

塔中沙漠地区 Guilspare^R抑制土壤蒸发的效应研究

孙树国^{1,2}, 张建国^{1,2}, 徐新文¹, 雷加强¹, 李生宇¹

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘 要: 塔克拉玛干沙漠地区自然条件异常恶劣, 土壤水分蒸发极为强烈, 土壤水分损失严重, 沙漠公路防护林的管护极其困难, 因此林带节水保水乃当务之急。对新型土壤水分蒸发抑制剂 Guilspare^R的保水效应进行了试验研究。结果表明, Guilspare^R可有效抑制土壤蒸发, 保持土壤水分, 改善土壤和植物水文环境, 对林带节水保水具有重要意义。(1) Guilspare^R对沙漠土壤蒸发有明显的滞缓作用, 抑制土壤蒸发累积量最大可达 21.06 mm, 初始抑制效率达 70% 左右; (2) Guilspare^R对 0—5 cm 层土壤含水量的影响较大, 对 5 cm 以下土层影响相对较小; (3) 一个灌溉周期后植物水势随着 Guilspare^R浓度的增加而逐渐降低, 植物的水文环境得到了较大的改善。

关键词: 塔克拉玛干; 沙漠腹地; Guilspare^R; 土壤蒸发; 微型蒸渗仪; 植物水势

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)05—0099—05

中图分类号: S152.7

Inhibition of Guilspare^R on Soil Evaporation in the Hinterland of Taklimakan Desert

SUN Shu-guo^{1,2}, ZHANG Jian-guo^{1,2}, XU Xin-wen¹, LEI Jia-qiang¹, LI Sheng-yu¹

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Taklimakan Desert region is known as its extremely rigorous natural conditions. Soil moisture loss is very serious because of its extremely strong evaporation. Under such conditions, the shelterbelt along the Trim Desert Highway is difficult to manage and protect, so water-saving and water-keeping of shelterbelt is imperative. In this study, one new type hydrophobic polymer named Guilspare^R is used to test the inhibition on soil evaporation. Results show that Guilspare^R can limit soil evaporation and maintain soil moisture, which is of great significance in shelterbelt for it can improve soil and plant hydrological environment. Firstly, Guilspare^R can reduce soil evaporation obviously. The largest inhibition amount is 21.06 mm and the initial inhibition efficiency is about 70%. Secondly, in field evaporation experiment, water content within 5 cm of soil surface is affected largely by Guilspare^R and below 5 cm, it is affected relatively less. Thirdly, after irrigation, plant water potential is reduced gradually with Guilspare^R concentration increase and hydrological environment of plant is improved better.

Key words: Taklimakan desert; hinterland; Guilspare^R; soil evaporation; micro-lysimeter; plant water potential

为了开发沙漠油气资源, 促进新疆经济发展, 1995 年塔里木沙漠石油公路全线通车。它全长约 562 km, 其中 446 km 穿行于流动沙漠中, 是目前世界连续穿越流动沙漠最长的高等级公路。为了防止风沙对公路的危害, 2003 年 8 月动工在公路机械防沙体系的基础上建立了宽约 72~78 m 的塔里木沙漠公路防护林生态

工程, 为保护该公路建起了一座“绿色防沙屏障”^[1]。防护林就地开采地下咸水进行滴灌, 林带采用柽柳、梭梭、沙拐枣属等优良防风固沙灌木造林, 防护林的建设保障了沙漠公路的安全畅通^[2-3]。

然而塔克拉玛干沙漠地区气候条件极其恶劣, 大气蒸发强烈, 水资源严重短缺, 干旱缺水制约了荒漠

收稿日期: 2008-04-13

修回日期: 2008-05-30

资助项目: 中国科学院重要方向项目 (kzcx3-sw-342); 国家科技攻关计划西部开发行动项目 (2005BA901A21); 国家自然科学基金项目 (40701098); 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目 (20052118); 中国科学院新疆生态与地理研究所绿洲学者“博士人才”计划项目

作者简介: 孙树国 (1980—), 男 (汉族), 山东省滨州市人, 硕士研究生, 主要从事土地退化及整治研究。E-mail: sunshuguo315@163.com。

通信作者: 徐新文 (1963—), 男 (汉族), 山东省菏泽市人, 研究员, 博士生导师, 主要从事荒漠化防治研究。E-mail: sms@ms.xjb.ac.cn。

化防治的进程,同时也造成防护林树木成活率低,林木护育困难。面对这种局面,除合理利用水资源外,还应当大力推广喷灌、微灌等工程技术及节水保水技术产品,改善土壤水分条件^[4-6];Guilspare^R作为一种新型的抑制土壤水分蒸发材料,是一种先进的节水产品,在西班牙、阿拉伯半岛、苏丹等国家的研究已经取得了一定的进展,形成了相对完善的技术体系。Fernandez, Hirsbrunner, Cookson 等人对该技术进行了较为深入的研究,主要内容是 Guilspare^R在农田上的应用^[7-11]。作为一种新的保水节水方法——利用 Guilspare^R来抑制土壤水分蒸发,虽然国外有了相对较完善的体系,但目前在国内这方面的研究还相对较少,因此对该方法的研究不仅对于沙漠防护林地区灌溉节水保水具有重要应用价值,而且对于填补国内在该领域研究的空白以及完善该技术体系具有重要的现实意义。

1 研究区域概况

本试验于塔克拉玛干沙漠腹地的塔克拉玛干沙漠研究站/塔中植物园(39°06'N, 83°40'E)内进行。该地区年平均气温 12.4℃,极端最高气温 45.6℃,极端最低气温 -22.2℃;平均相对湿度 29.4%,年降水量 11.05 mm,蒸发量为 3 638.6 mm,是降水量的

300 多倍;平均风速 2.5 m/s,最大瞬时风速为 20.0 m/s。土壤特征随地貌不同而有所差异,绝大部分为流动风沙土,盐分含量为 1.26~1.63 g/kg,在下层偶尔出现亚黏土,夹杂在风沙土中间。自然植被种类贫乏,群落结构简单,盖度极低,仅有植物 9 种^[13,12]。

2 试验设计和研究方法

2.1 试验材料

试验采用的抑制剂为 Guilspare^R,由瑞士雀巢研究中心发明,Guilford Development 公司生产。它是一种可溶的有机硅化合物,弱碱性透明液体,基本成分为 N, O, Si;附着的亲水基具有保持土壤水分的作用。它施用到土壤表层,在土壤颗粒周围产生不易被水沾湿的疏水层,切断了毛管的蒸腾,从而阻止了土壤水分的蒸发。

2.2 人为可控试验

人为可控试验于 2006 年 10 月 5 日至 2006 年 10 月 26 日在塔中植物园内进行。试验阶段平均风速 1.40 m/s,地表平均温度 16.64℃,无沙尘暴、降雨等特殊天气。试验器材为自制微型蒸渗仪(MLS),内桶高 15 cm,直径 10 cm,下底用胶布封底。使用时内桶放入外桶一起埋于土中,以方便取出内桶称量。供试土壤为流动风沙土,其理化性质见表 1。

表 1 风沙土基本理化性质

土壤水分性质	自然含水量/ %	饱和持水量/ %	毛管持水量/ %	总空隙度/ %	毛管空隙度/ %	总盐量/(g·kg ⁻¹)	电导率/(ms·cm ⁻¹)
	0.02	27.03	25.64	37.58	35.64	1.51	0.49
颗粒组成及 pH 值	黏粒/ %	粉沙/ %	极细沙/ %	细沙/ %	中沙/ %	粗沙/ %	pH(1-5)
	8.73	0.27	12.35	52.04	30.79	2.12	2.42

将供试土壤装入蒸渗仪内桶,加入淡水至饱和。在土壤表面喷洒 Guilspare^R,剂量分别为 3, 6, 8, 10 和 12 ml,共 5 个处理,分别标记为 Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, Y₅;对照表面未喷洒 Guilspare^R,记为 Y₀;所有重复数均为 3。每天 20:00 称重,计算蒸渗仪内土壤水分的变化量即蒸发量(单位换算成 20 cm 直径小型蒸渗仪所测得单位 mm)。

2.3 田间试验

沙漠公路防护林的灌溉周期夏季一般 10 d 左右,春秋季节一般 15 d 左右。试验于 2007 年 7 月 3—12 日(一个灌溉周期)进行;试验阶段平均风速 1.95 m/s,地表平均温度 21.64℃,无沙尘暴、降雨等特殊天气。在同一林龄、同一立地条件的沙拐枣林内选择样地,喷洒相同量 1 L/m² 而不同浓度(体积比)的 Guilspare^R,浓度分别为 1%, 2%, 3%,分别用 A, B,

C 标记,同时设置对照,各梯度设 3 个重复。每天 20:00 定时采用土钻法分表层(0—1 cm), 1—5 cm 层, 5—15 cm 层, 15—30 cm 层,共 4 层分别取土样,用烘干法测定土壤含水量。同时在灌溉周期结束后测定样地沙拐枣的植物水势,确定 Guilspare^R与各处理样地植物水分水文情况的关系^[13-15]。

3 结果与分析

3.1 人为可控试验

塔中沙漠地区由于强烈的大气蒸发,沙质土壤难以保持土壤水分,使得土壤水分损失严重。从土壤水分的日蒸发量变化(图 1a)可以看出,土壤水分日蒸发量随着时间的变化而递减,Guilspare^R的剂量不同,土壤水分日蒸发量也不同,Guilspare^R剂量越大其蒸发量变化幅度越小,施用 Guilspare^R的蒸发量比对照平均低

约 0.48 ~ 1.94 mm,最大相差 8.18 mm,抑制作用明显;随着蒸发的进行土壤含水量渐小,大概在第 10 d 时对照的土壤水分蒸发量开始小于有抑制剂作用的土壤水分蒸发量,此时为蒸发过程的转折点。从土壤水分蒸发的累积变化(图 1b)也可以看出,对照的土壤水分蒸发量明显大于有抑制作用的蒸发量,施用抑制剂的土壤水分蒸发量比对照的平均低约 9.21 ~ 17.52 mm,最大相差 21.06 mm,抑制作用明显;试验初期曲线斜率最大,试验后期斜率逐渐降低,即抑制作用逐渐减弱。从图 2a 也可以看出抑制效率的变化规律,初始

抑制效率可达 70 %左右;Guilspare^R的剂量越大,抑制效率越大,抑制作用越明显。图 2b 列出了抑制效率的转折点(第 10 d)和蒸发过程总的抑制效率这 3 个时间段抑制效率与 Guilspare^R剂量之间的关系,它们成正比例相关关系。

试验表明,施入 Guilspare^R对土壤水分蒸发有滞缓作用,降低土壤水分的散失速率,使土壤保持较高的含水量,喷洒 Guilspare^R的初始阶段抑制作用最为明显。同时也发现 Guilspare^R施用剂量越大,这种滞缓作用越强,土壤水分的累积蒸发量也越小。

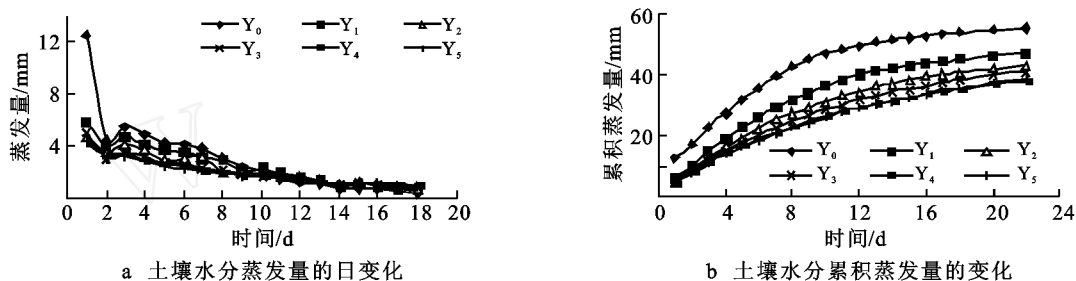


图 1 土壤水分蒸发过程

注: Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, Y₅ 分别代表土壤表面喷洒 Guilspare^R剂量分别为 3, 6, 8, 10, 12 ml 的 5 个处理,下同。

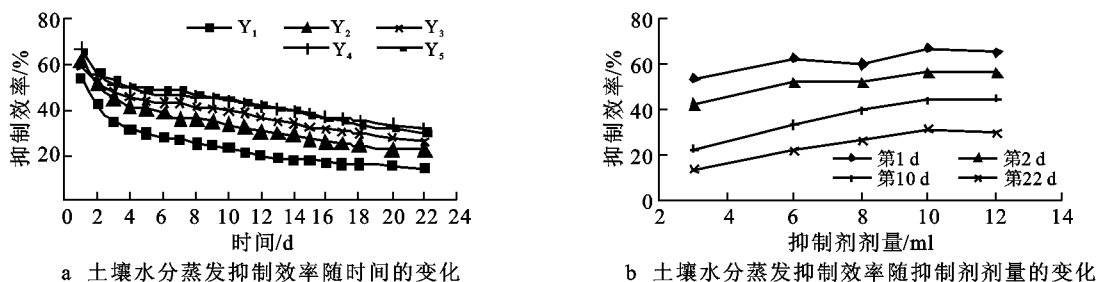


图 2 土壤水分蒸发抑制效率

3.2 田间蒸发试验

3.2.1 田间试验土壤含水量的变化规律 图 3a 为土壤表层(0—1 cm)含水量的变化。从图中可以看出,土壤含水量随时间变化渐低,其中对照土壤含水量变化幅度最大,即 Guilspare^R浓度越大,土壤含水量变化幅度越小,Guilspare^R对土壤含水量蒸发有明显的抑制作用,减少了土壤水分的无效损失,保持了土壤水分;图 3b 是 1—5 cm 土层的含水量变化,其变化规律与表层含水量的变化规律相似,即 Guilspare^R对 1—5 cm 层土壤含水量的变化也有较大影响。

图 3c 和图 3d 分别是土壤 5—15 cm 层和 15—30 cm 层土壤含水量的变化。这两层土壤含水量的平均值都高于 0—5 cm 层土壤的含水量平均值,各处理之间没有什么明显的变化规律,说明大气蒸发对这两层影响相对较小。田间试验证明,抑制剂对土壤表层

(0—1 cm)及土壤 1—5 cm 层含水量的影响较大,能明显地抑制土壤水分损失,减少土壤水分的无效损失,有效地保持土壤水分;并且 Guilspare^R浓度越大,抑制蒸发作用越明显。

3.2.2 植物水势与 Guilspare^R的关系 施入 Guilspare^R,抑制了土壤水分的蒸发,减少了土壤水分的无效损失,使植物可吸收利用的水分增加,植物的水分水文情况得到有效改善。图 4a 是试验一个灌溉周期前后植物水势的变化规律,试验前试验样地上各个处理的植物水势值大小基本一致,在 -1.48 MPa 左右,一个灌溉周期后处理 A, B, C 相对于实验前的水势分别下降了 0.38, 0.75, 0.87 MPa,均小于实验前的植物水势,而对照的植物水势相对于实验前增大了 0.07 MPa,几乎没有变化,说明 Guilspare^R对植物水势有明显的影响。另一方面一个灌溉周期后各个处理的植物

水势随着 Guilspare^R浓度的增加逐渐降低,相对于对照处理,A,B,C分别降低了0.50,0.78,0.96 MPa;说明 Guilspare^R浓度越高,对植物水势的影响越大,植物的水分条件越好。图 4b 是土壤含水量与植物水势的关系

曲线,随着各个处理 Guilspare^R浓度的逐渐增大,土壤含水量逐渐增大,土壤水分条件也越来越好。试验证明抑制剂 Guilspare^R能明显改善植物、土壤的水分条件,而且其浓度越高,作用越强。

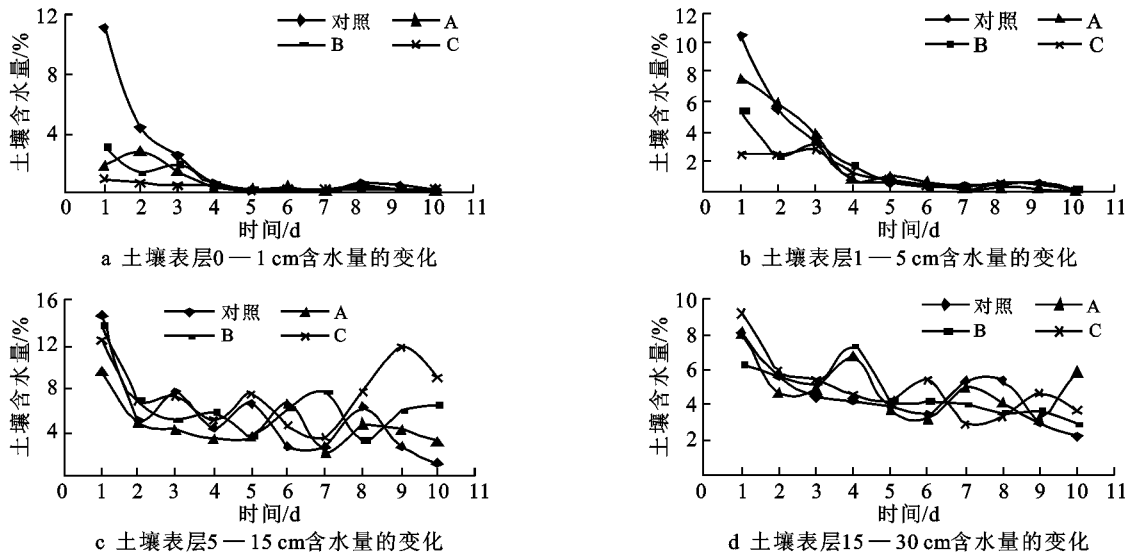


图 3 土壤含水量的变化曲线

注:A,B,C分别代表1%,2%,3%共3个不同浓度 Guilspare^R的处理;下同。

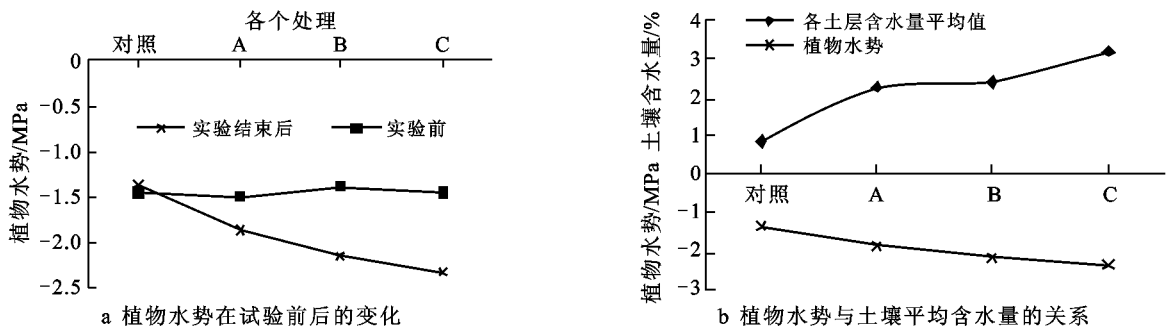


图 4 植物水势的变化规律

4 结论

(1) 人为可控蒸发试验结果表明,喷施 Guilspare^R抑制土壤蒸发累积量最大可达 21.06 mm,初始抑制效率可达 70%左右,它能够滞缓土壤水分的蒸发损失。剂量越大,抑制蒸发作用越明显。

(2) 田间蒸发试验结果表明,喷施 Guilspare^R可有效抑制 0—5 cm 土层土壤水分蒸发损失,保持土壤水分。浓度越大,抑制土壤水分蒸发的作用越强,土壤含水量越高。

(3) 土壤表面喷施 Guilspare^R,可降低其植物水势,Guilspare^R浓度越高降幅越大。说明土壤喷施 Guilspare^R可改善其植物的水分水文环境。

在塔中沙漠地区,喷施新型土壤蒸发抑制剂 Guilspare^R可显著抑制土壤水分蒸发损失,延缓土壤

蒸发过程,保持土壤水分,改善土壤和植物水分环境。Guilspare^R丰富了抗旱保水技术及产品,为干旱区保水节水提供了一种新型的有效方法,具有广阔的推广应用前景。在干旱地区推广 Guilspare^R,对恢复植被,荒漠化防治,防护林建设等具有重要意义。

[参 考 文 献]

[1] 许浩,张希明,王永东,等.塔里木沙漠公路防护林乔木状沙拐枣耗水特性[J].干旱区研究,2006,23(6):216—222.
 [2] 何兴东,高玉葆,段争虎,等.塔里木沙漠公路植物固沙灌溉方式比较研究[J].地理科学,2002,22(2):213—218.
 [3] 周智彬,徐新文,李丙文.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地水盐动态的研究[J].干旱区研究,2000,17(1):21—26.

- [4] 王改玲,郝明德,李仲谨.不同覆盖物和蒸发抑制剂对土壤蒸发影响的研究初报[J].水土保持研究,2003,10(1):133—136.
- [5] 李建玲,刘殿红,辛小桂,等.保水肥、液态地膜对仁用杏土壤水分和生长的影响[J].水土保持通报,2006,26(3):23—25.
- [6] 谢伯承,薛绪掌,王纪华,等.保水剂对土壤持水性状的影响[J].水土保持通报,2003,23(6):44—46.
- [7] Fernandez J E, moreno F, Murillo J M, et al. Evaluating the effectiveness of a hydrophobic polymer for conserving water and reducing weed infection in a sandy loam soil [J]. Agricultural Water Management, 2001, 51:29—51.
- [8] Peter Cookson, Hayder Abdel Rahman, Pierre Hirsbrunner, et al. Evaluation of the water-saving potential of a hydrophobic polymer (Guilspare[®]) in irrigated soils of the sultanate of Oman, Southern Arabia [C]// Proceedings of the 2nd Inter-Regional Conference on Environment-Water. Lausanne Switzerland: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes 2005: 1—8.
- [9] Cookson P, Hayder Abdel Rahman, Hirsbrunner P, et al. Evaluation of the water saving potential of a hydrophobic polymer ("GUILSPARE") in irrigated soils of the Sultanate of Oman, Southern Arabia [J]. Proceedings on CD of 2nd Inter-Regional Conference on Environment-Water, 1999:1—3.
- [10] Bouranis D L, Theodoropoulos A G, Drossopoulos J B. Designing synthetic polymers as soil conditions [J]. Communications in Soil Science & Plant Analysis 1995, 26:1455—1480.
- [11] Arkin G F, Ritchie J T, Adams J E. A method for measuring first stage soil water evaporation in the field [J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 1974, 38: 951—954.
- [12] 顾峰雪,文启凯,潘伯荣,等.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地风沙土的理化性质研究[J].干旱区资源与环境,2000,14(1):74—79.
- [13] 付爱红,陈亚宁,李卫红,等.干旱、盐胁迫下的植物水势研究与进展[J].中国沙漠,2005,25(5):744—749.
- [14] 宋耀选,周茂先,张小由,等.额济纳绿洲主要植物的水势与环境因子的关系[J].中国沙漠,2005,25(4):498—451.
- [15] 李洁,朱清科,郭小平.不同土壤水分对幼龄梨树生理特性及生物量的影响[J].水土保持通报,2007,27(2):79—82.

(上接第69页)

4 结论

(1) 未采区与沉陷区土壤水分在垂直方向均呈先增大后减小态势,基于标准差和变异系数两个指标的定量方法,土壤水分在垂直方向划分为水分速变层、活跃层、稳定层。与未采区相比较,沉陷区土壤含水量均显著低于未采区。

(2) 土壤含水量由大到小顺序依次为5月、8月、6月、7月。

(3) 与未采区相比较,沉陷区坡顶、坡中处土壤水贮量损失均高于未采区;而坡底处土壤水贮量损失低于未采区。采煤沉陷造成土壤水分显著减小。

[参 考 文 献]

- [1] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000:69—72.
- [2] 刘春利,邵明安,张兴昌,等.神木水蚀风蚀交错带退耕坡地土壤水分空间变异性研究[J].水土保持学报,2005,19(1):132—135.
- [3] Wendroth O, Pohl W, Koszinskis, et al. Spatial-temporal patterns and coariance structures of soil water status in two Northeast-German field sites [J]. Journal of Hydrology, 1999, 215:38—58.
- [4] Zhou Q Y, Shimada J. Temporal stability of the spatial distribution pattern of soil water [J]. Acta Pedologica Sinica, 2003, 40(5):683—690.
- [5] Kachanoski R G. Scale dependence and the temporal persistence of spatial patterns of soil water storage [J]. Water Resources, 1988, 24(1):85—91.
- [6] 康世勇,郝峙.神府东胜煤田自然环境特点与矿区生态环境保护[J].煤矿环境保护,1999(3):15—16.
- [7] 魏江生,贺晓,胡春元,等.干旱半干旱地区采煤塌陷对沙质土壤水分特性的影响[J].干旱区资源与环境,2006(9):84—88.
- [8] 胡伟,邵明安,王全九.黄土高原退耕坡地土壤水分空间变异性研究[J].水科学进展,2006,17(1):74—81.
- [9] 李忠锋.准格尔旗土地利用变化与影响因素分析[J].水土保持通报,2003,23(3):42—44.
- [10] 蒲金涌,姚小英,贾海源,等.甘肃陇西黄土高原旱作区土壤水分变化规律及有效利用程度研究[J].土壤通报,2005,36(4):483—486.