等. 陕甘宁蒙地区生态气候区划和植被生态类型区建设. 全国气象服务与农业可持续发展学术研讨会, 2002 年 8 月. 宜昌

试验在原主雨带处的降雨减弱,而在其以北出现一条增强带,增强带仍呈现西南-东北方向倾斜,说明主雨带的位置发生了北移。中国的气候主要呈现南涝北旱的格局,北方大部分地区的作物生长以及人类居住受自然条件的限制极大,如果植被的改善能够将每次降雨过程的雨带北移,那么必将改善北方地区的干旱环境,扩展和提高动植物的适生区域及生存质量,因此具有重大的生态学意义。

两个敏感性试验的模拟区域中降雨增加区域(彩色区)较减少区域(白色区)大,说明植被的改善同时使降雨范围有所扩大。此外,从两个试验强降水中心的对比中,降水落区对不同的植被治理方案具有一定的敏感性。

(2)降水量的变化 为了定量认识植被改善对环境影响的程度,主要分析植被改变区域($106.5^{\circ}\text{E}\sim 111.2^{\circ}\text{E}$, $35^{\circ}\text{N}\sim 39.5^{\circ}\text{N}$)内平均量的变化情况,以下各分析量如不作特殊说明均指这一区域的平均值。

图 2 是敏感性试验与控制试验的区域平均降水量差值 Δr 随时间的演变图,从图中可以看出,与控制试验相比,两个敏感性试验在 7 月 4 日以前区域平均降水量主要呈现减少特征,4 日以后则主要呈现增加特征, test2 的雨量增加集中在 4 日 21UTC~5 日 21UTC 时段, 3h 雨量最大增幅达 0.022cm, test3 的雨量增加集中在 4 日 21UTC~6 日 12UTC 时段, 3h 雨量最大增幅达到 0.045cm,可见, test3 的雨量增加幅度和增加时段均较 test2 显著。实况资料显示,这次降雨过程主要发生在 7 月 4 日, 5~6 日雨区从东南方向快速退出模拟区域,图 2 的对比看出,两个敏感性试验不仅使 4 日的雨量有所增加,而且 5、6 日的雨量亦出现较长时段的增加现象,说明敏感性试验的降雨过程有所延长。雨量增加、降雨过程延长对干旱的陕北地区来说无疑是一个令人振奋的结果,说明在陕北地区进行大规模的植被改善活动是必要的,通过人类的这一有序活动,有可能逐步达到改善干旱区的气候环境的目标。

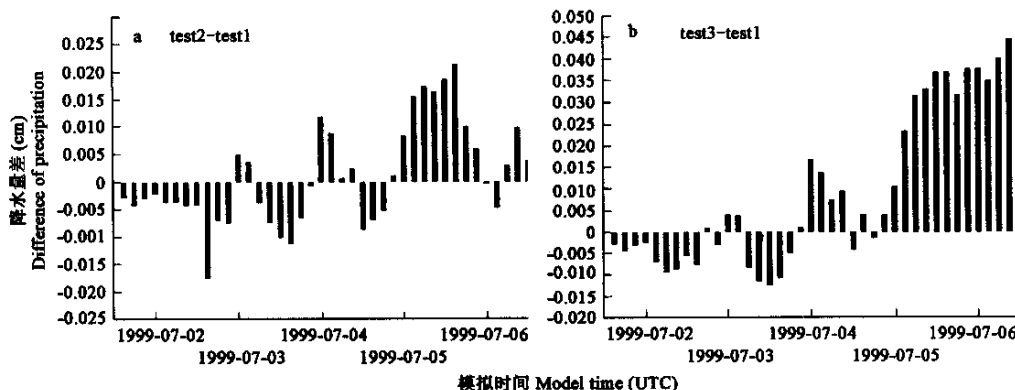


图 2 敏感性试验与控制试验模拟的区域平均降水量差值

Fig. 2 The balance of regional($106.5^{\circ}\text{E}\sim 111.2^{\circ}\text{E}$, $35^{\circ}\text{N}\sim 39.5^{\circ}\text{N}$) average precipitation between sensitive tests and controlling test

(3)地表径流的变化 陕北地区土地贫瘠,降雨的时空分布极不均匀,地表径流是水土流失的主要形式之一。图 3 是两个敏感性试验与控制试验的地表径流差值随时间的变化图。由图可见,敏感性试验的地表径流主要呈现减少的特征,其中, test3 的地表径流减少剧烈, 3h 最大减幅达到 0.44mm,出现在 4 日 09UTC; test2 的地表径流减少缓慢, 3h 最大减幅仅有 0.16mm,出现在 4 日 12UTC,并从 5 日 09UTC 开始出现径流增大现象。两个试验均在降水量增加的情况下出现了地表径流减少的现象,说明植被改善是减少径流,遏制水土流失的有效措施。所不同的是, test3 对地表径流的减少作用显著,能够在降水量持续增加的情况下出现地表径流持续减少,而 test2 则在减少一个时段后出现径流增加现象,说明不同的植被建设方案和建设面积对地表径流的影响具有一定的差异,面积越大效果越明显。

植被改善对径流的减小作用有以下两方面原因:一是植被改善后,增加了冠层的面积,使冠层截留降水量增加,减少了到达地面的降水量,从而减少了地面可径流的水量;二是由于冠层的阻挡作用,减缓了雨水到达地面的速度,使得雨水更易于被地表覆盖物吸收并渗入到土壤中。

径流减少,随径流而携带的泥沙量必然减少,因此,陕北地区大范围的植被改善,对于减少输入到黄河的泥沙量,清洁黄河水源将起到有效的作用。

(4)土壤湿度的变化 土壤湿度是土壤含水量的重要指标之一,对干旱区植被的生长具有关键作用。图 3 是两个敏感性试验与控制试验第 1 层(0~10cm)、第 2 层(10~30cm)土壤层的湿度差随时间的变化图。第 1 层土壤湿度出现先减后增的变化趋势,4 日以前主要为减少, 3h 最大减幅 test2 为 $0.0031\text{m}^3/\text{m}^3$,出现在 4 日 03UTC, test3 为 $0.0028\text{m}^3/\text{m}^3$,出现在 3 日 21UTC,此后土壤湿度逐步回升,并出现增加的趋势。第 2 层土壤湿度在 4 日前有微弱的增加,4 日开始出现减少,最大减幅 test2 为

0.0017 m³/m³,出现在 5 日 09UTC, test3 为 0.002 m³/m³,出现在 5 日 15UTC,此后逐渐回升,回升时间较第 1 层滞后 1.5d。两个敏感性试验相比,第 1 层土壤湿度 test3 较 test2 降低少,回升快,第 2 层土壤湿度 test3 较 test2 降低多,回升滞后。

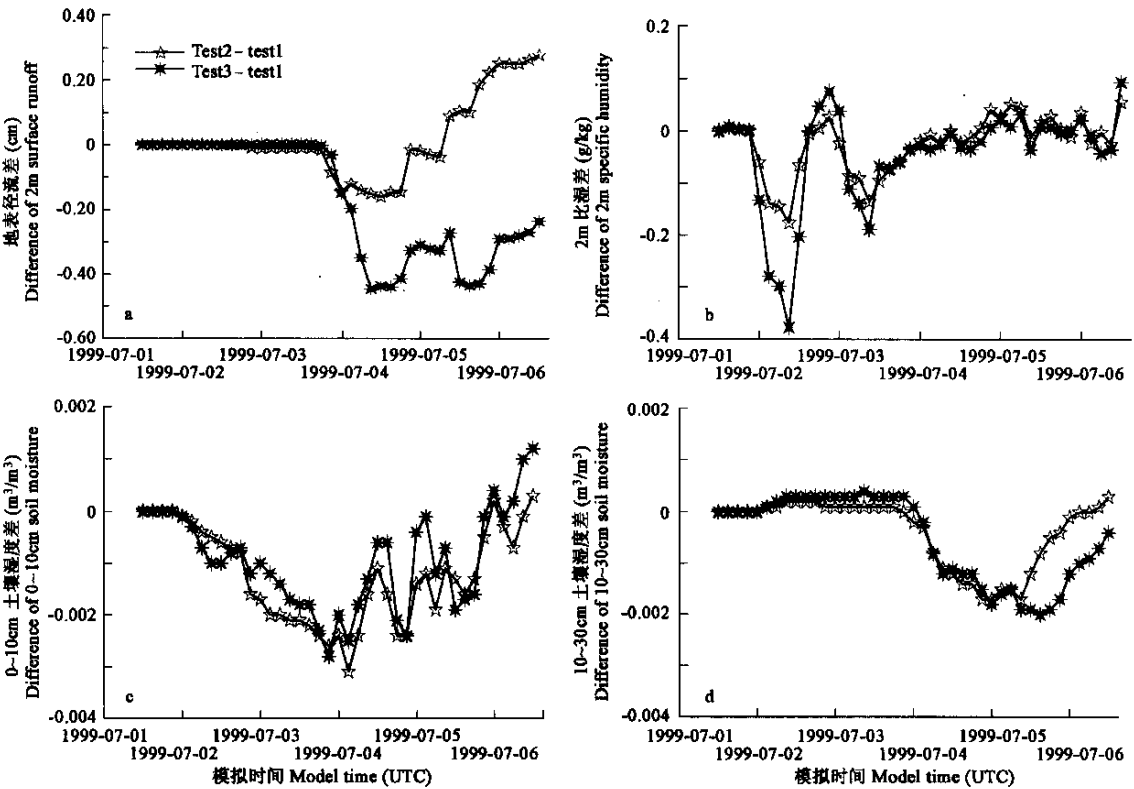


图 3 区域平均地表径流、空气湿度和土壤湿度的差值图

Fig. 3 the balances of regional (106.5~111.2°E, 35~39.5°N) average surface runoff, 2m specific humidity and soil moisture between sensitive tests and controlling test

a: 地表径流 surface runoff (mm); b: 2m 比湿 specific humidity at 2m (g/kg); c: 0~10cm 土壤湿度 0~10cm soil moisture (m³/m³); d: 10~30cm 土壤湿度 10~30cm soil moisture (m³/m³)

土壤湿度开始减少是因为植被改善对土壤水分的消耗能力增大,另一方面,冠层的阻挡使到达地面的降雨量减小,土壤可补充的水分减小,因此湿度明显减少。后期土壤湿度逐步回升并呈现增加趋势,是因为植被改善增加了降雨量,延长了降雨时间,加上冠层前期储水的逐渐滴落,使得到达地面的降雨量增加,另一方面,地面温度的降低也使土壤表面蒸发能力减小,因此出现土壤湿度逐渐回升并增加的趋势。可见,植被改善能够延长土壤的补水时间,对于土壤保墒具有积极的意义。植被改善的不同方案对土壤湿度的影响具有相同的趋势,但影响幅度和时间略有差异。

(5) 空气湿度的变化 比湿是表征大气湿度的一个量,定义为单位重量空气中水汽的重量,表示空气的湿度,图 3 是敏感试验与控制试验 2m 高度处大气比湿的差值随时间的演变图。2m 是气象站百叶箱观测的高度,这一高度的比湿反映了人类居住环境的湿润程度。图中可见,两个敏感性试验在 2 日和 3 日分别有两个比湿减小的时段,4 日以后比湿呈现逐渐增加的趋势,6 日 12UTC 增幅达到最高, test3 为 0.09g/kg, test2 为 0.06g/kg。总体上比湿的变化呈现出由干燥向湿润转化的趋势。

前期比湿减少是因为在相同的湿度初始场下,植被改善使冠层叶面积增大,对水分需求较大,导致空气中比湿减少剧烈,植被面积越大减少越显著,后期增加是因为植被冠层的蒸发蒸腾增大,使得空气中的水分含量增加,植被面积越大,增加越多。可见,植被改善有使人类居住环境逐步向湿润化方向转化的趋势,改善范围越大,湿润程度越明显。

3.2.2 热量条件的变化

(1) 空气温度的变化 图 4 是敏感性试验与控制试验的 2m 平均气温差值随时间的变化图,2m 的气温接近于植被冠层的温度。从图中可见,气温差值的日变化特征明显,白天(00UTC~15UTC)变化明显,夜间(15UTC~00UTC)变化较小。凌晨(21UTC~03UTC)有个别时刻温度降低,其余时间温度均升高。 test3 的气温变化较 test2 的明显一些,3h 最大升温达到

1.36℃,出现在2日06UTC,最大降温为0.07℃,出现在2日21UTC,test2的最大升温为0.75℃,也出现在2日06UTC,最大降温为0.08℃,出现在4日03UTC。气温白天的升温幅度4日最小,仅为0.1℃,整个模拟时段后期较前期升温幅度要小一些。

气温的升高与冠层吸收太阳辐射有关,植被改善使冠层的反射率降低,吸收太阳辐射增多,必然引起冠层附近温度升高,但同时,植被冠层的蒸腾蒸发作用加大,消耗热量引起的降温能够抵消部分辐射增温。由于降水的影响,模拟时段后期叶面蒸发量大于前期,因此后期升温幅度要小于前期。

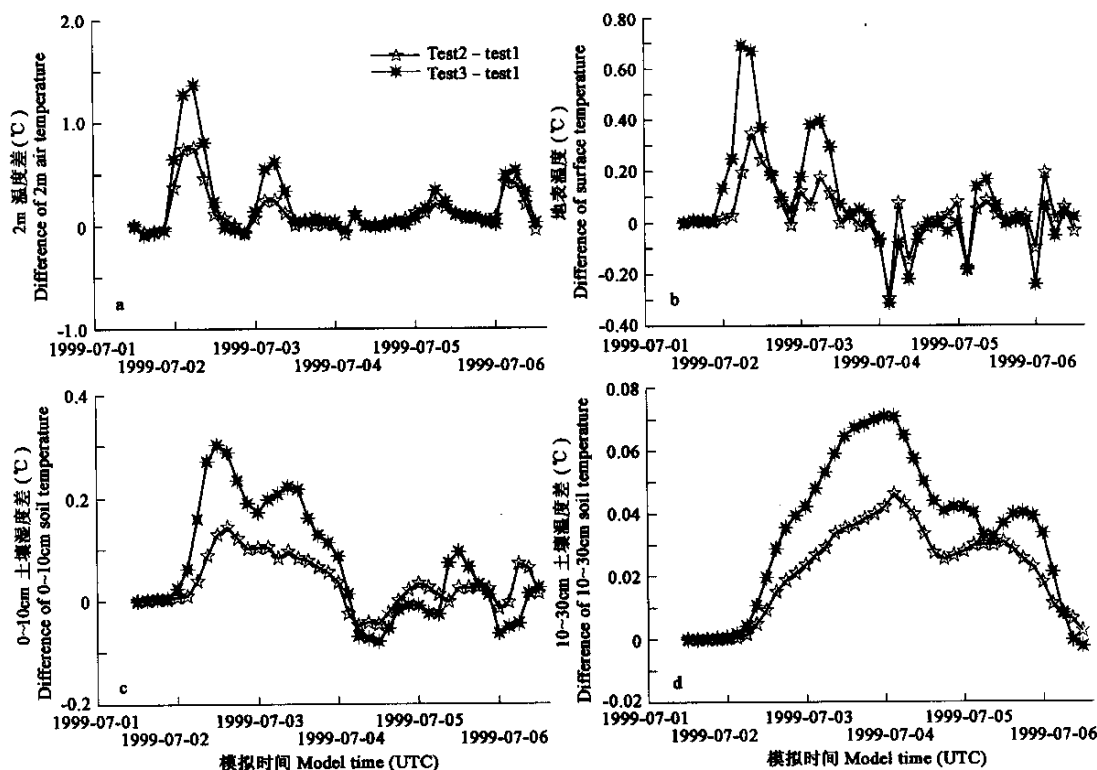


图4 区域平均2m气温、地表温度、土壤温度差值

Fig. 4 The balances of regional (106.5~111.2°E, 35~39.5°N) average 2m air temperature, surface temperature and soil temperature between sensitive tests and controlling test

a 2m 气温 2m air temperature; b 地表温度 surface temperature c 0~10cm 土壤温度 0~10cm soil temperature; d 10~30cm 土壤温度 10~30cm soil temperature

(2)地表温度的变化 图4是敏感性试验与控制试验的地表温度差值随时间的变化图,由图可见,敏感性试验的地表温度呈现先增后减的变化特征,4日以前增加,4日以后减小,总体上呈现减小趋势。同样,地表温度的变化也呈现出日变化特征,白天变化明显,夜间变化较小,test3的变化幅度较test2的大一些。地表温度的增温幅度较气温小得多,3h最大增温幅度test3为0.69℃,test2为0.35℃,但是其降温幅度却远大于气温,3h最大降温test3为0.31℃,test2为0.29℃。

地表温度的变化与到达地面的辐射量有关,植被的改善使得冠层面积增大,受冠层阻挡和吸收,到达地面的短波辐射量减小,会引起地面温度降低,但是,4日前因为冠层温度升高剧烈,向地面的长波辐射加剧,使得地面温度略有升高,4日以后,冠层温度升高微弱,到达地面的长波辐射和短波辐射均较少,因此地表温度降低明显。地表温度的这种变化,与人们通常的经验感觉相一致,夏季在树荫下或林区,人们通常会有凉爽甚至较冷的感觉,林区越大这种感觉越明显。

(3)土壤温度的变化 植被的生长与土壤温度密切相关,图4是敏感性试验与控制试验模拟的第1层(0~10cm)和第2层(10~30cm)土壤层的平均温度差值随时间的变化。由图可见,两个敏感性试验的土壤温度主要呈现增加的特点,test3的增幅基本大于test2的。

敏感性试验的第一层土壤温度在4日以前增加显著,3h最大增幅test3为0.3℃,出现在2日12UTC,test2为0.14℃,出现在2日12UTC,4日以后增温减小,并出现较小的增减波动,3h最大增温test3为0.09℃,出现在5日12UTC,test2为0.07℃,出现在6日06UTC,3h最大减幅test3为0.08℃,出现在4日12UTC,test2为0.05℃,出现在4日06UTC。两个敏感

性试验的第 2 层的土壤温度为一个周尺度的增幅波动,峰值出现在 4 日 03UTC, test3 为 0.7℃, test2 为 0.5℃。

土壤温度的增加对植物生长是有利的,因为提高了植物生长所需的活动积温,可以促进植物根的生长与植株发育。

4 总结和讨论

为了讨论陕北地区不同的植被生态改善方案对环境产生的影响,本文运用能够较好反映局地植被覆盖差异的中尺度数值模式 MM5V3,针对陕北地区的一次区域性降雨过程实施了 3 组数值试验,数值试验的结果表明:

(1) 陕北地区植被改善能对该地区降雨过程产生一定的影响,使雨带位置发生一定程度的北移,区域平均降水量有所增多,降雨过程延长。这对于改善陕北地区干旱的气候环境,扩展动植物的生存区域具有重要的意义。

(2) 植被改善还能够有效减少地表径流量,对于减少黄河输沙量,清洁黄河水源,保持当地水土具有积极的意义。

(3) 植被改善对一些环境要素的影响表现在:使空气更加湿润;土壤湿度在短期内有一定程度的减少,长期有增加的趋势;气温和土壤温度有一定程度升高,有利于增加植物生长的活动积温;地表温度降低。

(4) 两个不同的植被改善方案对各环境要素的影响类似,只是在变化量和时间上有一定的差异,总体上说,植被改善的范围越大,这种影响越显著。

本文是对一次降雨过程的模拟,所产生的雨带北移,雨量增加的结果是在大尺度背景有降雨的情况下得出的,并不能说明植被改善可以自发的激发出降雨过程。

References:

[1] Charney J G. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1975, **101**:193~202.

[2] Charney J G, Quirk W J, Chow S J, *et al.* A comparative study of the effects of albedo change on drought in semi-arid regions. *J. Atmos. Sci.*, 1977, **34**:1366~1385.

[3] Dickinson R E. Land surface process and climate-surface albedo and energy balance. *Advances in Geophysics*, 1983, **25**:305~353.

[4] Sud Y C, Fennessy M. A study of the influence of surface albedo on July circulation in semi-arid regions using the GLAS GCM. *J. Climate*, 1982, **2**:105~125.

[5] Sud Y C, Smith W E. The influence of surface roughness of deserts on July circulation-a numerical study. *Bound-Layer Meteor.*, 1985, **33**: 1~35.

[6] Sud Y C, Molod A. AGCM simulation study of the influence of Saharan evapotranspiration and surface-albedo anomalies on July circulation and rainfall. *Mon. Wea. Re.*, 1988, **116**: 2388~2400.

[7] Luo Z X. The simulation experiments about vegetation cover affects drought climate. *Geographical Research*, 1985, **4**(2):1~8.

[8] Luo Z X. The effect of vegetation distribution to local airflow. *Geographical research*, 1992, **11**(1):15~22.

[9] Sellers P J, Sud Y C, Dalcher A. A simple biosphere model (SiB) for use within general circulation models, *J. Atmos. Sic.*, 1986, **43**:505~531.

[10] Xue Y. The impact of desertification in the Mongolian and the Inner Mongolian Grassland on the regional climate. *J. Climate*, 1996, **9**: 2173~2189.

[11] Dirmeyer P A, Shukla J. The effect on regional and global climate of expansion of the world's deserts. *Quart J. Roy. Meteor. Soc.*, 1996, **122**:451~482.

[12] Shukla J, Nobre C, Sellers P J. Amazon deforestation and climate change. *Science*, 1990, **247**: 1322~1325.

[13] Carlos A N, Sellers P J, Shukla J. Amazonian deforestation and regional climate changed. *J. Climate*, 1991, **4**:957~988.

[14] Polcher J and Laval K. A statistical study of regional impact of deforestation on climate in the LMD GCM. *Climate Dyn.*, 1994, **19**:205~219.

[15] Lean J, Rowntree P R. Understanding the sensitivity of a GCM simulation of Amazonian deforestation to the specification of vegetation and soil characteristics. *J. Climate*, 1997, **10**:1216~1235.

[16] Zhang H, Sellers A H, McGuffie K. Impacts of tropical deforestation I. Process analysis of local climatic change. *J. Climate.*, 1996, **9**:1497~1517.

[17] Zhang H, Sellers A H, McGuffie K. Impacts of tropical deforestation II. The role of large-scale dynamics. *J. Climate*, 1996, **9**:2498~2521.

[18] Gao Z, Chae N, Kim J, *et al.* Modeling of surface energy partitioning surface temperature, and soil wetness in the Tibetan prairie using the simple biosphere model 2 (SiB2). *J. Geophys. Res.*, 2004, **109**, D06102.

[19] Gao Z, Wang W T, *et al.* Simulation of effects of land use change on climate in china by a regional climate model. *Advanced Atmospheric Science*, 2003, **20**(4): 583~592.

[20] Ding Y H, Zhang J. An improved land-surface processes model and its simulation experiment 2. land-surface processes model (LPM-ZD) and its coupled simulation experiment with regional climate model. *Acta Meteorological Since*, 1998, **56**(4):385~400.

[21] Lu S H,Chen Y C. The influence of northwest China afforestation on regional climate in China. *Plateau Meteorology*,1999,**18**(3):416~424.

[22] Fan G Z, Lu S H. Numerical simulation study for the effect of ground vegetation type on north China summer precipitation. *Plateau Meteorology*, 1999,**18**(4):649~658.

[23] Fan G Z, Lu S H. The influence of NW China afforestation on regional climate in east and south Asia. *Plateau Meteorology*,1998,**17**(3):300~309.

[24] Zhu S G. The evolvement feature and protective and development tactic of ecological environment for Shaanxi Province. In: Xi G Q and Zhang J Z eds. *Western ecological*. Beijing: CPC Central Committee School Press, 2001. 1~27.

[25] Du J W, Wang X N, Lei X J, *et al.* Meteorological disasters and ecological management in the north Shaanxi. *Journal of Catastrophology*, 2001, **16**(1):71~77.

[26] Chen F, and Dudhia J. Coupling an advanced land surface-hydrology model with the Penn State-NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. *Mon. Wea. Rev.*, 2001,129,569~585.

[27] Guo J X, Du J W, Zheng Y F. Numerical simulation tests of the meso-scale system for the north of Shaanxi Province. *Meteorology*, 2003,(9):13~17.

参考文献:

[7] 罗哲贤. 植被覆盖度对于旱气候影响的数值试验. *地理研究*,1985,**4**(2):1~8.

[8] 罗哲贤. 植被带布局对局地流场的作用. *地理研究*,1992,**11**(1),15~22.

[20] 丁一汇,张晶. 一个改进的陆面过程模式及其模拟试验研究 2. 陆面过程模式与区域气候模式的耦合模拟试验. *气象学报*,1998,**56**(4):385~400.

[21] 吕世华,陈玉春. 西北植被覆盖对我国区域气候变化影响的数值模拟. *高原气象*,1999,**18**(3):416~424.

[22] 范广洲,吕世华. 陆面植被类型对华北地区夏季降水影响的数值模拟研究. *高原气象*,1999,**18**(4):649~658.

[23] 范广洲,吕世华,罗四维. 西北地区绿化对该区及东亚、南亚区域气候影响的数值模拟. *高原气象*,1998,**17**(3):300~309.

[24] 朱士光. 陕西省生态环境演变特征及保护治理方略. 见:奚国全,张家桢主编,西部生态. 北京:中共中央党校出版社,2001. 1~27.

[25] 杜继稳,王小宁,雷向杰,等. 陕北气象灾害与生态环境治理. *灾害学*,2001,**16**(1):71~77.

[27] 郭建侠,杜继稳,郑有飞. MM5V3. 5 对陕北地区中尺度系统的模拟能力试验. *气象*,2003,(9):13~17.



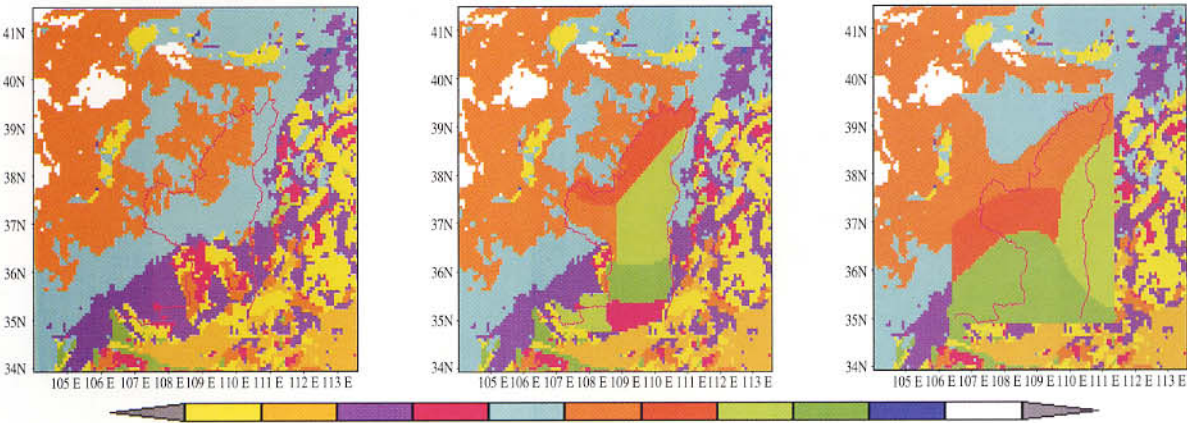


图 1 三组试验的下垫面植被类型示意图

Plate I The charts of vegetation types in three experiments

a: 控制试验 (test1) b: 敏感性试验1 (test2) c: 敏感性试验2 (test3)

a: controlling test (test1) b: sensitive test No.1 (test2) c: sensitive test No.2 (test3)

2—旱地农田, 3—水浇地, 5—农田/湿草地, 6—农田/湿灌木, 7—草地, 8—灌木, 9—草灌混合, 11—落叶阔叶林, 15—混合森林, 16—水体, 19—裸地
2 — Dryland Crop. Past. 3 — Irrg. Crop. Past. 5 — Mix. Dry/Irrg. C.P. 6 — Crop/Wood Mosc 7 — Grassland 8 — Shrubland
9 — Mix Shrub./Gr. 11 — Decids. Broadleaf. 15 — Mixed Froest 16 — Water Bodies 19 — Bar. Spare Veg.

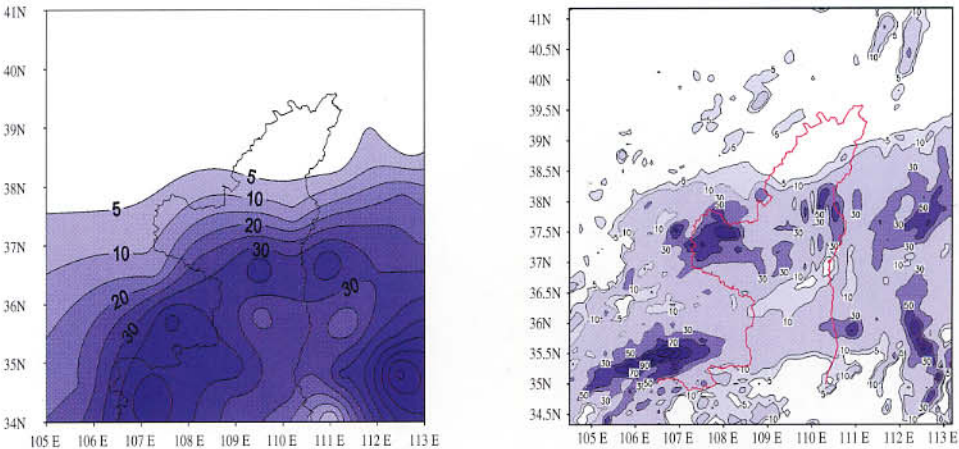


图 2 控制试验模拟的降水分布与实况对比图

Plate II The contrast of real rainfall and simulated rainfall

a: 降水实况 b: 模拟降水

a: real rainfall b: simulated rainfall

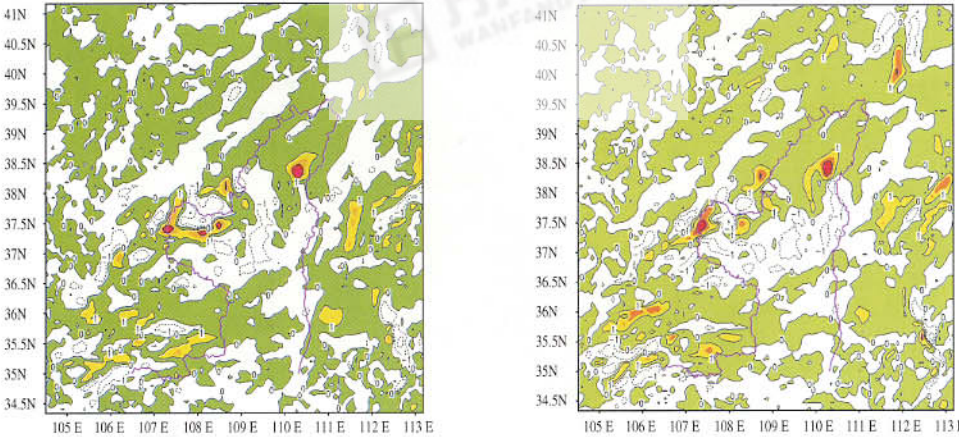


图 3 敏感性试验与控制试验模拟的降水差值分布图

Plate III The distribution of rain fall of sensitive tests subtract controlling test

左图: test2-test1 右图: test3-test1

left chart: test2-test1 right chart: test3-test1