

文章编号:1000-694X(2001)03-0254-06

干旱区陆面过程野外观测研究

姚德良^{1,2}, 李家春¹, 李新荣², 张景光², 刘立超²

(1. 中国科学院力学研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙坡头沙漠试验研究站, 甘肃兰州 730000)

摘要: 主要论述了陆-气相互作用研究在干旱区人类生存环境与发展区域经济中的重要意义。同时,介绍了观测场地以及野外观测情况。最后,对干旱区腾格里沙漠宁夏沙坡头无灌溉的植物固沙区、青海海北高寒草甸区和新疆塔里木盆地灌溉的绿洲农田的陆-气水热交换过程观测结果进行了讨论。并且,研究了干旱区不同下垫面的陆-气相互作用规律,可为研究局地生态环境、指导生产实践提供科学依据。

关键词: 干旱区; 植物固沙; 高寒草甸; 绿洲农田; 野外观测

中图分类号: P461.4 **文献标识码:** A

用于描述生态系统内部过程以及生态系统与外界环境之间相互作用的一系列数学模型,统称为生态环境模式。从宏观过程的研究来划分,生态环境模式可以分为两类:陆面过程模式和生态过程模式。几乎所有的微气象模式和大气环境模式的陆面过程方案都属于这种类型^[1~3]。由于生态系统与外界环境之间的能量、动量和物质交换集中发生在陆地表面附近,因此,这些交换过程也被称做陆面过程。广义的陆面过程不仅包括了地-气之间的物理交换,而且也包括了下垫面植被对气候演变的影响。

干旱问题是一个世界性问题,全世界干旱和半干旱地区分别占全球陆地面积的24%和10.9%,并且遍布在50多个国家和地区。进入70年代以来,世界上有许多干旱事件发生,例如,自1968年以来持续达20a左右的非洲严重干旱,这些都使全世界各国对此严重关注。我国干旱半干旱地区的总面积大约占国土面积的一半(52.5%),其中的一半(25.5%)是沙漠、戈壁和沙漠化的,即极端干旱的土地。搞好干旱地区的大规模开发和建设,是我们的历史责任。其中,了解我国干旱气候的分区及其成因,研究干旱地区典型下垫面的陆-气相互作用过程,是一项首要的基础性工作。

气候形成、变化和预测的研究已经成为当前一项带有世界性的战略问题。大气和地球表面(包括陆面和海面)之间的相互作用过程,即大气和地表之间的水分、热量、动量及其他物质的交换过程,是气候形成和变化的重要物理过程,20世纪60年代

起,人们强调海-气相互作用的重要性,为此进行了一系列国际合作计划,近10多年来,人们认识到陆-气相互作用对气候变化具有同等的重要性。并且,考虑到不同地表性质的不同影响,开展了几个大型野外观测实验,如法国的HAPEX(水文-大气先行性试验,代表中纬度湿润地区)、美国的Kansas实验(代表中纬度半干旱地区)以及我国的黑河流域地-气相互作用试验(代表中纬度干旱地区),黑河试验区,一边是高原雪山冰川冻土,一边是沙漠戈壁草原绿洲。

我们也多次在我国西北干旱区的腾格里沙漠宁夏沙坡头无灌溉的植物固沙区、青藏高原青海海北高寒草甸试验区、塔里木盆地新疆阿克苏灌溉的绿洲农田;半湿润的华北平原的山东禹城综合农田试验区;湿润的丘陵地区的江西红壤试验区,进行了多次陆-气相互作用的观测试验和数学模型研究。

本文论述了陆-气相互作用研究在干旱区人类生存环境与发展区域经济中的重要意义。同时,研究了干旱区不同下垫面的陆-气相互作用规律,并且,介绍了观测场地以及野外观测情况。最后,对沙坡头无灌溉的植物固沙区、海北高寒草甸矮嵩草草甸区和塔里木盆地灌溉的绿洲农田的陆-气水热交换过程观测结果进行了讨论,可为研究局地生态环境、指导生产实践提供科学依据。

1 野外观测

现有的生态环境数据大致可以归纳为3大

收稿日期:2000-12-15; 改回日期:2001-02-13

基金项目:中国科学院沙坡头沙漠试验研究站基金(200007);国家自然科学基金重点基金(19832060);国家自然科学基金(40071007)

作者简介:姚德良(1943—),男(汉族),浙江慈溪人,研究员,主要从事环境流体力学研究。

类^[4]: 第一类观测数据主要来自外场常规气象水文台站、生态定位站, 这类数据一般集中在微气象、水文和生物循环过程方面; 第二类观测数据来自实验室的专项测定, 侧重土壤的理化性质, 以及生物组分的基础生理活动强度; 第三类观测数据来源于空中遥感, 通过与地面标定站网的第一类观测数据相结合, 可以建立起陆面状况与空中遥感信息相对应的反演关系。目前, 第一, 第二类观测数据已经广泛应用于生态环境模式的参数化方案中, 第三类在解决模式中的尺度转换方面亦起着关键性的作用。

我们分别于 1993 年 9 月, 1994 年 5 月, 1999 年 6 月, 2000 年 8 月对中国科学院沙坡头沙漠研究站无灌溉的人工植被区进行了陆面过程野外观测。1995 年 8 月至 9 月对中国科学院海北高寒草甸生态站矮蒿草草甸区进行了微气象观测。同时, 分别于 1991 年 6 月和 1996 年 8 月, 对中国科学院阿克苏水平衡站灌溉的绿洲农田进行小气候观测。现对野外观测情况进行介绍:

1.1 无灌溉的植物固沙区

中国科学院沙坡头沙漠试验研究站^[5-8]位于 37°27' N, 104°57' E, 地处腾格里沙漠东南缘, 海拔高度 1 250 m, 属于我国西北内陆半荒漠区, 在气候上具有高温、干燥、多风的特征。本区年平均气温为 9.6℃, 冬夏昼夜温差大, 年平均降雨量为 186.2 mm, 雨量分布很不均匀, 主要集中在 7~9 月。空气平均相对湿度为 40%, 最低可到 10%, 春季尤其干燥。年平均风速为 2.8 m·s⁻¹, 最大风速为 19 m·s⁻¹, 大于 5 m·s⁻¹ 的起沙风每年有 200 d 左右, 所以风沙流危害十分严重。土壤以细粒沙为主, 地下水埋藏很深, 不能为植物所利用, 沙丘的持水力很弱。植物固沙区主要植物有柠条、油蒿、花棒等, 经过植物固沙后增大了地面的粗糙度, 降低了风沙流活动, 同时地表形成了结皮层, 提高了植物固沙区的持水力, 对浅根植物的生长繁殖十分有利, 但随着植物的生长, 耗水量的增大, 沙层水分状况恶化, 到 20 a 左右覆盖度下降到 5% 左右, 因此需要研究确认植物必需的最低贮水量, 培育新的抗旱植物。

野外观测场地选择在有 10 多年生长期的柠条和油蒿人工植被区的微气象观测站, 植被高 1.5 m 左右, 覆盖度达 35%。观测项目有: 大气温度、湿度、风速梯度和风向, 地温廓线, 地表以及植被温度, 土壤含水量, 土壤热通量, 蒸散量和净辐射通量等。观测方法有: 净辐射通量采用澳大利亚产

CN-1 型净辐射表测量, 测量高度为 1.5 m。土壤热通量采用澳大利亚产 CN-3 型土壤热通量板测量, 土壤热通量板埋在地表以下 1 cm 深处。净辐射表为通风积分式, 每 15 min 打印一次积分值, 24 h 打印一次累积值, 他们的单位为 W·m⁻²。风速梯度测量采用经过校准的苏制小型风杯风速表, 起动风速为 0.6~0.8 m·s⁻¹, 观测平均时间为 20 min。温、湿度梯度测量采用通风阿斯曼干湿表, 他们的观测高度分别为 1 m、2 m、4 m、8 m、16 m。在距植被区内微气象观测点 30 m 处, 设立了 3 台大型精密称重式土壤蒸散渗漏测定仪(Lysimeter), 分别测量油蒿、柠条和沙土地表的蒸散量, 记录方式为微机自动控制, 每 1 h 打印一次。土壤湿度采用取土烘干称重法测量, 观测深度为 5 cm、10 cm、20 cm、40 cm、60 cm、80 cm、100 cm、125 cm、150 cm、175 cm、200 cm。每次测量 3 个点, 再取它们的平均值。地温廓线测量采用自制温度表, 精度为 0.1, 测量深度为 0 cm、10 cm、20 cm、40 cm、60 cm、80 cm、100 cm, 每隔 2 h 测 1 次, 以及每天的最高和最低地表温度。

1.2 矮蒿草草甸区

中国科学院高寒草甸站^[9]位于 101°19' E, 37°37' N, 地处青藏高原东北部祁连山山系北支冷龙岭东段的南麓, 海拔高度 3 200 m, 定位站的气候具有明显的高原大陆性气候特点, 无四季之分, 仅有冷暖二季之别, 冷季漫长而寒冷, 暖季短暂而气温稍高。年平均温度 -2℃, 气温日较差大(14.4℃), 年较差小(24.2℃), 日照时间长(2 629 h a⁻¹)。太阳辐射强烈。年平均降水量 498 mm, 季节分配不均匀, 88% 的降水量集中于暖半年。全年多风(年平均风速 2.6 m·s⁻¹)。土壤以高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土为主, 其中以高山草甸土分布最广。主要植被类型有矮蒿草草甸、金露梅灌丛等。

1995 年 8 月至 9 月我们对水热状况进行了现场测试, 野外观测选在矮蒿草草甸区微气象观测站一带, 在微气象站测量了大气温度、湿度、风速等数据。土壤含水量也采用取土烘干称重法测量, 测量深度分别为 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm、60 cm, 每 1 d 测量 1 次。蒸散量应有大型精密称重式土壤蒸散渗漏测定仪(Lysimeter) 来测量, 但是蒸散仪正在安装, 所以用大型天平仪称重, 每 2 h 测量 1 次。总辐射和光合有效辐射采用 Li-COR, 188B 型量子辐射计测量, 每 2 h 测量 1

次。叶面积指数采用 Li - COR ,3000 型叶面积仪测量。

1.3 灌溉的绿洲农田

中国科学院阿克苏水文试验站^[10]位于 40°30'N,80°48'E,地处塔里木盆地北部平原绿洲农业区内,海拔高度1 028 m,气候属于暖温带内陆型,与同纬度地区相比,夏季温度偏高,冬季偏低,春秋季节气温升降剧烈,气候干燥,蒸发强烈,多年平均降水量 44.7 mm,年太阳辐射总量为 6 000 MJ·m⁻²,光热资源丰富,具有一定的水资源,水分供给主要依靠高山降水和冰雪融化,这对发展农业生产比较有利。如何合理而有效地开发利用水资源,以促进工农业生产发展和保护生态环境,已是今后该地区发展的首要课题,其核心则是自然的水热传输和人类活动如何与之相适应的问题。

本地区是我国重要的棉花生产区,农业全部依靠灌溉。试验地原始土壤为荒漠盐土,由于开垦前是阿克苏河的冲积平原荒漠区,土壤空间分布具有非均质性,相对不透水的淤泥层和沙土层呈不规则的斑状分布于不同深度的土壤中,使得土壤水分运动比较复杂,试验点农田地下水位在灌溉季节为 1.5~2.0 m,灌溉前后地下水位变幅为 0.3~0.5 m。阿克苏试验地点选择在阿克苏水平衡试验场的绿洲棉田里,试验时间为 1996 年 8 月 7 日至 8 月 22 日,棉花处在开花—孕蕾期,棉田在 8 月 4 日开始灌水,8 月 6 日灌水结束,地表积水消失。

观测项目有:净辐射、总辐射、反射辐射、土壤热通量、农作物冠层上方 0.5 m 和 1.5 m 处干湿球温度、风向、风速以及不同深度的土壤温度、土壤水分含量和土壤盐分浓度。观测方法:利用 MAOS - I 小气候自动观测系统,分别测量第一层至第四层的干湿球温度、湿度、风速等数据,以及测量深度分别为 0 cm、5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、40 cm、60 cm、100 cm 的土壤温度,每 1 h 观测 1 次,微机自动记录;用 AMRS - I 气象辐射自动观测系统分别测量净辐射量、总辐射量、土壤热通量,每 1 h 自动记录 1 次;用 LI - 3000 便携叶面积仪测量植物的叶面积;采用 COMPAC3 红外测温仪测植被叶面冠层温度,每 1 h 观测 1 次;采用 CNC503DR 智能中子水分仪测量土壤水分含量,观测深度为从 10 cm 至 100 cm,以 10 cm 为间隔,每天上午观测 1 次;土壤盐分利用取土法在实验室进行分析。

2 观测结果讨论

2.1 土壤温度和近地层大气温度的日变化特征

流动沙丘上经过人工恢复植被以后,地表反射率、容积热容量、土壤容重和土壤含水量等物理属性都发生了较大的变化,并且影响土壤表层的热量收支,使其发生了相应的变化。1999 年 6 月 5 日至 7 日在沙坡头植物固沙区深 0 cm、10 cm、100 cm 处的土壤温度的日变化观测结果(图 1)表明,无论是土壤表面温度,还是土壤中各个深度都具有周期性的变化。土壤表面温度具有日周期性的变化,这主要由于到达地表面的太阳辐射和地面有效辐射的日变化引起,特别在沙漠地区地表温度日较差大,土壤温度日变化振幅的最大值出现在土壤表面,随着深度加大,振幅减小。由图 1 可见,6 月 6 日在土壤表面处最低温度出现在早上 6 时(14.76 °C),10 cm 处在 7 时前后(16.49 °C);土壤表面处最高温度出现在 14 时(25.62 °C),10 cm 处在 17 时左右(22.96 °C)。一般说来,土壤温度日变化振幅大致在 100 cm 深处上下开始消失,在这个深度以下,土壤温度在一日内将维持恒定,而随季节变化,从图 1 中可以看出深层温度的观测值是符合实际情况的,在一日内温度变化微小。

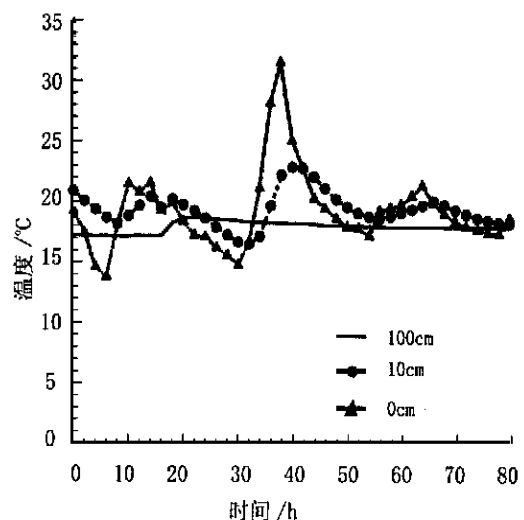


图 1 不同深度土壤温度日变化规律

Fig. 1 Diurnal variation of soil temperature at depths

大气温度与土壤表面温度相似,具有日周期性变化,大气温度在地球表面的平均分布由大气以及地表的辐射状况、垫面的性质、大气环流的状况以及受环流制约的气团的移动等因素决定。从 1999 年 6 月 5 日至 9 日在植物固沙区对不同高度(1 m、4

m和8m)的大气温度分布的观测结果(图2)中看出,大气温度具有日周期性的变化。不同高度上都呈现日温度波,高度愈高,振幅愈小,而温度最大时的位相随着高度增加而落后。

大气温度的日变化最根本的原因是太阳辐射的日变化,除了空气中的湍流输送影响日变化外,土壤的性质对大气温度日变化也有很大的影响。

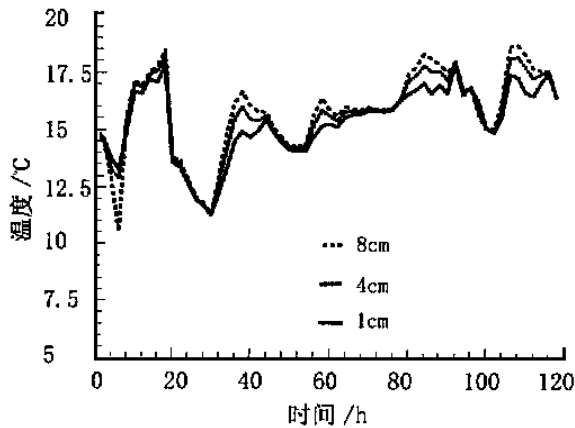


图2 不同高度的大气温度日变化规律

Fig.2 Diurnal variation of temperature at heights

2.2 土壤水分平衡研究

1993年9月13日至21日在沙坡头地区无灌溉的人工植被区对土壤湿度的观测结果(表1)表明,40~60cm处的土壤湿度比表层和深层的土壤湿度大。这由于沙坡头地区气候干燥,表面蒸发量大,同时,土层中存在一定厚度的干沙层,深度约为

6.7cm,干沙层下沙体湿度随深度的增加逐渐增大,至40~60cm左右深处最大,再向下又逐渐下降。观测值反映了沙区土层中具有干沙层这一重要特征。

表2给出了1995年8月29日至9月1日,高寒草甸矮蒿草草甸区土壤重量含水量的观测值,可以看出表层土壤含水量与降水和蒸散有密切关系,第四天与第七天下雨,蒸散量较小,所以土壤含水量较大,这一层的含水量与浅层根系的吸水率成正比,而浅层根系占植物根系的大部分,因此蒸散量主要体现在地表层含水量的变化上;深层含水量的变化较小,这一层的含水量变化主要是受牧草深层根系吸水率的影响,同时还与地下水位的深浅密切相关,由于这一层牧草根系已较少,而且还能得到地下水的补充,所以变化较小。

在1996年8月4日至19日对阿克苏平衡站绿洲棉田的土壤湿度的观测结果(表3)表明^[11],土壤湿度一次灌溉前后发生了明显的变化。棉田土壤分布具有空间变异,土壤水分运移既有垂直运动,又有侧向水平运动。垂直运动是由于蒸散和入渗作用,是持续的土壤水分运动,也是土壤水分运动的主体;侧向水平运动只存在于局部地点的某些时段,造成土壤水分侧向水平移动的重要原因是土壤的非均质性、灌溉的非均匀性以及蒸散的非均匀性。同时,棉田主要根系活动层(20~50cm)土壤水分储量变幅大于其它层土壤,其含水量相对较少。灌水后的几天根系层土壤水分散失比上下层都快,随着土壤水分储量的减少,这种现象逐渐削弱。在扬花—孕

表1 无灌溉人工植被区土壤重量含水量

Tab.1 Soil moisture contents in sandfixation area

深度 /cm	观 测 日 期 (1993年9月)								
	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日
5	0.403	0.285	1.261	0.298	0.227	0.286	0.221	0.541	0.339
10	2.637	2.593	2.118	2.718	0.576	1.252	1.567	0.980	1.882
20	2.768	2.759	2.459	2.450	2.397	2.532	2.145	2.035	2.482
40	2.435	3.598	2.650	2.609	2.290	2.400	2.669	2.435	0.843
60	3.449	3.735	1.346	1.220	2.083	2.117	1.529	1.354	1.968
80	1.910	2.940	2.034	3.054	2.373	2.206	2.619	2.871	1.394
100	1.343	0.912	1.422	0.972	1.351	1.622	0.813	1.147	0.881

表2 矮蒿草草甸区土壤重量含水量

Tab.2 Soil moisture contents in alpine meadow

深度 /cm	观 测 日 期 (1995年8~9月)							
	26日	27日	28日	29日	30日	31日	1日	
5	26.87	46.61	48.34	60.11	42.84	45.61	70.70	
10	29.84	31.62	29.09	31.62	32.79	26.75	39.91	
15	28.38	30.70	31.62	35.18	31.99	32.87	31.89	
20	25.20	31.10	28.73	31.81	29.86	31.32	31.84	
30	24.35	31.09	31.86	29.38	31.79	31.03	32.40	
40	28.07	31.80	33.48	28.76	31.64	28.79	30.77	
50	26.65	21.97	33.11	16.83	29.64	19.49	27.33	
60	22.19	24.60	30.09	18.00	17.11	19.86	23.91	

表3 灌溉前后棉田土壤重量含水量

Tab.3 Soil moisture contents in cotton field before and after irrigation

深度 /cm	观 测 日 期 (1996年8月)								
	4日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	19日
5	15.98	26.36	22.21	20.54	21.27	21.13	18.45	17.52	19.89
20	16.88	25.15	20.77	20.04	19.41	20.08	19.65	20.00	20.01
35	14.14	24.06	21.51	22.62	22.06	22.12	21.76	22.44	20.04
50	21.81	23.39	24.86	23.63	22.73	22.21	21.89	21.61	20.71
65	19.17	24.94	25.96	23.17	21.19	22.34	21.43	23.91	22.11
80	20.94	26.27	21.96	22.44	22.72	22.74	23.56	20.96	21.41
100	21.06	27.30	21.79	22.16	22.53	21.49	21.27	23.32	19.98

蕾期,由于棉田蒸腾强度大,主要根系活动层土壤含水量低于上、下层土壤,经常出现上、下层土壤水分均向根系层运移的现象。

2.3 辐射与能量平衡各分量特征研究

辐射平衡是在辐射交换过程中,地面吸收与射出辐射的差额,又称为净辐射,它是最主要的气候形成因子,决定了地球上能量收入和支出情况,特别是地表面的辐射平衡量,表示了地面能量的积余与亏缺,它在很大程度上决定着土壤上层与近地层的温度分布。

图3给出了1999年6月5日至9日沙坡头植物固沙区净辐射和总辐射的观测值,从图中看到净辐射具有明显的日变化,一般日间为正,夜间为负,净辐射为正值时表示地面净得辐射能量,得以加热地面并且通过各种热交换使大气和土壤深层增温,反之,当净辐射为负值时,地面将降温,冷却,因此大气和土壤深层反过来向地面输送热量。净辐射的大小及变化特征是由短波辐射差额和长波辐射差

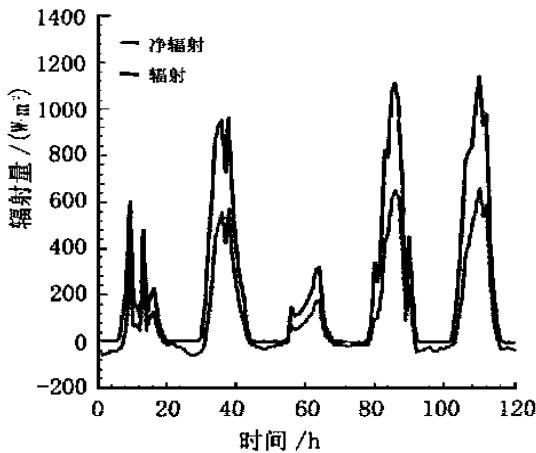


图3 总辐射和净辐射随时间的变化

Fig.3 Variance of global and net radiation with time

额两部分决定的,在一天中,白天短波辐射差额起决定作用,而夜间长波辐射差额起决定作用,最大值出现在正午前后,最小值出现在夜间,白天净辐射的变

化规律与总辐射类似,只是总辐射比净辐射量大,夜间净辐射的变化规律与有效辐射类似。

图4是1996年8月7日至12日阿克苏绿洲棉田的净辐射(R_n),潜热(E),显热(H)和土壤热通量(G)等项的日变化规律。净辐射是潜热,显热和土壤热通量的能源,潜热交换主要决定于下垫面与大气间的水分交换过程,即蒸发耗热或凝结释热,显热交换主要是指近地层的湍流热交换,土壤热通量是与土壤中的分子热传导有关。从图中可以看出潜热是主要的,显热次之,土壤热通量最小。

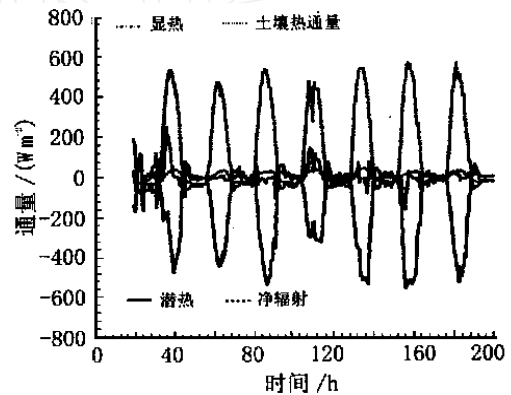


图4 净辐射,潜热,显热,土壤热通量的日变化规律

Fig.4 Diurnal variation of net radiation, latent, sensible and heat fluxes

3 结论

(1) 对沙坡头植物固沙区、高寒草甸地区和阿克苏绿洲农田的观测情况作了具体介绍,可为生态台站网络的观测研究提供科学依据。

(2) 利用实验方法,研究了不同下垫面干旱地区陆-气相互作用规律,沙漠地区的陆-气相互作用的主要特征是日照强,但反射率高,净辐射较小,土壤湿度较小,蒸发量微小,显热较强,地表温度变化剧烈,大气稳定度对边界层湍流运动和土壤水热交换有较大影响。

(3) 青海高寒草甸区具有明显的高原大陆性气候特点,无四季之分,仅有冷暖二季之别,气温日

较差大,年较差小,日照时间长,太阳辐射强烈。土壤湿度较大,特别土壤表层湿度更大,有利于草甸植被的生长。

(4) 新疆塔里木盆地灌溉的绿洲农田的陆-气水热交换过程观测结果说明,气候干燥,蒸发强烈,热量丰富,经过灌溉以后土壤水分含量有所增加,适合农作物的生长。在陆-气水热交换过程中,潜热是主要的,显热其次,土壤热通量最小。

参考文献(References):

- [1] Dickimson R W, *et al.* Biosphere - Atmosphere Transfer Scheme (BATS) for NCAR Community Model [Z]. NCAR, Boulder Co., TN - 275 + STR, 1986.
- [2] Sellar P J. A simple biosphere model (SiB) for use within general circulation models[J]. *J. Atmos. Sci.*, 1986, (43): 505 - 531.
- [3] Xue Y. A simplified biosphere model for global climate[J]. *J. Climate*, 1990, (4): 345 - 364.
- [4] Yao Deliang, Xie Zhengtong, Liu Xinmin, *et al.* Model for water heat exchange processes between soil and atmosphere and observation indexes in desert region[J]. *Journal of Desert Research*, 1999, 19 (Supp.): 170 - 174. [姚德良, 谢正桐, 刘新民, 等. 沙漠地区陆面过程模式和观测指标体系研究[J]. 中国沙漠, 1999, 19(增刊): 170 - 174.]
- [5] Li Jaichun, Yao Deliang, Shen Weiming, *et al.* A coupling model for terrestrial processes in arid areas and its application[J]. *Applied Mathematic and Mechanics*, 1999, 20(1): 1 - 11.
- [6] Yao Deliang, Xie Zhengtong, Liu Xinmin, *et al.* Model of soil-water-heat movement and observation in desert region[J]. *Journal of Desert Research*, 1999, 19 (Supp.): 175 - 179. [姚德良, 谢正桐, 刘新民, 等. 沙区土壤水热运输模型和观测研究[J]. 中国沙漠, 1999, 19(增刊): 175 - 179.]
- [7] Li Xinroug, Zhang Jingguang, Wang Xiping, *et al.* Soil microbiotic crust and its influences on sand-fixing vegetation in arid desert region [J]. *Journal of Desert Research*, 1999, 19 (Supp.): 165 - 169. [李新荣, 张景光, 王新平, 等. 干旱沙漠区土壤微生物结皮及其对固沙植被影响的研究[J]. 中国沙漠, 1999, 19(增刊): 165 - 169.]
- [8] Feng Jinchao, Liu Lichao, Zhang Jingguang, *et al.* Study on parameterization and mechanism of vegetation effects on water transfer near sandy ground [J]. *Journal of Desert Research*, 2000, 20(2): 201 - 206. [冯金朝, 刘立超, 张景光, 等. 干旱地区植被影响沙地水分传输机理及其参数化[J]. 中国沙漠, 2000, 20(2): 201 - 206.]
- [9] Yao Deliang, Shen Weiming. Study on growth yield model of forage grass in high cold meadow [J]. *Acta Agrestia Sinca*, 1996, 4(4): 274 - 280. [姚德良, 沈卫明. 高寒草甸地区牧草生长量模拟模式研究[J]. 草地学报, 1996, 4(4): 274 - 280.]
- [10] Yao Deliang, Shen Weiming, Li Jaichun. Numerical simulation for the processes land-atmosphere water and heat exchange in Tarim Basin [J]. *J. Water Conservancy*, 1994, (5): 31 - 37. [姚德良, 沈卫明, 李家春. 塔里木盆地陆气水热交换数值模拟[J]. 水利学报, 1994, (5): 31 - 37.]
- [11] Zhou Hongfei, Huang Miaofen. Relationship of cotton evapotranspiration and water-heat conditions in Tarim Basin [J]. *Arid Land Geography*, 1996, 19(4): 60 - 67. [周宏飞, 黄妙芬. 绿洲棉田蒸散与土壤水热状况关系分析[J]. 干旱区地理, 1996, 19(4): 60 - 67.]

Field Study on Terrestrial Processes in Arid Areas

YAO De-liang^{1,2}, LI Jia-chun¹, LI Xin-rong², ZHANG Jing-guang², LIU Li-chao²

(1. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 2. Shapotou Desert Research & Experiment Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The importance of the land-atmosphere interaction studies over the living environment in the arid areas is presented. Meanwhile the system of model parameterized and measuring index as well as the measuring field and results have also been introduced. The measuring results of the land-atmosphere water-heat exchange process in the non-watering plot in Shapotou desert area, Ning Xia Province, in high-cold meadow of Qing Hai Province, and in the irrigating agricultural fields in Tarim Basin, Xin Jiang province are discussed. Through the comparison with the actual measuring data, the model is proved to successfully simulate the land-atmosphere interaction processing. The land-atmosphere interaction rule in various land surfaces in the arid areas can provide scientific foundation for the optimizing use of local water-heat resources.

Key words: arid area; sand-fixation with plant; high cold meadow; oasis cropland; field observation