维普资讯 http://www.cqvip.com

第25卷 第2期
2007年6月

干 旱 气 象
ARID METEOROLOGY

Vol.25 NO.2
June,2007

文章编号:1006-7639(2007)-02-0001-04

关于干旱和半干旱区陆面水分过程的研究

张 强,王 胜

(中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,
中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,甘肃 兰州 730020)

摘 要:简要阐述了陆面水分过程的内涵,论述了干旱半干旱区陆面水分过程的独特性,提出了干旱半干旱区生态和土壤特性对陆面水分过程的敏感性。并且,总结了国内外陆面水分过程的研究现状,分析了干旱半干旱区陆面水分过程研究的不足之处,讨论了进一步开展干旱半干旱区陆面水分过程研究的思路。

关键词:干旱半干旱区;陆面水分过程;独特性;气候变化;降露水

中图分类号:P339 **文献标识码**:A

引 言

水分是气候系统中最活跃的因子,它能以各种不同形态参与气候系统各圈层的物理过程、生物过程和化学过程等许多方面,它对全球变化的响应也十分敏感[1]。通过蒸发、蒸腾和相变等过程,水分对全球变暖过程的调节也十分明显。目前,人类已经面临全球范围的水资源紧缺问题,许多研究工作的重点已逐渐开始从过去主要以认识大气环流为目的的能量循环研究转向了以了解生态环境和社会发展问题为目的的水分循环问题研究[2]。并且在大气数值模式对大气温度的模拟能力已经有了比较显著的提高之后,人们开始更加注重追求对水分过程特别是大气降水模拟能力的改进。所以,水分过程研究在气候、天气及生态环境科学领域已经显得越来越重要。

陆面水分过程是整个气候系统水分过程的关键环节,也是控制和影响区域水分循环和水资源分布的主要过程。在干旱半干旱区,由于下垫面干燥、生态环境脆弱,陆面水分过程对整个区域的生态、气候和土壤特性以及人类活动的影响都要明显比其它地区更加显著[3],该区域生态环境格局的演化和气候变化大多都与陆面水分过程的贡献有关,人类活动对生态和气候的许多影响也主要体现在对陆面水分过程的调整和改变上[4-5]。因此,干旱半干旱区陆面水分过程研究是一个事关区域长远发展的重要的科学问题。

1 陆面水分过程的内涵

陆面水分过程是陆面过程的重要组成部分,与陆面能量过程以及陆面生物和化学过程有机联系和相互作用,它主要指陆地表面各水分循环分量的时间变化和相变过程以及在浅层土壤和近地层大气中的传输和输送过程,既包括自然降水、表面降露水、土壤蒸馏水、植物水、土壤水和地下水等水分分量的变化和循环特征及其相互转化过程,同时也包括土壤表面蒸发和植被蒸腾、表层水汽凝结、液态水冻结、冰雪消融、雪冰转化、土壤水分渗漏、毛管抽吸、根系输送、气态扩散等相变和水分输送过程。在陆地表面,气候系统5大圈层主要通过陆面水分过程来联系,气候系统响应外部强迫和调整内部变化也主要通过陆面水分过程来实现。陆面水分过程不仅是控制浅层土壤水分含量的最主要的物理过程,是植被状况和农业生产条件的直接决定因素;而且还是影响地表宏观水分循环的关键因素,左右着区域生态格局和人类生活基础。因此,陆面水分过程已经成为整个陆面过程研究的核心问题之一。

收稿日期:2007-03-06;**改回日期**:2007-04-10
基金项目:国家自然科学基金项目(40575006)资助
作者简介:张强(1965-),男,甘肃靖远人,研究员,博士生导师,主要从事大气边界层、陆面过程、绿洲气象学和城市大气环境等领域的研究.

维普资讯 http://www.cqvip.com

2 干旱半干旱区陆面水分过程的特殊性

2.1 在气候系统中扮演着特殊角色

干旱和半干旱区陆面水分过程在整个气候系统中扮演着十分特殊的角色。从生态与水分的相互作用角度讲,正是由于干旱少雨,陆面水分过程就成了制约生态系统正常发育的主要限制因素。陆面水分过程的细微变化都可能引起干旱和半干旱区气候状态和生态系统的剧烈改变。同时,干旱区陆面能量和植物生理过程对陆面水分过程的响应也十分敏感,陆面水分过程的变化会引起表面能量循环的剧烈调整和植物生理的明显反映。在很多情况下,由于陆面水分过程的某些改变(譬如,一次降水过程)会造成地表能量输送和植物生理特征的巨大波动。这使得陆面水分过程在干旱和半干旱区显得尤为重要。

同时,干旱半干旱区陆面水分过程对表层土壤的物理特性有显著影响,它会直接影响到土壤的粘连性、表层结构特征和表面色度,从而会在一定程度上控制荒漠表面起沙和沙尘传输过程以及植被生长状态和表面热量特征。因此,干旱和半干旱区陆面水分过程研究对发展农业生产、保护生态环境、抑制沙尘暴发生等方面均具有比较明显的现实意义。

在干旱和半干旱区,由于土壤干燥、植被稀少,陆面水分过程对气候系统温度变化的有效调节能力会显得十分有限,这使得该地区气候系统对全球变暖的响应可能要更敏感一些。与其它湿润地区相比,干旱半干旱区陆面水分过程在一定程度上会扮演极端化气候变暖效应的特殊角色。

2.2 在科学性上具有特殊性

从干旱半干旱区陆面水分过程的科学特征来讲,正是由于干旱和半干旱区特有的气候和土壤条件,其陆面水分过程无疑会有一些比较特殊的表现。首先,由于干旱和半干旱区土壤干燥、植被稀少、土壤粒隙大、结构松散,水分在土壤中的分布会比较特殊。在一般植被根系活动范围内,往往会存在着一个对生态系统维持极其关键的土壤水分丰富层。其次,由于表面降水和蒸发均很微弱,使得以往在其它地区不被重视的某些水分输送方式会显得重要起来。譬如,近地层大气水汽在夜间冷却凝结后被表面土壤吸收的部分即"降露水"对陆面水分平衡的贡献可能会比较大[6]。陈满祥根据水分平衡结果初步推算表明[7]:在年平均降水为100 mm的甘肃民勤,其表面土壤获得的"降露水"可能要在100~200 mm左右,超过了自然降水的贡献,这是相当可观的水分贡献量。德国和以色列科学家也一直在尝试发展干旱地区的降露水利用技术,并且已经取得了很不错的进展。这表明在干旱和半干旱区"降露水"是表层土壤比较重要的水分来源。

另外,土壤较深层液态水加热蒸发后会以气态形式向表层或大气输送,在适当的条件下往往会在地表由于冷却凝结而被表面土壤吸收,这部分水分通常称为"蒸馏水",它对表层土壤水分的贡献可能同样不可忽视。孙菽芬等人的研究也表明[8]:由于干旱荒漠区夏季地表高温和干燥,土壤透气性较好,土壤水分的输送机理也会与其它地区有所不同,除了液态形式的水分输送外,气态的水分输送在这里也会变得重要起来。

影响干旱和半干旱区陆面水分过程的因素比较复杂。譬如,就"降露水"的形成而言,气候背景、地表性质、近地层大气湿度、水平风速、大气温度层结、地表温度等与水汽分布、水分输送、凝结过程等有关的因素都可能会对其产生影响。干旱半干旱地区特殊的气候环境和生态格局也对"降露"和"蒸馏"等水分过程有一定影响。譬如,在西北干旱区,荒漠和绿洲总是相伴而生,由于受绿洲的影响,临近绿洲的荒漠往往与远离绿洲的一般荒漠地表水分输送过程也会不同。这些都表明干旱区和半干旱区陆面水分过程有其独特性和复杂性。

3 干旱半干旱区陆面水分过程的研究进展

3.1 研究现状

就研究现状而言,虽然在国际上早在20世纪60~70年代Geiger[9]和Oke[10]等科学家就已经初步开始了对陆面水分过程的研究,并且对液态水的自然降水、蒸发、毛管抽吸、渗漏和气态水的蒸发降露、蒸馏和传输等过程均有了一定程度的认识[11]。但是,这期间国内在这一领域的研究则显得十分薄弱,在很多方面基本上是空白。

近几十年,由于全球变化研究的兴起,无论国外还是国内对水分宏观过程的研究受到了许多研究机构和科学家的高度重视,而且这方面的研究计划和科研项目也日益广泛。比如,国际上开展了著名的GEWEX、IHP和BAHC等大型研究计划[12-13],国内

维普资讯 http://www.cqvip.com

也相继开展了973项目"黄河流域水资源转化规律与可再生性维持机理"[14]和国家自然基金重点研究项目"西北干旱区内陆河流域水资源形成与变化"[14]等一些研究工作。在陆面水分过程即地表小尺度水分输送和循环过程研究方面,国内外一些科学试验研究计划曾不同程度涉及到了其中的一些科学问题。比如,国际上有 HAPEX/MOBILMY[15]、FIFE[16]、EFEDA[17]、BOREAS[17]等试验计划,国内有 HEIFE[18-19]、IMGRASS[20]、TIPEX[21]、HUPEX[21]和 NWC - ALIEX[1]及其它一些相关观测试验[22-21],这些研究工作都不同程度地在陆面水分过程研究方面取得了一些比较有意义的研究结果[21]。

但是,从目前的研究进展看,总体而言,比较系统地专门针对陆面水分过程的观测试验研究和理论分析则均明显不足,对陆面水分过程的认识仍然十分有限,还存在很多科学疑惑。所以,在2002年7月召开的以"全球变化与中国水循环前沿科学问题"为主题的香山科学会议第187次学术讨论会上,仍然把陆面水分过程列为目前几个关键科学问题之一[23]。

在干旱和半干旱地区,由于干旱少雨,土壤比较干燥,人们往往更加容易忽视对陆面水分过程的研究。20世纪80年代末和90年代初,在西北干旱地区甘肃黑河流域开展的 HEIFE 试验作为我国首个陆面过程科学试验研究就在陆面水分过程研究方面显得很薄弱,而且至今也未能对当时取得的很有限的陆面水分过程观测资料进行充分分析。实事求是地讲,目前对干旱和半干旱区陆面小尺度水分输送和水分循环特征的认识还明显不足,对其变化规律和一些物理机理更加缺乏了解,在大气数值模式中对其描述也还远远不够完善,特别是对表面蒸发和降露水的计算及土壤水分输送方程的确定还存在不少理论方面的困惑。

3.2　问题和不足

通过综合分析陆面水分过程的研究进展及其它研究领域发展对陆面水分过程研究所提出的要求,让我们已经意识到目前干旱半干旱区陆面水分过程研究领域的问题主要表现在如下几个方面:首先,迄今为止,我们仍然不能够对一些基本问题如干旱半干旱区陆面水分过程具有怎样的科学规律和特性、哪些水分过程对干旱半干旱区更重要等很好地回答。其次,人类正面临全球范围的生态环境退化和水资源紧缺等问题,在干旱半干旱区这一问题尤其突出,直接影响生态维持和经济发展。但自然降水、蒸发、毛管抽吸、根系输送、渗漏、降露、蒸馏和大气扩散等小尺度水分过程到底通过怎样的机制来维持和影响干旱生态系统?维持干旱生态系统的陆面水分约束条件是什么?对这些深层次问题均需要进一步的研究和探讨。

从宏观角度讲,对干旱半干旱区陆面水分过程空间和时间变化规律的认识可以说还很模糊。如何充分利用数值模式和卫星反演资料来开展陆面水分过程空间分布特征研究是需要今后进一步努力的方面。我们可以充分利用卫星遥感资料空间覆盖范围大、时间序列完整以及数值模拟可重复实验的特点,尝试研究土壤湿度、表面蒸发以及降露和蒸馏水等干旱半干旱区陆面水分过程主要参量的空间和时间变化规律。

在大气数值模式中,对干旱半干旱区陆面水分过程的处理也还存在许多不完善的方面,许多模式中对其描述隐含了不少假定和推测。虽然,通过近20 a的研究,已经在干旱区陆面水分过程研究方面取得了部分创新性的试验研究结果,但如何将这些结果合理应用到陆面过程模式以及卫星遥感反演工作中还存在空间代表性和尺度转化等问题。

利用卫星遥感资料来改进干旱半干旱区陆面水分过程模拟的工作也还没有取得实质性的进展。从目前科学技术的发展趋势而言,可以将卫星遥感资料反演的土壤湿度、植被指数和地表反照率等参数直接同化到陆面过程模式中,以此来提高对陆面水分过程的模拟能力。但在干旱半干旱地区,要想有效反演出土壤湿度、植被指数和地表反照率等参数还必须克服卫星资料应用和反演等方面的一些技术问题。

4　结束语

正是由于干旱和半干旱区陆面水分过程研究还存在不少问题,以至于使我们目前还无法做到对干旱半干旱区宏观水分平衡较精确的估计及对大气降水量的准确预报,更无法客观评估水资源对生态环境的影响。所以,对干旱半干旱区陆面水分过程的研究,不仅需要强调对水分输送和循环机理方面的理论探讨,而且也特别应该加强专门针对陆面水分过程的野外观测试验研究工作,以便从基础出发弄清陆面水分过程的基本规律和特征。

无论从科学发展还是从现实需要角度而言,对

维普资讯 http://www.cqvip.com

干旱半干旱区陆面水分过程的研究具有重要意义。该研究方向不仅处在国际前沿科学研究领域，而且也是国际热点科学问题。对该问题的研究将会在干旱半干旱区陆面水分输送和循环机理及其对生态环境影响机制研究方面取得理论创新，将会发现和揭示出干旱半干旱区陆面水分过程的一些特殊规律。同时，在卫星遥感资料和数值模拟与野外观测试验资料结合来研究陆面水分过程方面也可能是一个比较好的尝试。另外，该方面的研究进展还将会有效推动数值模式发展、水资源评估、气候变化和生态学等不少相关研究领域的发展。

可以预期，如果干旱半干旱区陆面水分过程研究工作能够得到不断加强和持续发展，其所取得的研究成果将会对西北干旱半干旱区农业生产发展以及生态环境保护发挥极大的现实作用，对控制沙尘暴和沙漠化等西北地区重要的自然灾害起到重要的理论指导作用。

参考文献：

[1] 张强，黄荣辉，卫国安，等. 西北干旱区陆面过程观测野外试验(NWC－ALIEX)及其研究进展[J]. 地球科学进展，2005，20(4)：427－441.

[2] 叶笃正. 中国的全球变化预测研究[M]. 北京：气象出版社，1992.

[3] 程国栋，肖笃宁，王根绪. 论干旱区景观生态特征与景观生态建设[J]. 地球科学进展，1999，14(1)：11－15.

[4] 张林源，王乃昂. 中国沙漠和绿洲[M]. 兰州：甘肃教育出版社，1994.

[5] 王玉朝，赵成义. 绿洲－荒漠生态脆弱带的研究[J]. 干旱区资源与环境，2001，15(2)：25－30.

[6] Zhang Qiang, Huang Ronghui. Water Vapor Exchange Between Soil and Atmosphere over a Gobi Surface Near An Oasis in Summer [J]. Journal of Applied Meteorology, 2004, 43(12): 1917－1928.

[7] 陈满祥. 水文水资源论文集[C]. 甘肃：兰州大学出版社，2000. 157.

[8] 孙菽芬，牛国跃，洪钟祥. 干旱及半干旱区水热传输模式研究[J]. 大气科学，1998，22(1)：1－10.

[9] Geiger R. The Climate Near the Ground [M]. Cambridge(Mass): Harvard Univ Press, 1965.

[10] Oke T R. Boundary Layer Climate [M]. New York: London Methuen and COLTD, 1978.

[11] Brutsaert W. Evaporation into the Atmosphere [M]. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing company, 1982. 121－124.

[12] 陈泮勤. 世界气候研究计划(WCRP)及其进展[J]. 地球科学进展，1995，10(5)：88－91.

[13] 陈泮勤. IGBP 的核心计划和执行战略[J]. 地球科学进展，1990，4(4)：9－14.

[14] 陈海山，孙照渤. 陆气相互作用及陆面模式的研究进展[J]. 南京气象学院学报，2002，25(2)：277－288.

[15] Andre J C. HAPEX－MOBILMY [J]. Bull Amer Meteor Soc, 1988(68): 138－144.

[16] Sellers P J, Hall F G, Asrar G, et al. The First Islscp Field Experiment (FIFE) [J]. Bull Amer Meteorol Soc, 1988(69): 22－27.

[17] 孙成权，张志强. 国际全球变化研究计划综览[J]. 地球科学进展，1994，9(3)：53－70.

[18] 胡隐樵，高由禧，王介民，等. 黑河试验(HEIFE)的一些研究成果[J]. 高原气象，1994，13(3)：225－236.

[19] 张强，赵鸣. 绿洲附近荒漠大气逆湿的外场观测和数值实验[J]. 气象学报，1999，57(6)：729－740.

[20] 吕达仁，陈佐忠，陈家宜，等. 内蒙古半干旱草原土壤－植被－大气相互作用(IMGRASS)综合研究[J]. 地学前缘，2002，9(2)：295－306.

[21] 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.

[22] 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.

[23] 赵生才. 全球变化与中国水循环前言科学问题[J]. 地球科学进展，2002，17(4)：628－730.

Processes of Water Transfer over Land Surface in Arid and Semi－Arid Region of China

ZHANG Qiang, WANG Sheng

(Institute of Arid Meteorology, CMA ; Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province; Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China)

Abstract: At first, the meaning of the water transfer processes (WTP) over land surface is set forth and its uniqueness in arid and semi－arid region is discussed in this paper. Later, the sensitivity of the ecology and soil characteristics in arid and semi－arid region to the WTP is presented. The domestic and foreign research advances on WTP is summed also. Finally, the deficiency on the WTP study in arid and semi－arid region is analyzed and the way to research the WTP there is suggested.

Key words: arid and semi－arid region; processes of water transfer over land surface; uniqueness; climate change; dew