

文章编号 :1000-694X(2001)02-0108-08

不同绿洲分布对局地气候影响的数值模拟

高艳红, 吕世华

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 使用非静力平衡中尺度模式 MM5V3, 通过数值模拟, 研究了不同绿洲分布对局地气候的影响, 分析了不同绿洲、林带分布状况下的地表能量平衡, 以及对边界层特征的影响, 为荒漠化治理提供一定的理论依据。研究结果表明: 沙漠化后感热增大, 潜热减小, 地表温度升高, 5 d 内可升高 0.7°C, 土壤温度也有类似的变化, 只是变化幅度小, 并存在滞后效应, 摩擦速度减小, 5 d 内可减小 $5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, 长期下去, 将形成风沙肆虐, 沙尘暴频繁的气候, 为人类敲响了警钟; 而绿化可使潜热增大, 对城市影响更为明显, 潜热将增大两倍, 地表温度降低, 湿度增大, 摩擦速度明显增大, 可以有效地阻止沙尘暴的发生, 对半干旱地区环境治理大有好处。

关键词: 绿洲; 荒漠化; 边界层

中图分类号:P461.7 文献标识码:A

土地荒漠化已成为全世界重大的全球性环境问题。据联合国环境规划署初步估计: 荒漠化威胁着 4 800 万 km^2 的土地, 约占世界表土面积的 1/3, 影响着至少 8.5×10^8 人的生活^[1]。80 年代初期, 在全世界 $32.57 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 的生产旱地中, 约有 $19.86 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 遭受荒漠化和严重荒漠化, 约占生产旱地的 61%^[2]。土地荒漠化极大地改变了陆地表面的物理特征, 破坏了地表辐射收支平衡, 诱发气候和环境变化。而气候和环境变化的反馈作用又将进一步影响土地荒漠化的进程, 如此循环往复, 从而对地球环境产生深远影响。

我国的耕地资源已被利用到了接近其最大可能利用的极限, 盐渍化、水土流失、风蚀沙漠化是导致干旱半干旱地区荒漠化的主要危害, 其中最严重的则为风蚀沙漠化。进入 20 世纪 90 年代沙漠化速度更加惊人, 在半干旱农牧交错带表现得尤为明显。以今年春季影响我国北方的几次强沙尘暴的源头额济纳旗为例, 1927 年那里是个植被茂盛、野生生物成群的大湖区, 在 1992 年仍然维持绿树成荫, 湖水清澈见底的美景, 然而近 10 a 间, 由于各种因素引起地表水体和自然植被减少, 这些又反作用于气候, 这种正反馈机制, 导致愈演愈烈的恶劣气候, 许多被称为 300 a 不死的植物干枯而死, 风沙肆虐, 湖光山色如今变成了一片沙漠, 一年中几乎有 260 d 被沙尘笼罩, 人类被迫迁移, 今年席卷我国北方的 8 次强

沙尘暴就是起源于这里。鉴于此种严重的现实问题, 中央及时提出了“退耕还林, 封山绿化”的号召, 因此, 进一步加强有关沙漠化和陆气相互作用的研究以及退耕还林, 封山育林的气象效应具有特别重要的现实意义。

20 世纪 70、80 年代, 很多学者利用 AGCM 或区域气候模式开展了一系列的气候对陆地表面状况的敏感性研究, 结果都表明: 陆地表面状况对大气环流和降水有着强烈的影响。陆地表面与大气的相互作用主要表现在下列三个方面: 一是表面与大气间的辐射交换; 二是表面粗糙元对大气运动的摩擦拖曳; 三是表面与大气的感热和潜热交换。关于第一方面的敏感性研究典型的工作有 Charney^[3~5]在一区域气候模式中加大撒哈拉地区的表面反照率, 结果发现: 表面水分蒸散减少, 云量和对流层的水汽辐合减少, 该区域的大气降水减少, 这样就形成一个恶性的正反馈过程, 最终结果是撒哈拉地区的持续性干旱。对第二个方面的试验有: Sud 等人^[6]用海洋表面的粗糙度代替沙漠表面粗糙度, 结果改变了大气边界层中的水平水分辐合过程, 从而使对流性降水的分布发生大的改变。对第三方面的试验有: Shukla 和 Mintz^[7]对全球陆表水分含量, 一个试验取充分湿润, 另一个取干燥, 结果发现两组对照性试验所模拟的全球气候状态, 尤其是降水分布有着明显的差别。通过这些敏感性试验, 陆表过程的重

收稿日期 2000-07-06; 改回日期 2000-10-12

基金项目: “我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论的研究”第一部分; “我国重大气候灾害的形成机理和预测理论”以及国家自然科学基金项目(49775269)资助

作者简介: 高艳红(1973—), 女(汉族), 山西太谷县人, 在读博士, 主要从事中尺度数值模拟方面的研究。

要性已广泛引起人们的注意。

近 10 a 来 科学界围绕陆面过程作了更加细致的工作。Carlos 等^[8]利用 GCM 模式研究了亚马逊河流域森林砍伐对局地气候的影响 ,发现以草原代替雨林后 ,年平均温度将升高 2.5℃ ,年蒸发量下降 30% ,降水减小 25% ,以干季最明显。Xue 等^[9]指出撒哈拉沙漠扩展时降水减少 13% ,蒸发及云量也减少 ,沙漠消失时降水增加 25% ,蒸发明显增多。还有很多研究都表明陆面状况的变化对 Sahel 地区 1980 年的降水异常起了很大的作用^[10~13]。Xue 使^[4]用 COLA GCM 模式模拟研究了内蒙古草原荒漠化对区域气候的影响 ,指出荒漠化可以减少降水和蒸发 ,增加地表温度 ,并对季风环流有影响。吕世华等^[15]使用 RegCM2 研究了西北植被覆盖面积变化对我国区域气候变化的影响。

以往的这些研究工作都是运用静力平衡模式进行的 ,受模式限制其水平分辨率不可能很小 ,而我国西北干旱地区的绿洲尺度大者只不过 10~20 km ,一般都小于这个尺度 ,于是提高模式分辨率迫在眉睫。本文就是利用美国 NCAR 非静力平衡中尺度模式 MM5V3 将水平分辨率提高到 1 km ,通过数值模拟的方式 ,针对目前河西地区荒漠化严重 ,灾害频繁的状况^[16~18] 对比分析了不同的绿洲、林带分布状况下地表能量平衡 ,讨论了进一步沙漠化的严重后果及进行“退耕还林(草) 封山绿化”对环境的改善程度 ,为西部大开发提供一定的理论依据。

1 模式简介

MM5 是美国宾州大学和 NCAR 于 20 世纪 80 年代末、90 年代初在 MM4 基础上研制发展的新一代中尺度模式。MM5 与 MM4 的最重要差别在于 MM4 是流体静力平衡的 ,而在 MM5 中除保留了静力平衡方案外 ,还增加了非静力平衡方案。此外 ,MM5 有多种物理方案可供选择 ,对降水和辐射等物理过程描述和处理更为周密合理。在降水物理过程的隐式积云参数化方案中 ,除了与 MM4 中相同的 Anthes – Kuo 方案外 ,增加了改进的 Arakawa – Schubert 方案和 Grell 方案 ,在显式方案中增加了冰相过程 ;在辐射物理方案中 ,除了在用能量平衡方程计算地面温度时考虑辐射过程外 ,在模式各层上均考虑了辐射过程的能量收支 ,包括云水、云冰、雪和 CO₂ 对辐射的吸收、散射和反射等。MM5 中还设计了多重可移动套网格方案 ,因而在模拟研究中可以方便地跟踪万方数据

系统。模式中还加入了四维资料同化系统 ,可进一步改进模拟效果。MM5V3 模式是最新一代的 NCAR 非静力平衡中尺度模式 ,它采用高分辨率的全球 30 s (0.925 km) 地形及植被资料 ,并增加了陆面过程。

2 模式范围及方案选择

模拟中参数化的选择如下 :

- (1) 积云对流参数化方案 : 采用 Grell 参数化方案 ;
- (2) 行星边界层物理过程 : 采用 MRF PBL 边界层参数化方案 ;
- (3) 云物理过程 选用简单冰相过程 ;
- (4) 大气辐射方案 选择云辐射方案 ;
- (5) 地面温度(ISOIL) 采用 OSU/Eta Land – surface Model。

使用 NCEP 提供的全球 30 s 地形资料及全球 30 s USGS 陆面资料 ,大尺度资料是由 NCEP 提供的再分析资料。由于绿洲与沙漠的下垫面物理特征主要在夏季差别较大 ,因此本模式取夏季 8 月份的陆面特征来强迫大气 ,同时以相应时间的大尺度资料作为初始场 ,取 8 月 3 日 12:00 时的大气资料作为初值 ,采用张驰逼近边界条件 ,积分时间 5d。模式中心点位于 (38.9°N, 100.35°E) ,东西向格点数 52 ,南北向格点数为 49 ,水平格距 1 km ,垂直方向分 23 层 ,模式大气顶气压 100 hPa。

3 试验方案设计

根据实际沙漠分布状况 ,做了控制实验。针对西部干旱地区两类极具对立与冲突性的环境系统 ,绿洲和沙漠 ,设计了两组敏感性试验 . 基本对立的生态环境演变过程——荒漠化过程和绿洲化过程 ,每个过程包含两个不同程度试验 ,下垫面分布状况如图 1。

4 模拟结果分析

4.1 地表感热通量、潜热通量分析

4.1.1 控制试验结果分析

区域平均感热、潜热通量存在明显的日变化 峰值均出现在 14:00 时 ,感热振幅 (450 W·m⁻²) 大于潜热 (150 W·m⁻²) ,从 20:00 时到第二天 05:00 时二者都处于低值 ,位于零值附近 ,潜热值略大于感热。

不同的下垫面分布导致不同的感热、潜热分布。

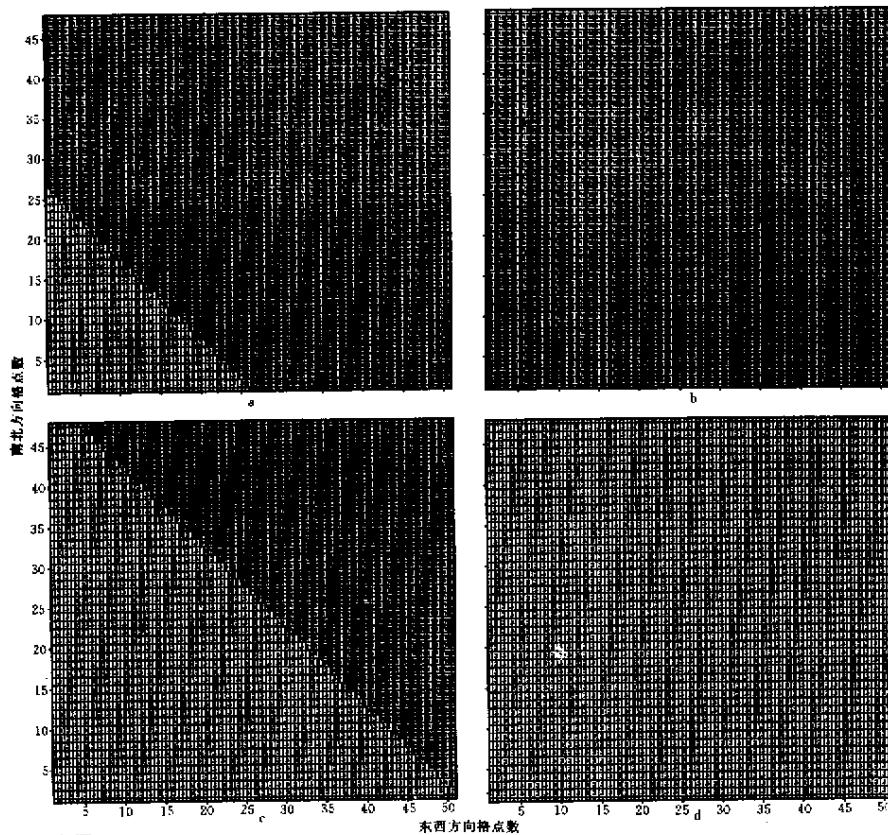


图 1 敏感性试验下垫面状况

(a:部分沙漠化试验; b:完全沙漠化试验;c:部分绿化试验;d:完全绿化试验;19为沙漠;3为绿洲)

Fig. 1 Underlying land satus of the sensitivity experiment

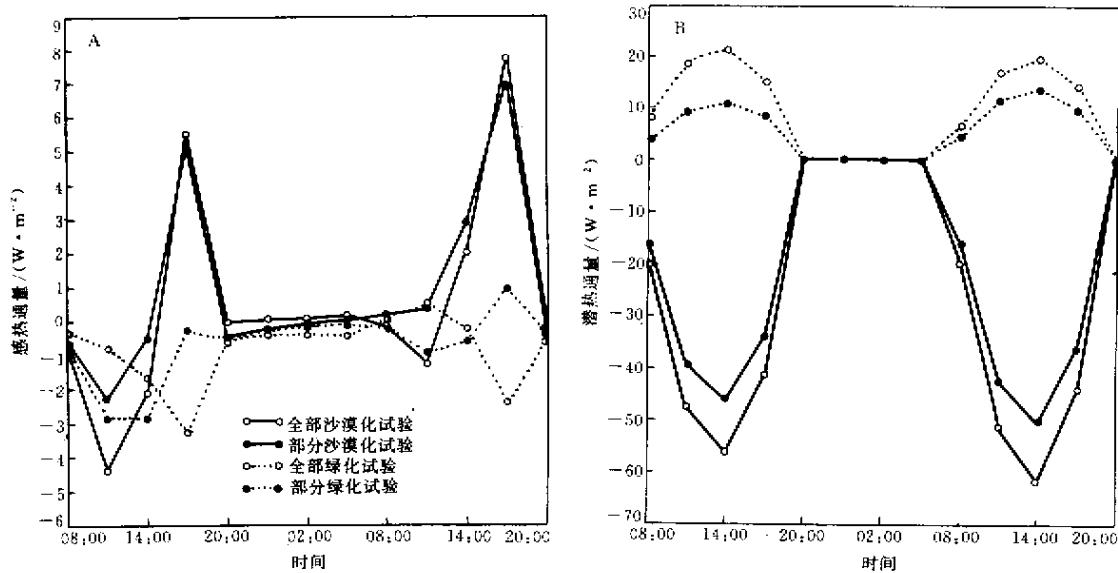


图 2 敏感性试验感热、潜热区域平均与控制性试验的差值随时间变化

Fig. 2 The mean variation of the difference of sensitive experiments from control experiment over the simulated area

感热最大的两个范围为混合森林和城市, 分别 $550 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $530 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 其次为沙生植物, 感热最小的为草地及作物, 只有 $420 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右, 而潜热正好相反, 城市最小, 数据 $70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 其次是沙生植物 $80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

m^{-2} 混合森林 $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 最大为草地及作物, 达 $170 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。由此可以看出, 城市扩张可以对感热、潜热分布造成很大影响, 它可导致干旱及热岛效应等, 是区域气候变化的一个重要原因。

4.1.2 敏感性试验结果分析

由敏感性试验感热、潜热的区域平均与控制性试验的距平随时间变化(图2)看到:白天,沙进人退试验感热增加,潜热减小;封山绿化试验感热减小,17:00时变化幅度最大,潜热增大。

从图2感热变化可以看出二者都存在日变化,20:00~08:00间变化不大,08:00~14:00也就是上午,两个沙漠化试验区域平均感热均小于控制试验情况,且差值在逐渐减小,最终将趋于零;下午(14:00~20:00)两个沙漠化试验区域平均感热均大于控制试验情况,且差值在逐渐增大,并且全部沙漠化试验与控制试验的差值要比部分沙漠化试验的大,长时间下去最终导致区域感热的升高。另外,从绿化试验感热变化看,二者也存在日变化,不同的是绿化试验中的感热小于控制试验,全部绿化试验大于部分绿化试验。潜热变化都呈现规则的日变化,夜间差值为零,白天差值为负,全部沙漠化试验与控制试验的差值要比部分沙漠化试验的大,最大差值达 $-60\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上,长时间下去最终导致区域潜热的降低。不同的是绿化试验中的潜热大于控制试验,也就是说绿化将导致区域潜热增长。全部绿化试验潜热区域平均比控制试验大 $23\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,部分绿化试验潜热区域平均比控制试验大 $10\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

4.2 固沙效果分析

4.2.1 控制性试验固沙效果分析

不同的下垫面造成的摩擦速度是不同的,混合森林的摩擦速度最大,达 $1.15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,其次是城市,为 $1.05\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,草地、农作物在 $0.85\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,摩擦速度最小的类型为沙生植物,只有 $0.75\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,其他类型植被的摩擦速度介于其间。

4.2.2 敏感性试验区域平均摩擦速度的对比分析

从敏感性试验区域平均摩擦速度与控制试验区平均摩擦速度的距平图可见(图3),荒漠化实验中摩擦速度比控制实验要小,部分沙漠化时,比控制实验小 $3.3\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$,全部沙漠化后要比控制实验小 $5\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 。绿化实验中摩擦速度比控制实验要大,部分绿化时,摩擦速度增大 $1\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$,全部绿化后增大 $5.5\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 。可见“退耕还林(草),封山绿化”对于阻止风沙活动,减少沙尘暴的发生具有特别重要的意义。

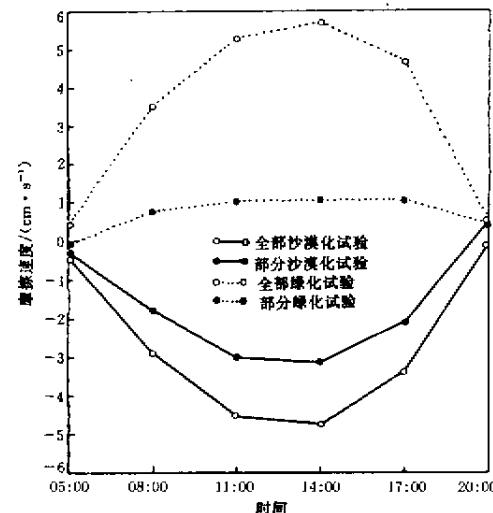


图3 敏感性试验区域平均摩擦速度与控制试验的距平图

Fig. 3 The difference of the average friction velocity over the simulated area between the sensitive experiment and the control experiment

4.3 地表温度及土壤温度

4.3.1 控制实验结果分析

由控制实验区域平均地表温度及土壤温度随时间的变化曲线可知(图4),地表温度及浅层土壤温度(10 cm、30 cm 深处)有明显日变化,但各自的日较差不同,峰值也不尽相同,而且它们之间存在一种滞后现象,深层(60 cm、1 m)土壤温度没有日变化,只是随时间增加呈线性增长趋势。地表温度日较差较大,高达 25°C ,峰值(39°C)出现在14:00,谷值(14°C)出现在05:00;10 cm 深度土壤温度较地表温度滞后3 h,峰值(27°C)出现在17:00,谷值(18°C)出现在08:00,日较差只有 9°C ;30 cm 深度土壤温度日较差更小,只有 0.4°C ,与地表温度相比,其滞后时间超过9 h,峰值(20°C)出现在23:00~02:00,谷值(19.65°C)出现在11:00。仔细研究不难看出:浅层土壤温度的日平均值也呈随时间增长趋势。纵观4层土壤温度可以发现:深度越深,温度日变化越小。 10 cm 深度日变化为 9°C , 30 cm 深度日变化为 0.4°C 。

4.3.2 敏感性实验结果分析

我们将各个敏感性试验与控制试验地表温度及土壤温度的差值作一比较,如图5所示,荒漠化实验中地表温度将升高,部分沙漠化升高 0.55°C ,全部沙漠化升高 0.7°C 以上;绿化实验中地表温度将降

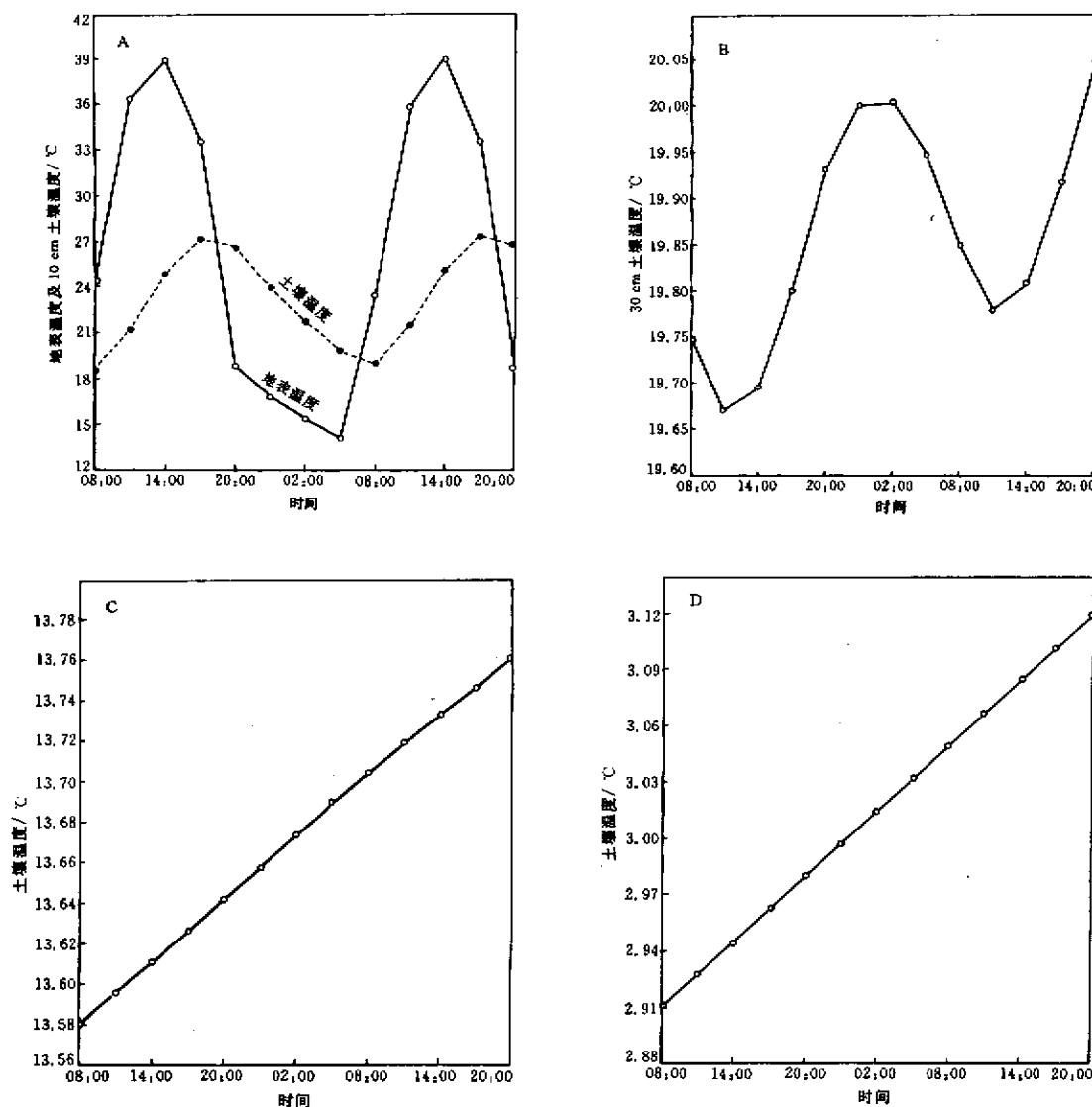


图 4 控制实验区域平均地表温度及土壤温度随时间的变化

Fig. 4 The control experimental variation curves of the average ground temperature and the soil temperature over the simulated area

低,部分绿化降低 0.21°C ,全部绿化降低 0.7°C 以上。10 cm 土壤温度也是如此,荒漠化实验中分别升高 0.3°C 和 0.4°C ,绿化实验中分别降低 0.13°C 、 0.35°C 。沙漠化实验中 60 cm 深度土壤温度变化不明显,但在绿化实验中有体现,也是降低,且随时间的增长越来越明显。由于积分时间只有 5 d,更深层的土壤温度还未波及。

4.4 土壤湿度

4.4.1 控制实验结果分析

从控制实验区域内绿洲与沙漠近地面层比湿随时间变化曲线看(图 6),近地面层比湿呈明显的日变化,绿洲近地面层比湿远远高于沙漠。绿洲近地

面层比湿峰值达 $10.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,出现在下午 17:00,谷值为 $8.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,出现在 23:00;沙漠近地面层比湿峰值与绿洲近地面层比湿谷值相当,为 $8.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,出现在 17:00~20:00,谷值 $7.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,出现在 05:00~08:00。说明了下垫面的不同直接影响着近地面水汽的分布,水汽增多有利于地表植物的生长,从而形成良性循环,对环境的改善起到促进作用。

4.4.2 敏感性实验结果分析

从敏感性实验区域平均近地面层比湿随时间变化曲线(图 7)可以看到,每个敏感性实验的区域平均近地面层比湿都具有与控制实验相同的形式,峰值出现在下午 17:00,谷值出现在凌晨 05:00,

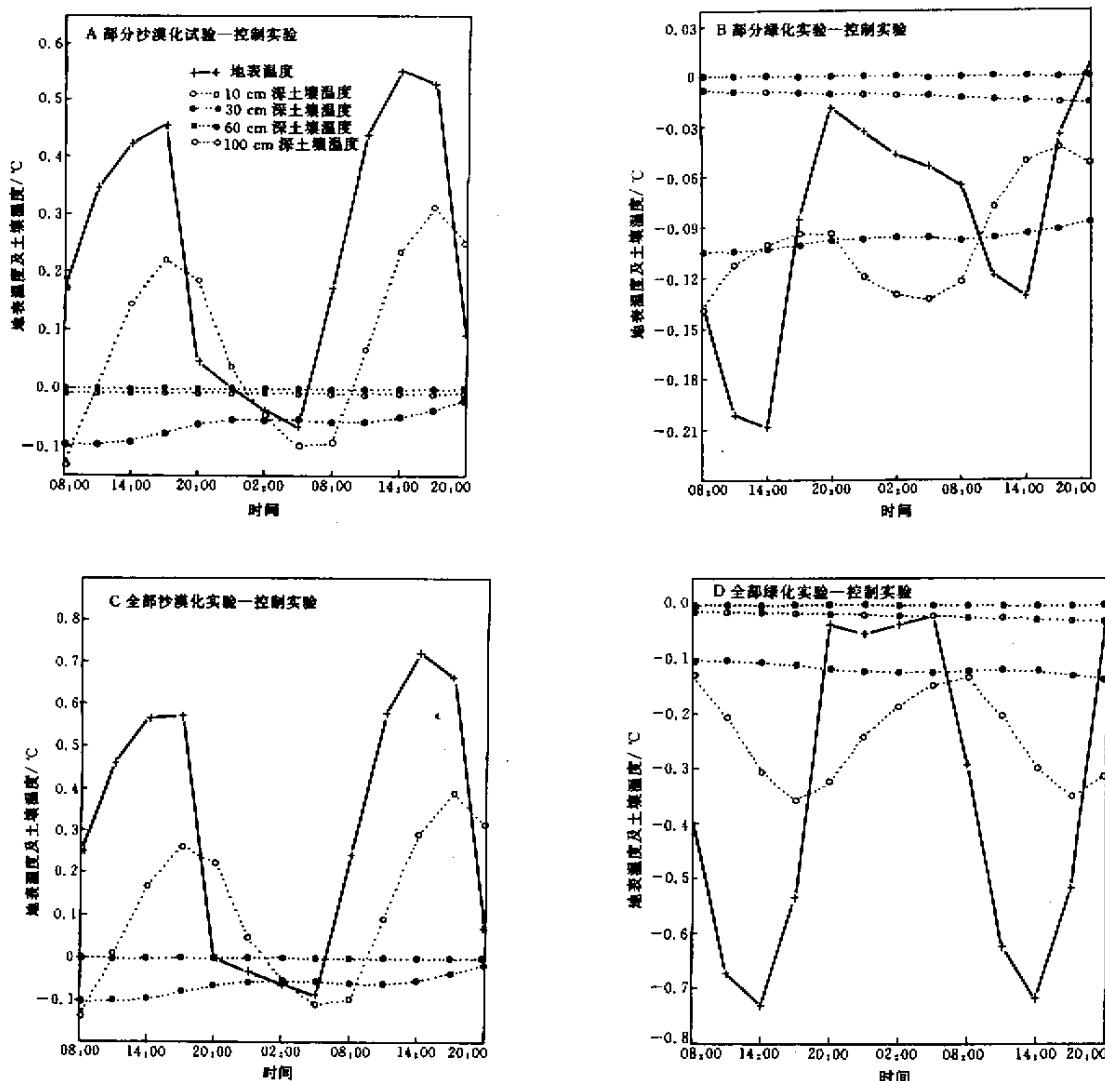


图 5 敏感性试验与控制试验地表温度及土壤温度的差值

Fig. 5 The difference of the ground temperature and the soil temperature between the sensitive experiment and the control experiment

两条比湿曲线的谷值相同,峰值不同,全部绿化试验比全部沙漠化试验要大 $200 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。且无论峰值、谷值随时间都呈增长趋势,夜间两个敏感性实验的区域平均近地面层比湿增长明显,积分第 5 天比第 4 天增长 $0.6 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,白天因为蒸发大,所以增长幅度没有夜间明显,只有 $0.4 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

5 讨论与总结

本文设计了两组敏感性试验,从数值模拟的角度分析了沙进人退、封山绿化后对区域气候的影响,主要结果如下:

增加。尤其对城市影响更为明显,潜热将增大两倍。

(2) 不同下垫面造成的摩擦速度不同,沙漠化后摩擦速度减小 $5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,长期下去,将形成风沙肆虐、沙尘暴频繁的气候;绿化后摩擦速度明显增大 $5.5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$,可以有效地阻止沙尘暴的发生,对半干旱地区环境治理大有好处。

(3) 植被是生态系统的一个稳定源,它被破坏后将导致温度场发生明显变化。沙漠化后地表温度升高 5 d 内可升高 0.7°C ,绿化后 5 d 内可将地表温度降低 0.7°C ;土壤温度也有类似的变化,只是变化幅度小,并存在滞后效应,深度越深变化越小,滞后时间越长。

(4) 植被的变化导致湿度场的不同分布。

(1) 沙漠化后潜热增大,潜热减小,绿化后潜热

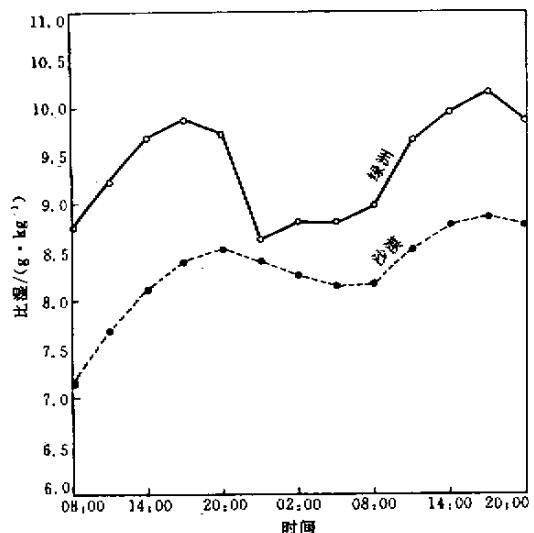


图 6 控制实验近地面层比湿随时间变化

Fig. 6 The control experimental variation curve of the specific humidity near the surface

参考文献(References):

- [1] The International Institute for Environment and Development and World Resources Institute. World Resources 1987[M]. New York : Basic Books , Inc. , 1987.
- [2] Yeh T - C. Pre-study of Global Change in China[M]. Beijing : Meteorology Press , 1992. 1 - 7. [叶笃正. 中国的全球变化预研究[M]. 北京 : 气象出版社 , 1992. 1 - 7.]
- [3] Charney. Dynamics of deserts and drought in the Sahel[J]. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* , 1975 (101) : 193 - 202.
- [4] Charney W J Quirk. Drought in the Sahara : A biogeophysical feedback mechanism[J]. *Science* , 1975 (187) : 434 - 435.
- [5] Charney W J Quirk , Chow S - H , Kornfield J. A comparative study of the effects of albedo change on drought in semi-arid regions[J]. *J. Atmos. Sci.* , 1977 (34) : 1366 - 1385.
- [6] Sud Y C , Shukla J , Mintz Y , et al. Influence of land surface roughness on atmospheric circulation and rainfall : A sensitivity study with a general circulation model[J]. *J. Appl. Meteor.* , 1988 , (27) : 1036 - 1054.
- [7] Shukla J Y Mintz. A study of the influence of land surface evapotranspiration on the earth's climate[J]. *Science* , 1982 (215) : 1498 - 1501.
- [8] Caulos A N , Carlos A N , Sellers Piers J , et al. Amazonian desertification and regional climate change[J]. *J. Clim.* , 1991 , (4) : 957 - 988.
- [9] Xue Y K , Liou K - N , Kasahara A. Investigation of the bio-physical feedback on the Africa climate using a two-climatological mode[J]. *Climate* , 1990 (3) : 337 - 352.

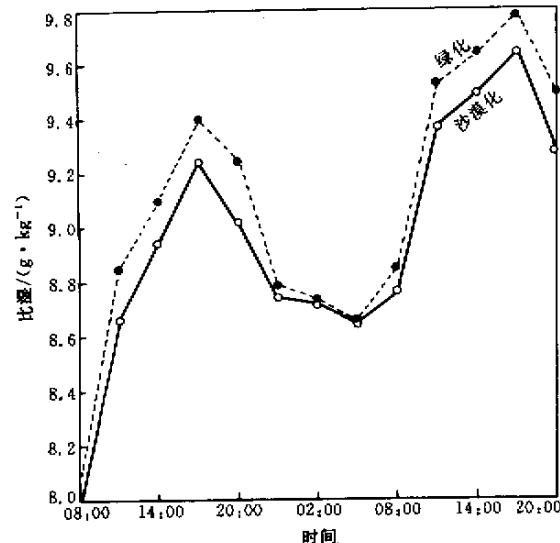


图 7 敏感性实验区域平均近地面层比湿随时间变化

Fig. 7 The sensitive experimental variation curve of average mix ratio over the simulated area

- [10] Dickinson R E , Henderson-Sellers A. Modeling tropical deforestation : A study of GCM land-surface parameterization[J]. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* , 1988 (114) : 439 - 462 .
- [11] Nobre P J Sellers , Shukla J. Amazonian deforestation and regional climate change[J]. *J. Climate* , 1991 (4) : 957 - 988 .
- [12] Xue Y K , Shukla J. The influence of land surface properties on Sahel climate. Part I :Desertification \ [J \]. *J. Climate* , 1993 (6) : 2232 - 2245 .
- [13] Xue Y K , Bastable N , Dirmeyer P , et al. Sensitivity of simulated Amazonian climate to changes in land surface parameterization—A study using ABRACOS data[J]. *J. Appl. Meteor.* , 1996 (35) : 386 - 400 .
- [14] Xue Y K. The impact of desertification in the Mongolian and the Inner Mongolian grassland on the regional climate[J]. *J. Climate* , 1996 (9) : 2173 - 2189 .
- [15] Lu Shihua , Chen Yuchun. The influence of northwest China afforestation on regional climate in China[J]. *Plateau Meteorology* , 1999 , 18(3) : 416 - 424. [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[J]. 高原气象 , 1999 , 18(3) : 416 - 424.]
- [16] Lu Shihua , Chen Yuchun. The numerical simulation of the features of the planetary boundary layer of the oasis and the Gobi desert in the arid region[J]. *Journal of Desert Research* , 1995 , 15(2) : 116 - 123. [吕世华 陈玉春. 绿洲和沙漠下垫面状态对大气边界层特征影响的数值模拟[J]. 中国沙漠 , 1995 , 15(2) : 116 - 123.]
- [17] Wang Tao. Research and practice of Chinese desertification control going to world[J]. *Journal of Desert Research* , 2001 , 21(1) : 1 ~ 3. [王涛. 走向世界的中国沙漠化防治的研究与实践[J]. 中国沙漠 , 2001 , 21(1) : 1 ~ 3.]
- [18] Xie Ping , Li Yan. Microclimate effect of sandy coast shelter-forest[J]. *Journal of Desert Research* , 2001 , 21(1) : 93 ~ 96. [谢平 , 李燕. 中国沙漠 2001 , 21(1) : 93 ~ 96.]

海岸沙地防护林的小气候效应 [J]. 中国沙漠 ,2001 ,21(1): 93~96.]

Numerical Simulation of Influence of Different Oasis Distribution on Regional Climate

GAO Yan-hong , LU Shi-hua

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute , Chinese Academy of Sciences , Lanzhou 730000 , China)

Abstract : In this paper , the influences of different oasis distributions on the regional climate have been studied by numerical simulation using the non-hydrostatic balance mesoscale model MM5V3 , the ground energy balance and the influence on the characteristic of the boundary layer also have been analyzed. It provides some theory foundation for governing the desertification. Desertification would make the sensitive heat flux increase ; the latent heat flux decrease ; the ground temperature rise(0.7°C in five days) , to which the soil temperature is similar ; and the friction velocity be smaller. In the long run , it will results in more deteriorating regional climate knocking the alarm bell to the people. While greening could lead to the latent heat flux increasing(more obviously in city) ; the temperature falling ; the humid being higher and the friction speed being bigger. That can prevent the dust storm effectively and has an advantage of managing the environment of the semi-arid region .

Key words : oasis ; desertification ; the boundary layer