

ISSN 0564-3929

Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao

土壤学报

第五十二卷

第一期

二〇一五年一月

科学出版社



中国土壤学会
科学出版社

主办
出版

2015

第52卷 第1期

Vol.52 No.1

《土壤学报》编辑委员会

主 编: 史学正

执行编委: (按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任: 陈德明

责任编辑: 汪枏生 卢 萍 檀满枝

土 壤 学 报

Turang Xuebao

(双月刊, 1948 年创刊)

第 52 卷 第 1 期 2015 年 1 月

ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 1 Jan., 2015

编 辑 《土 壤 学 报》编 辑 委 员 会
地址: 南京市北京东路 71 号 邮政编码: 210008
电话: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China
Tel: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正
主 管 中 国 科 学 院
主 办 中 国 土 壤 学 会
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng
Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Soil Science Society of China
Undertaken by Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司
总 发 行 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717
电话: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China
Tel: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

国 外 发 行 中国国际图书贸易总公司
地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044

Foreign China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号: CN 32-1119/P

国内邮发代号: 2-560

国外发行代号: BM45

定价: 60.00 元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929



0 1>

9 770564 392156

砒砂岩风化物对土壤水分特征曲线及蒸发的影响^{*}

张 磊¹ 齐瑞鹏¹ 张应龙³ 郑纪勇^{1,2†} 张兴昌^{1,2}

(1 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

(2 中国科学院水利部水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀和旱地农业国家重点实验室, 陕西杨凌 712100)

(3 榆林沙漠王生物科技有限公司, 陕西榆林 719300)

摘 要 运用高速离心机法和室内模拟蒸发的方法, 对比研究了红色(RS)、灰色(GS)和白色(WS)三种颜色砒砂岩风化物在不同添加比例条件下对沙黄土和风沙土水分特征曲线、供水能力和干旱过程中失水过程的影响。研究表明: 砒砂岩风化物的添加对沙黄土和风沙土水分特征曲线有较明显的影响。砒砂岩风化物的持水能力均高于沙黄土和风沙土, 砒砂岩风化物添加提高了风沙土和沙黄土的持水能力, 降低了沙黄土和风沙土失水速率; 较低比例的砒砂岩风化物提高了沙黄土和风沙土的比水容量, 但对风沙土和沙黄土低吸力段供水能力的提高作用并不明显。整个蒸发期间, 砒砂岩风化物降低了沙黄土的标准蒸发量, 而对于风沙土, 其作用是蒸发前期降低, 中后期增加。红色、灰色、白色三种砒砂岩风化物分别使风沙土的蒸发失水比提高了 11.59%、10.14% 和 0.01%, 添加三种砒砂岩风化物后的处理的最终平均含水量分别是风沙土的 4 倍、2.33 倍、1.33 倍, 使沙黄土的蒸发失水比降低了 13.33%、13.33%、29.52%, 最终含水量降低了 45.83%、54.17%、66.67%。因此, 从提高土壤持水能力方面考虑, 砒砂岩可以用于当地矿区和排土场区土壤改良, 以促进生态修复。

关键词 砒砂岩; 水分特征曲线; 供水能力; 蒸发

中图分类号 S152.7 **文献标识码** A

地处黄土高原北部的晋陕蒙接壤区既是我国重要煤炭能源基地, 也是我国生态环境脆弱区, 该区一直是黄河中游地区的剧烈侵蚀中心^[1], 更是黄河粗泥沙主要来源地^[2]。近些年来, 该区大规模地表剥离式的露天开采严重破坏了原有地貌和生态系统^[3], 使得生态系统更加脆弱, 严重限制了该地区社会经济的可持续发展。矿区扰动地表生态系统的重建和新构土地(排土场)的复垦成为当前矿区生态环境建设中最为紧迫的任务。然而, 该地区年均降水只有 400mm, 且主要集中在 7—9 月份, 多以暴雨形式出现, 难以有效利用。其土壤分布也主要以沙黄土(LS)和风沙土(SS)为主, 由于质地较粗, 保水保肥能力较差。因此, 干旱成为限制该地区土地复垦和生态恢复的主要因素, 如何就地取材, 高效低成本改良土壤, 提高其保水抗旱能力, 成为当前该地区土地复垦和生态恢复理论和技术研

究中的重要内容。

晋陕蒙接壤区同时也是我国砒砂岩主要分布区。作为发育于古生代二叠纪、中生代三叠纪、侏罗纪和白垩纪的陆相碎屑沉积物, 砒砂岩作为下伏地层广泛存在于以准格尔旗为中心的晋陕蒙接壤区, 面积达 1.67 万 km²^[4]。由于长期以来的强烈水土流失, 目前砒砂岩主要以裸露, 盖沙及盖土等形式分布。由于其成岩程度低、沙粒间胶结程度差、结构强度低, 极易发生水土流失, 加上砒砂岩“干旱坚如岩石, 遇水烂如泥”和极其贫瘠, 一般植被很难生长等特征(李晓丽等^[5]), 砒砂岩成为该地区水土流失强烈且难以治理的最重要原因, 当地群众称其“毒如砒霜”, 故称之为“砒砂岩”。根据其沉积时气候不同, 砒砂岩分别有白色(WS)、灰白色(GS)、紫红色(RS)等不同颜色。对于砒砂岩的研究主要集中在其分布特征^[6]和侵蚀特征方面^[7-9]。对于砒

^{*} 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-13)、科技部科技惠民计划项目(2012GS610203)资助

[†] 通讯作者, 郑纪勇(1974—), 男, 山东聊城人, 博士, 副研究员, 主要从事农田生态系统物质迁移方面的研究。E-mail: zhjy@ms.iswc.ac.cn

作者简介: 张 磊(1988—), 男, 新疆昌吉人, 硕士研究生, 主要从事土壤水分运动方面研究。E-mail: zhanglei.ted@hotmail.com

收稿日期: 2014-03-24; 收到修改稿日期: 2014-08-14

砂岩如何利用方面的研究较少,刘挨刚和陈汝娟^[10]研究认为砒砂岩风化物渗透系数较低,可用于工程中的防渗土料。已有研究表明,砒砂岩矿物成分主要以石英、蒙脱石和方解石为主,其中蒙脱石含量可高达 30%。从矿物特性来讲,蒙脱石作为含水层状结构硅酸盐黏土矿物,具有很强的吸附能力和离子交换能力,这为利用砒砂岩改良当地质地较差沙黄土和风沙土,提高其保水保肥能力提供了重要基础。但目前砒砂岩相关研究中,其保水能力较强的特性却未被重视和充分利用。鉴于此,本文采用室内模拟方法,通过测定添加不同比例砒砂岩后风沙土和沙黄土水分特征曲线及其土壤水分蒸发过程,

研究了砒砂岩对风沙土和沙黄土的持水特征、供水能力和旱化失水速率的影响,旨在为该地区扰动地表生态系统的重建和土地复垦中的土壤改良提供一条经济有效的技术途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用黄土、风沙土和三种砒砂岩风化物均采自内蒙古准格尔旗,经风干后过 2 mm 筛,用激光粒度仪(Mastersizer 2000,英国马尔文公司)测定颗粒组成,结果如表 1。

表 1 供试土壤的基本物理性质(国际分类制)

Table 1 Physical properties of the soils tested (International classification system)

土壤类型 Soil types	砂粒含量 (0.02 ~ 2 mm) Sand content(%)	粉粒含量 (0.002 ~ 0.02 mm) Silt content(%)	黏粒含量 (< 0.002 mm) Clay content(%)	土壤质地 Soil texture
风沙土 Aeolian sand soil	85.00	8.47	6.53	砂质壤土 Sandy loam
黄土 Loess	74.48	15.30	10.22	砂质壤土 Sandy loam
红色砒砂岩风化物 Red soft sandstone	78.20	13.70	8.10	砂质壤土 Sandy loam
灰色砒砂岩风化物 Grey soft sandstone	78.37	13.34	8.29	砂质壤土 Sandy loam
白色砒砂岩风化物 White soft sandstone	99.09	0.041	0.87	砂土 Sandy soil

为确定所用 5 种土壤样品矿物组成,将 5 种土壤样品送至陕西省地质矿产实验研究所,采用粉晶 X 衍射定性半定量分析法测定了其矿物组成,其主

要几种矿物含量见表 2。由表可见,三种不同颜色砒砂岩蒙脱石含量最高为 30%,而风沙土和沙黄土中的蒙脱石含量均为零。

表 2 砒砂岩风化物主要矿物含量

Table 2 Major minerals in the soft sandstones (%)

土壤 Soil	石英 Quartz	蒙脱石 Montmorillonite	高岭石 Kaolinite	伊利石 Illite	斜长石 Plagioclase
红色砒砂岩风化物 Redsoft sandstone	60	15.8	2.1	3.3	2.1
灰色砒砂岩风化物 Grey soft sandstone	50.5	20	2	3	3.6
白色砒砂岩风化物 Whitesoft sandstone	52	30	0	0	10
黄土 Loess	71	0	5	4	13
风沙土 Aeolian sand soil	82	0	4	0	10

1.2 试验设计

试验在中国科学院水土保持研究所土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室进行。水分特征曲线和蒸发试验均将三种砒砂岩按三种添加比例与土壤混合均匀,添加比例为风干土的质量比,砒砂岩风化物与土壤的质量比分别为:1:9、3:7 和 1:1。为了方便讨论,将每个处理均按规则编号,即红色、灰

色、白色砒砂岩风化物分别为 RS、GS、WS,风沙土和黄土分别为 SS、LS,混合处理的编号为砒砂岩风化物种类 + 砒砂岩风化物添加比例 + 土壤种类 + 土壤添加比例(如 R1S1,即红色砒砂岩风化物和风沙土风干土质量比为 1:1 的处理;G1L9,即灰色砒砂岩风化物与黄土风干土为 1:9 的处理)。每个处理设三个重复。

蒸发模拟试验用称重法,在自然条件下进行,每天定时(早上 8:00)记录湿度和温度。用称重法测得每个处理每天的质量,两天的质量差为蒸发量(g),再用式(3)将各处理每天的蒸发量换算为日标准蒸发量。试验采用内径 60 mm 左右,深度约 85 mm 的硬质塑料烧杯,底部穿孔并垫滤纸,装土深约 70 mm,装土后量取蒸发面的直径(即塑料烧杯内

径),误差 ±0.1 mm,计算蒸发面积。先用自吸水的方法先使各处理自吸水 12 h,后加盖泡沫板覆盖防止蒸发,置于粗砂层排重力水 4 h,每天称重,称量误差 ±0.1 g,试验进行 19 d。

土壤水分特征曲线用离心机法测定(CR21G,日本 HITACH),设定 12 种转速即 12 种不同吸力。水分特征曲线和蒸发试验容重如表 3。

表 3 各处理的控制容重

Table 3 Soil bulk density of different treatments (g cm⁻³)

风沙土	黄土	砒砂岩风化物	风沙土与砒砂岩风化物混合	黄土与砒砂岩风化物混合
Aeolian sand soil	Loess	Soft sandstone	Aeolian sand soil with soft sandstone	Loess with soft sandstone
1.6	1.32	1.25	1.6	1.45

1.3 数据处理

水分特征曲线用 RETC 软件 van Genuchten 模型^[11]拟合:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + |\alpha h|^n]^m} \tag{1}$$

式中 θ 为土壤体积含水量,cm³ cm⁻³; θ_r 为滞留含水量,cm³ cm⁻³; θ_s 为饱和含水量,cm³ cm⁻³; h 为土壤水吸力,cm; m 、 n 、 α 为拟合参数,其中, α 为尺度函数与平均孔隙直径成反比, $\alpha = 1/h_b$, h_b 为进气吸; $m = 1 - \frac{1}{n}$, ($n > 1$)。

对 van Genuchten 模型公式(1)两边求导得出土壤比水容量计算公式^[12]:

$$C(h) = -\frac{d\theta}{dh} = \frac{[\theta_s - \theta_r]mn\alpha|\alpha h|^{n-1}}{[1 + |\alpha h|^n]^{m+1}} \tag{2}$$

其中, $C(h)$ 为比水容量;其他参数见式(1)。

标准蒸发量计算公式为:

日标准蒸发量(mm) =
$$\frac{\text{日蒸发量(g)}}{\text{水的比重(g cm}^{-3}\text{)} \times \text{蒸发面积(cm}^2\text{)}} \times 10 \tag{3}$$

一定时间内,土壤的累积蒸发量与土壤初始含水量的比值被称为土壤蒸发失水比^[13],蒸发失水比计算公式为:

$$\alpha = \frac{\sum_0^i h_i}{h} \tag{4}$$

式中, α 为蒸发失水比; h_i 为第 i 天的蒸发量,mm; h 为总供水量,mm。

所得数据用 SPSS 17.0 分析,水分特征曲线用 RETC 软件拟合,Excel 2010 计算并作图整理。

2 结 果

2.1 砒砂岩添加对土壤持水能力的影响

土壤水分特征曲线能够很好地反映土壤的持水特性。各处理间的土壤水分特征曲线如图 1 所示。通过 RETC 软件拟合后,各处理的拟合优度 R^2 均大于 0.95,说明各个处理均适用 van Genuchten 模型进行分析。

通过对拟合参数的分析发现,砒砂岩风化物的饱和含水量 θ_s 和滞留含水量 θ_r 分别高于风沙土 5.07% ~ 14.9%。砒砂岩风化物的 α 值均小于风沙土和黄土, n 值则大于风沙土和黄土。这说明,与风沙土和黄土相比,砒砂岩风化物的持水能力较强,不易失水,释水较慢。

RS、GS、WS 三种砒砂岩风化物的添加分别使风沙土的饱和含水量提高了 20.86%、13.24%、5.76%,添加后滞留含水量分别是风沙土的 2.81 倍、4.17 倍、2.79 倍。并且添加比例越高, θ_s 和 θ_r 越大。RS、GS 分别使黄土饱和含水量和滞留含水量提高了 1.54%、1.56% 和 81.56%、73.04%,且随着添加比例的提高, θ_s 和 θ_r 增大。但白色砒砂岩风化物对黄土的影响有所不同,WS 使黄土的滞留含水量提高了 47.18%,WS 的添加比例越高,滞留含水量越大;在处理 W3L7 中,黄土的饱和含水量提高了 0.7%,但在处理 W1L9 和 W1L1 中,黄土的饱和含水量却降低了 5.14% 和 6.55%。

一般认为参数 α 值是进气吸力的倒数,进气值即水分特征曲线接近饱和时拐点的吸力值。砒砂岩添加比例越高,风沙土的 α 值越大。值得注意的是,处理 R1S1 和 W1S1 的 α 值分别高于风沙土

0.064 和 0.047,其他处理均有不同程度的减小。砒砂岩风化物对黄土 α 值的影响很小,各处理的 α 值在区间[0.041 0, 0.017 4]内波动。该结果与潘英

华等^[14]对土壤结构改良剂的研究结果类似,因此可以说,砒砂岩风化物的添加提高了风沙土和黄土的持水能力。

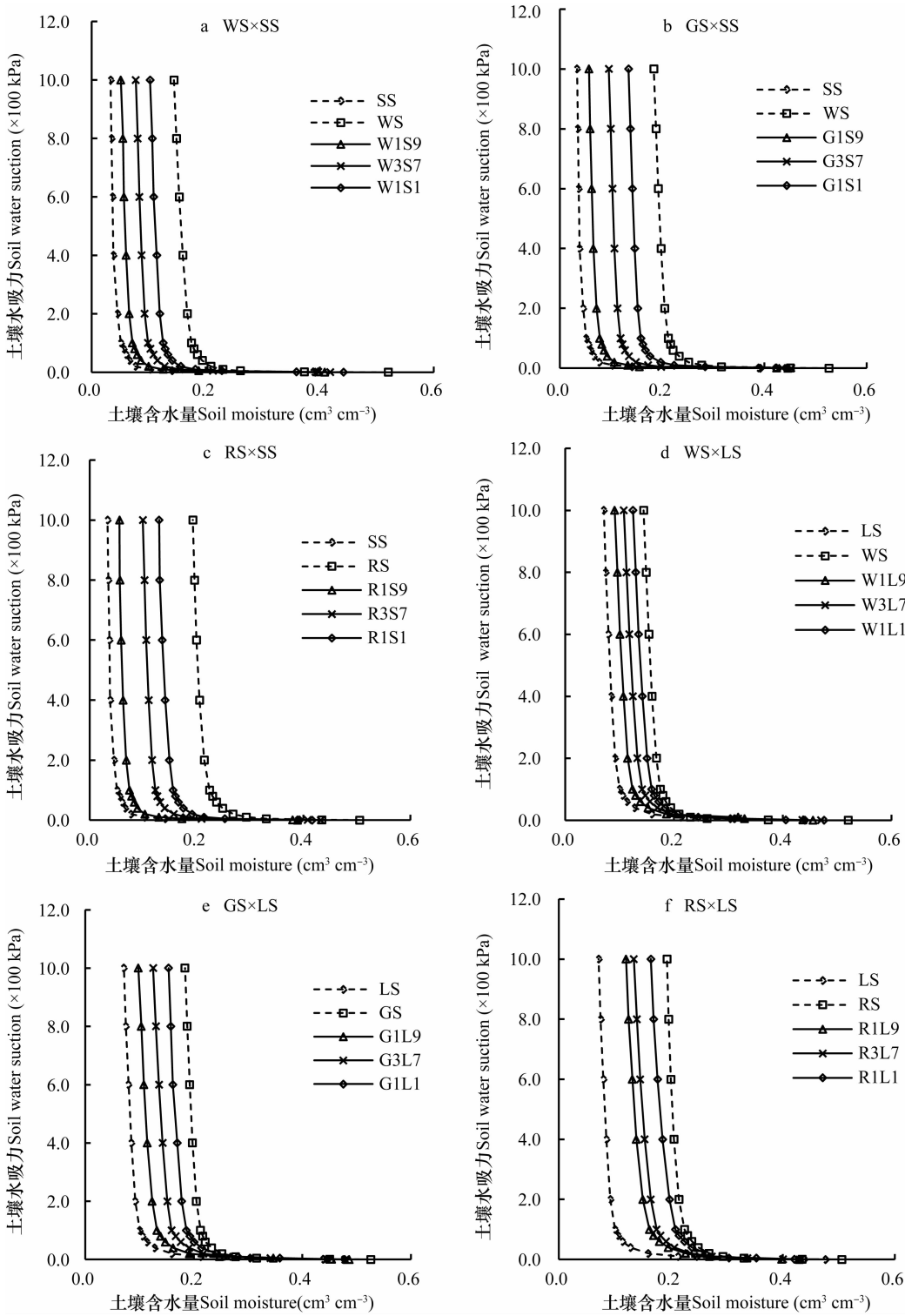


图 1 各处理的土壤水分特征曲线

Fig. 1 Soil water retention curve relative to treatment

2.2 砒砂岩风化物添加对土壤低吸力段供水能力的影响

根据式(2)得出不同吸力条件下土壤比水容量如表 4:

由表 4 可以看出,三种砒砂岩风化物对风沙土比水容量的影响一致:添加比例越高,风沙土的比水容量越小;土壤水吸力为 10 kPa 时,添加比例为 1:1 的处理的比水容量小于风沙土,3:7 和 1:9 两种比例则大;土壤水吸力在 20 ~ 30 kPa 时风沙土的比

水容量与风沙土相比有高有低,但影响很小。添加砒砂岩风化物的黄土处理中,添加比例越高,比水容量越小,土壤水吸力为 10 kPa 时,处理 G1L9 和 W1L9 的比水容量高于黄土,其他处理则低;其他吸力条件下,添加比例为 1:9 的处理的比水容量均有不同程度的增加。因此,较低比例的砒砂岩能提高风沙土和黄土的供水能力。现有的对砒砂岩的研究还不能很好地解释这种现象产生的根本原因,需要进一步深入研究。

表 4 各处理不同土壤水吸力状态下比水容量
Table 4 Specific water capacity of the soil relative to treatment and suction ((100 kPa)⁻¹)

处理 Treatments	土壤水吸力 Soil water suction (× 10 kPa)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
R1S9	1.22 × 10 ⁻¹	3.34 × 10 ⁻²	1.54 × 10 ⁻²	8.90 × 10 ⁻³	5.80 × 10 ⁻³	4.09 × 10 ⁻³	3.04 × 10 ⁻³	2.35 × 10 ⁻³
R3S7	1.12 × 10 ⁻¹	3.58 × 10 ⁻²	1.81 × 10 ⁻²	1.12 × 10 ⁻²	7.68 × 10 ⁻³	5.65 × 10 ⁻³	4.35 × 10 ⁻³	3.47 × 10 ⁻³
R1S1	8.04 × 10 ⁻²	2.90 × 10 ⁻²	1.59 × 10 ⁻²	1.04 × 10 ⁻²	7.45 × 10 ⁻³	5.68 × 10 ⁻³	4.52 × 10 ⁻³	3.70 × 10 ⁻³
G1S9	1.22 × 10 ⁻¹	2.78 × 10 ⁻²	1.16 × 10 ⁻²	6.23 × 10 ⁻²	3.85 × 10 ⁻³	2.59 × 10 ⁻³	1.86 × 10 ⁻³	1.39 × 10 ⁻³
G3S7	1.16 × 10 ⁻¹	2.82 × 10 ⁻²	1.21 × 10 ⁻²	6.67 × 10 ⁻³	4.19 × 10 ⁻³	2.86 × 10 ⁻³	2.07 × 10 ⁻³	1.57 × 10 ⁻³
G1S1	9.35 × 10 ⁻²	3.13 × 10 ⁻²	1.63 × 10 ⁻²	1.03 × 10 ⁻²	7.15 × 10 ⁻³	5.32 × 10 ⁻³	4.14 × 10 ⁻³	3.34 × 10 ⁻³
W1S9	1.42 × 10 ⁻¹	3.61 × 10 ⁻²	1.59 × 10 ⁻²	8.85 × 10 ⁻³	5.62 × 10 ⁻³	3.87 × 10 ⁻³	2.82 × 10 ⁻³	2.15 × 10 ⁻³
W3S7	1.24 × 10 ⁻¹	3.30 × 10 ⁻²	1.49 × 10 ⁻²	8.49 × 10 ⁻³	5.47 × 10 ⁻³	3.82 × 10 ⁻³	2.82 × 10 ⁻³	2.17 × 10 ⁻³
W1S1	7.13 × 10 ⁻²	2.47 × 10 ⁻²	1.32 × 10 ⁻²	8.46 × 10 ⁻³	5.98 × 10 ⁻³	4.51 × 10 ⁻³	3.55 × 10 ⁻³	2.89 × 10 ⁻³
R1L9	1.68 × 10 ⁻¹	5.90 × 10 ⁻²	3.03 × 10 ⁻²	1.86 × 10 ⁻²	1.27 × 10 ⁻²	9.31 × 10 ⁻³	7.14 × 10 ⁻³	5.67 × 10 ⁻³
R3L7	1.30 × 10 ⁻¹	4.78 × 10 ⁻²	2.56 × 10 ⁻²	1.63 × 10 ⁻²	1.14 × 10 ⁻²	8.53 × 10 ⁻³	6.67 × 10 ⁻³	5.38 × 10 ⁻³
R1L1	1.04 × 10 ⁻¹	4.04 × 10 ⁻²	2.24 × 10 ⁻²	1.47 × 10 ⁻²	1.05 × 10 ⁻²	8.02 × 10 ⁻³	6.36 × 10 ⁻³	5.21 × 10 ⁻³
G1L9	1.81 × 10 ⁻¹	6.15 × 10 ⁻²	3.10 × 10 ⁻²	1.88 × 10 ⁻²	1.28 × 10 ⁻²	9.27 × 10 ⁻³	7.07 × 10 ⁻³	5.59 × 10 ⁻³
G3L7	1.33 × 10 ⁻¹	4.77 × 10 ⁻²	2.52 × 10 ⁻²	1.59 × 10 ⁻²	1.11 × 10 ⁻²	8.29 × 10 ⁻³	6.46 × 10 ⁻³	5.20 × 10 ⁻³
G1L1	1.25 × 10 ⁻¹	4.56 × 10 ⁻²	2.42 × 10 ⁻²	1.53 × 10 ⁻²	1.07 × 10 ⁻²	7.94 × 10 ⁻³	6.18 × 10 ⁻³	4.97 × 10 ⁻³
W1L9	2.07 × 10 ⁻¹	7.86 × 10 ⁻²	4.01 × 10 ⁻²	2.43 × 10 ⁻²	1.64 × 10 ⁻²	1.18 × 10 ⁻²	8.95 × 10 ⁻³	7.03 × 10 ⁻³
W3L7	1.32 × 10 ⁻¹	4.64 × 10 ⁻²	2.43 × 10 ⁻²	1.53 × 10 ⁻²	1.06 × 10 ⁻²	7.90 × 10 ⁻³	6.14 × 10 ⁻³	4.93 × 10 ⁻³
W1L1	1.05 × 10 ⁻¹	3.86 × 10 ⁻²	2.08 × 10 ⁻²	1.33 × 10 ⁻²	9.43 × 10 ⁻³	7.09 × 10 ⁻³	5.57 × 10 ⁻³	4.52 × 10 ⁻³
LS	1.74 × 10 ⁻¹	5.71 × 10 ⁻²	2.86 × 10 ⁻²	1.74 × 10 ⁻²	1.18 × 10 ⁻²	8.57 × 10 ⁻³	6.54 × 10 ⁻³	5.17 × 10 ⁻³
SS	9.46 × 10 ⁻²	3.35 × 10 ⁻²	1.80 × 10 ⁻²	1.16 × 10 ⁻²	8.23 × 10 ⁻³	6.21 × 10 ⁻³	4.90 × 10 ⁻³	3.99 × 10 ⁻³
RS	5.96 × 10 ⁻²	2.35 × 10 ⁻²	1.35 × 10 ⁻²	9.13 × 10 ⁻³	6.73 × 10 ⁻³	5.25 × 10 ⁻³	4.25 × 10 ⁻³	3.54 × 10 ⁻³
GS	7.38 × 10 ⁻²	2.65 × 10 ⁻²	1.44 × 10 ⁻²	9.36 × 10 ⁻³	6.69 × 10 ⁻³	5.09 × 10 ⁻³	4.03 × 10 ⁻³	3.30 × 10 ⁻³
WS	5.28 × 10 ⁻²	2.01 × 10 ⁻²	1.14 × 10 ⁻²	7.61 × 10 ⁻³	5.57 × 10 ⁻³	4.31 × 10 ⁻³	3.47 × 10 ⁻³	2.88 × 10 ⁻³

2.3 砒砂岩风化物添加对土壤日标准蒸发量的影响

蒸发量的高低是土壤保水抗旱能力的直接表现。各处理的目标标准蒸发量如图 2 所示。

对于风沙土,蒸发前期,添加砒砂岩风化物的处理的标准蒸发量均小于风沙土处理,在蒸发中后

期,添加砒砂岩风化物处理的目标标准蒸发量均介于纯砒砂岩和纯风沙土之间。土壤日标准蒸发量的大小除了与大气蒸发力有关外,也与土壤中可供蒸发的水分数量多少有关。这就是为何风沙土前期日蒸发量大而后期日蒸发量小的原因。结合试验所得结果,易知砒砂岩风化物的添加抑制了风沙土

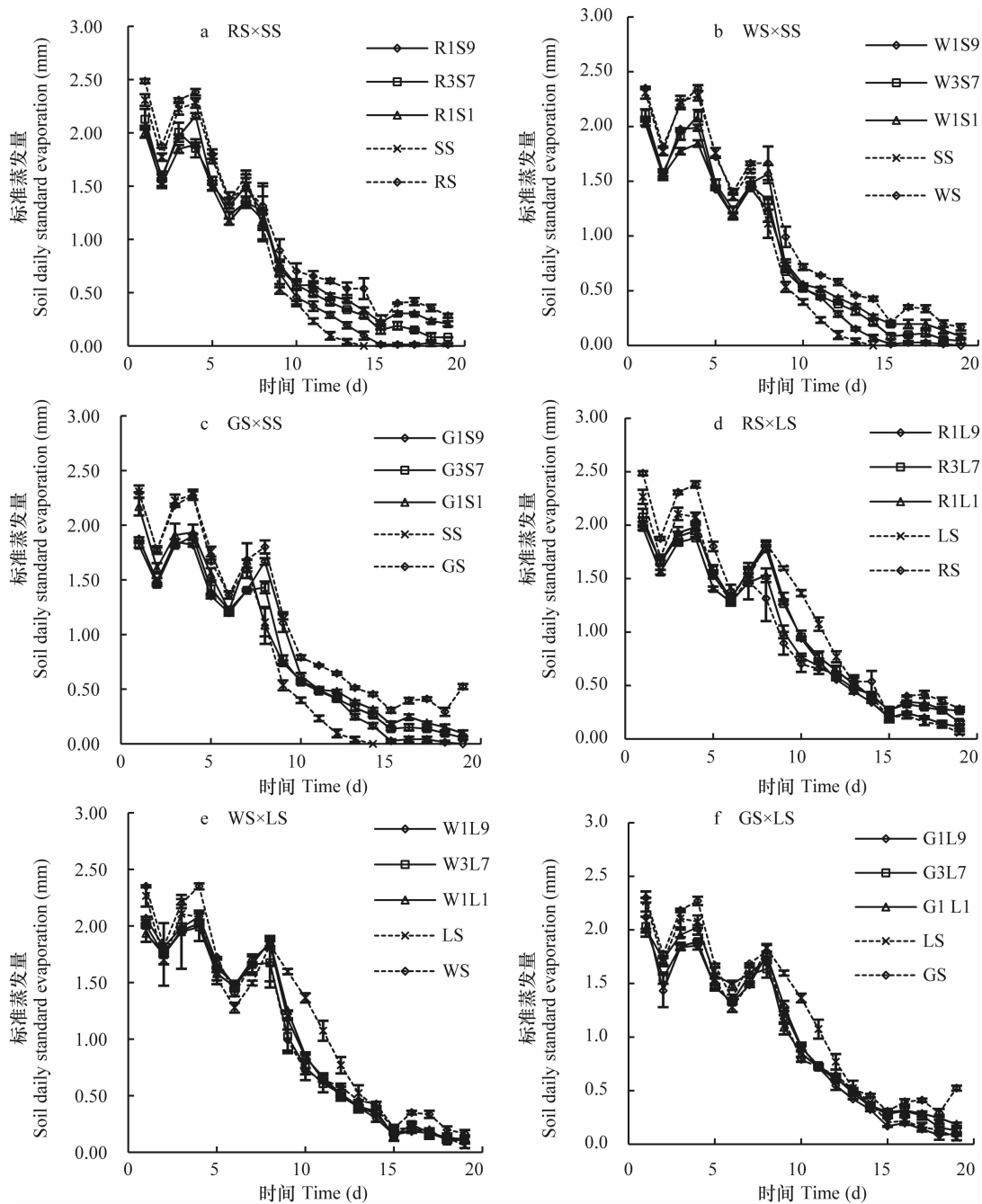


图 2 不同处理土壤日标准蒸发量变化

Fig. 2 Daily variation of soil standard evaporation relative to treatment

水分蒸发。就砒砂岩风化物添加比例而言,由于蒸发前期所损失水分主要为大孔隙水,砒砂岩风化物的添加比例对风沙土日标准蒸发量的影响没有明显规律,而到蒸发后期,则有砒砂岩添加比例的升高,日标准蒸发量增加的规律,说明砒砂岩的添加提高了土壤的保水能力。添加相同比例砒砂岩风化物的条件下,添加比例在 1:9 时,蒸发初期,添加红色砒砂岩风化物处理的日标准蒸发量最高,白色次之,灰色最低;但到蒸发后期,则有添加灰色砒砂

岩风化物的处理日标准蒸发量最高,白色次之,红色最低,但这种差异并不显著,其原因可能与砒砂岩风化物中蒙脱石含量有关。

添加白色砒砂岩风化物的黄土,在蒸发第 5 至第 8 天的日标准蒸发量高于纯沙黄土和纯砒砂岩风化物的处理。蒸发的中期(第 8 至第 13 天),砒砂岩风化物的添加都降低了沙黄土日标准蒸发量;中后期,添加砒砂岩风化物处理的日标准蒸发量均接近纯砒砂岩风化物处理。蒸发初期毛管吸力较小

的大孔隙中水分最先被蒸发,白色砒砂岩砂粒含量高,使沙黄土孔隙结构发生变化,增加了沙黄土大孔隙比例,标准蒸发量会高于沙黄土。但到后期,随着各处理含水量的降低,砒砂岩含的结合水比例较高,水分不易被蒸发,致使混合处理的标准蒸发量降低,砒砂岩的添加提高了土壤的抗旱能力。

2.4 砒砂岩风化物的添加对土壤最终含水量和蒸发失水比的影响

由于各处理土壤蒸发前的含水量不同,则不同处理试验前后含水率比较的基点也不尽相同,处理间的比较结果可能不能充分说明试验结果。所以,在比较不同处理的蒸发状况时,在比较蒸发量和含水率的基础上,再对各处理的蒸发失水比进行比较是较好的途径^[15]。各处理的最终含水量(即蒸发模

拟实验结束后的土壤含水量)和蒸发失水比如图 3 所示。

各处理的最终含水量(即蒸发模拟实验结束后的土壤含水量)和蒸发失水比如图 2 所示。RS、GS、WS 三种砒砂岩风化物分别使风沙土的蒸发失水比提高了 11.59%、10.14% 和 0.01%,添加三种砒砂岩风化物后的处理的最终含水量分别是风沙土的 4 倍、2.33 倍、1.33 倍,不同添加比例之间的差异无明显规律。RS、GS、WS 三种砒砂岩风化物分别使风沙土的蒸发失水比降低了 13.33%、13.33%、29.52%,使黄土的最终含水量降低了 45.83%、54.17%、66.67%。红色和灰色砒砂岩风化物添加比例越高,土壤蒸发失水比越高,灰色砒砂岩添加比例升高,黄土最终含水量也随之升高。

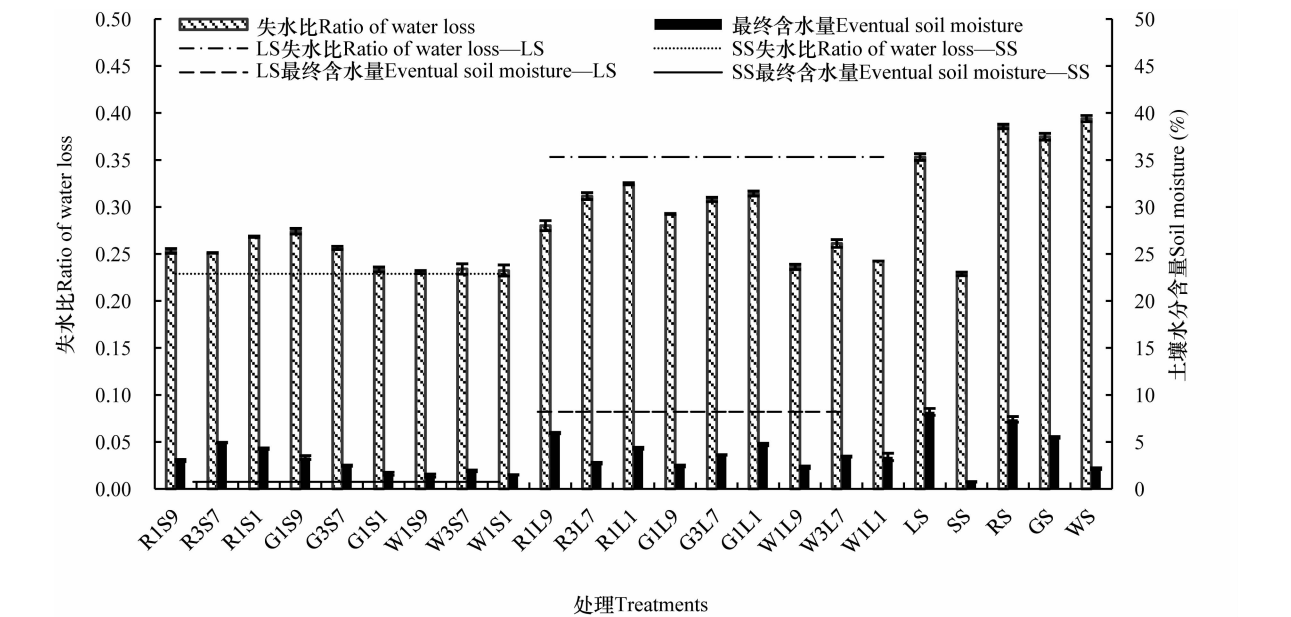


图 3 各处理的蒸发失水比和最终含水量(W/W)
Fig. 3 Ratio of water loss in evaporation and final soil moisture content relative to treatment

值得注意的是,风沙土的蒸发失水比和最终含水量都是低于灰色砒砂岩风化物的,而添加灰色砒砂岩风化物的风沙土随着砒砂岩风化物添加比例升高,在这两项指标却有降低的趋势,这说明砒砂岩风化物的添加对风沙土蒸发失水比和最终含水量的影响并不是简单的加和效应,而是存在一定的复合效应^[16]。

3 讨论

土壤的供水能力是指在一定条件下土壤对植物生理需水的供给能力,常用比水容量进行衡量,

它也是评价土壤耐旱性的重要指标^[17-18]。一般认为,比水容量达到 10^{-2} 数量级时土壤水分已处于或相当于毛管断裂含水量(BCM),土壤的供水能力就难以满足作物生长^[19];土壤比水容量达到 10^{-2} 数量级的吸力值越大,土壤耐旱性越好^[20]。添加砒砂岩风化物提高了土壤低吸力段的比水容量,但两种土壤的比水容量达到 10^{-2} 数量级的吸力值并未增大,因此砒砂岩风化物对风沙土和黄土低吸力段供水能力的提高作用并不明显,明显的提高作用发生在高吸力段,该特征主要与砒砂岩主要靠蒙脱石结构性吸水有关。

砒砂岩风化物结构性较差,颗粒连接方式以胶

结为主,遇水易崩解,且孔隙分布较为分散,大小孔隙分布不集中^[21]。周虎等^[22]认为土壤微形态分析能够定性分析各种土壤孔隙结构特征,而砒砂岩风化物由于含蒙脱石较高,遇水易膨胀,微结构易遭破坏,使其小孔隙遭到破坏,孔隙中水分不易保持。三种砒砂岩风化物、黄土、风沙土五种土壤中,黄土的颗粒级配和孔隙结构最好,风沙土次之,砒砂岩风化物较差;白色砒砂岩风化物砂粒含量达99.09%,黏粒含量仅为0.87%(见表1),土壤结构最差。白色砒砂岩风化物对黄土饱和含水量的降低和对黄土蒸发中前期标准蒸发量的提高作用可能是因为白色砒砂岩风化物砂粒含量较高所致。李卓的研究表明,随着黏粒含量的增加,土壤蒸发速率降低,持水能力增强^[23],但黏粒含量的多少只是砒砂岩风化物对风沙土和沙黄土水分特征的影响因素之一。

砒砂岩影响所改良土壤持水能力的主要因素与其所含矿物类型有关,经测定,三种砒砂岩中蒙脱石含量很高,最高达30%(见表2)。从矿物特性来讲,蒙脱石为中间铝氧八面体,上下为硅氧四面体所组成的三层片状结构的黏土矿物,在晶体构造层间含水及一些交换阳离子,有较高的离子交换量和吸水膨胀能力,吸收水分后可以膨胀并超过原体积的数倍。

砒砂岩风化物颗粒粗,结构性差,但亲水黏土矿物蒙脱石含量较高。这两个方面对土壤持水能力正负的影响使得砒砂岩风化物对沙黄土和风沙土不同吸力段持水特征的影响较为复杂。

4 结 论

砒砂岩风化物的持水能力较沙黄土和风沙土强,并且砒砂岩风化物提高了风沙土和沙黄土的持水能力,使沙黄土和风沙土失水速率降低。白色砒砂岩风化物降低了沙黄土的饱和含水量。较低比例的砒砂岩风化物(砒砂岩风化物添加比例为1:9时)提高了沙黄土和风沙土的供水能力,但砒砂岩风化物对风沙土和沙黄土低吸力段供水能力的提高作用并不明显。砒砂岩风化物降低了沙黄土的标准蒸发量,在风沙土蒸发前期使风沙土的标准蒸发量降低,中后期是风沙土的标准蒸发量升高。砒砂岩风化物的添加比例越高,风沙土的标准蒸发量越大。对沙黄土来说,砒砂岩风化物的添加比例对沙黄土标准蒸发量的影响不显著,添加砒砂岩风化

物后的处理的标准蒸发量与砒砂岩风化物的标准蒸发量较接近。砒砂岩风化物提高了风沙土的蒸发失水比和最终含水量降低了沙黄土的蒸发失水比和最终含水量。砒砂岩风化物对风沙土蒸发失水比和最终含水量的影响存在一定的复合效应。

参 考 文 献

- [1] 张平仑,刘玉民,张仲子. 皇甫川流域侵蚀产沙特征及成因分析. 水土保持通报,1992,12(2):15—24. Zhang P C, Liu Y M, Zhang Z Z. The features of sediment production and the analysis of genesis by erosion in Huangfuchuan Watershed (In Chinese). Bulletin of Soil and Water Conservation, 1992, 12(2): 15—24
- [2] 唐政洪,蔡强国,李忠武,等. 内蒙古砒砂岩地区风蚀、水蚀及重力侵蚀交互作用研究. 水土保持学报,2001,15(2):25—29. Tang Z H, Cai Q G, Li Z W, et al. Study on interaction among wind erosion, hydraulic erosion and gravity erosion in sediment-rock region of Inner Mongolia (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 15(2):25—29
- [3] 吕珺,王建通,刘洋. 关于黑岱沟露天煤矿土地复垦的研究. 山东煤炭科技,2011,(3):94—95. Lü J, Wang J T, Liu Y. Study on land reclamation of Heidaigou coal mines (In Chinese). Shandong Coal Technology, 2011, (3): 94—95
- [4] 王愿昌,吴永红,寇权,等. 砒砂岩分布范围界定与类型区划分. 中国水土保持科学,2007,5(1):14—18. Wang Y C, Wu Y H, Kou Q, et al. Definition of arsenic rock zone borderline and its classification (In Chinese). Science of Soil and Water Conservation, 2007, 5(1): 14—18
- [5] 李晓丽,苏雅,齐晓华,等. 高原丘陵区砒砂岩土壤特性的实验分析研究. 内蒙古农业大学学报. 2011,32(1):315—320. Li X L, Su Y, Qi X H, et al. The experimental analysis study of soft sandstone soil properties in the plateau hilly region (In Chinese). Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2011, 32(1): 315—320
- [6] 王伟,张永波,叶浩,等. 内蒙古砒砂岩的模糊聚类分析. 吉林大学学报,2009,36(9):1169—1175. Wang W, Zhang Y B, Ye H, et al. Fuzzy cluster analysis of soft rocks in Inner Mongolia (In Chinese). Journal of Jilin University, 2009, 36(9): 1169—1175
- [7] 石迎春,叶浩,侯宏冰,等. 内蒙古南部砒砂岩侵蚀内因分析. 地球学报,2004,25(6):659—664. Shi Y C, Ye H, Hou H B, et al. The internal cause of the erosion in “pisha” sandstone area, southern Inner Mongolia (In Chinese). Acta Geoscientica Sinica, 2004, 25(6):659—664
- [8] 叶浩,石建省,李向全,等. 砒砂岩岩性特征对抗侵蚀性影响分析. 地球学报,2006,27(2):145—150. Ye H, Shi J S, Li X Q, et al. The effect of soft rock lithology upon its anti-erodibility (In Chinese). Acta Geoscientica Sinica, 2006, 27(2): 145—150
- [9] 苏涛,张兴昌,赵怀玉. 砒砂岩地区坡面径流水动力学特性研究. 西北农林科技大学学报,2011,39(8):203—211. Su

- T, Zhang X C, Zhao H Y. Study on hydraulic characteristics of slope run off in Pisha sandstone region (In Chinese). Journal of Northwest A & F University, 2011, 39(8): 203—211
- [10] 刘挨刚, 陈汝娟. 砒砂岩风化物特性试验研究. 内蒙古水利, 1998(4): 19—21, 23. Liu A G, Chen S J. The experimental analysis study of properties of soft sandstones (In Chinese). Hydraulic Engineering of Inner Mongolia, 1998(4): 19—21, 23
- [11] van Genuchten M Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of American Journal, 1980, 44: 892—898
- [12] 尚慢廷, 张建云, 刘九夫, 等. 大孔隙对土壤比水容重及非饱和导水率影响的实验研究. 灌溉排水学报, 2012, 31(2): 1—5. Shang M T, Zhang J Y, Liu J F, et al. Effects of macropore on soil specific water capacity and unsaturated hydraulic conductivity (In Chinese). Journal of Irrigation and Drainage, 2012, 31(2): 1—5
- [13] 李开元, 李玉山. 黄土高原土壤在不同给水条件下的蒸发性能. 干旱区农业研究, 1991(3): 78—86. Li K Y, Li Y S. Effects of soil evaporation in different water supplication on the Loess Plateau (In Chinese). Agriculture Research in Arid Areas, 1991(3): 78—86
- [14] 潘英华, 雷廷武, 张晴雯, 冯雪. 土壤结构改良剂影响下的土壤水分有效性研究. 灌溉排水学报, 2007, 26(5): 63—67. Pan Y H, Lei T W, Zhang Q W, Feng X. Investigation of soil water availability influenced by soil conditioner (In Chinese). Journal of Irrigation and Drainage. 2007, 26(5): 63—67
- [15] 文曼. 黄土高原地区生物炭的土壤水动力学效应, 陕西杨陵: 西北农林科技大学资源环境学院, 2012. Wen M. Effect of biochar on soil hydrodynamic parameter in the Loess Plateau (In Chinese). Yangling, Shaanxi: College of environment and resources, Northwest A & F University, 2012
- [16] 颜永毫, 郑纪勇, 张兴昌, 李世清. 生物炭添加对黄土高原典型土壤田间持水量的影响. 水土保持学报, 2013, 27(4): 120—126. Yan Y H, Zheng J Y, Zhang X C, et al. Impact of biochar addition into typical soils on field capacity in the Loess Plateau (In Chinese). Journal of Water and Soil Conservation, 2013, 27(4): 120—126
- [17] 刘创民, 李昌哲, 史敏华, 等. 多元统计分析在森林土壤肥力类型分辨中的应用. 生态学报, 1996, 16(4): 444—447. Liu C M, Li C Z, Shi M H, et al. Multivariate statistical analysis techniques applicated in differentiation of soil fertility (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(4): 444—447
- [18] 郭素珍. 对比水容重 C_0 一种扩展意义的探讨. 内蒙古农牧学院学报, 1987, 8(3): 284—287. Guo S Z. The discussion of the meaning of water capacity C_0 (In Chinese). Journal of Inner Mongolia College of Agricultural and Animal Husbandry, 1987, 8(3): 284—287
- [19] 柳云龙, 吕军, 王人潮. 低丘红壤作物易旱与土壤持水供水特性的关系. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 28(1): 42—46. Liu Y L, Lü J, Wang R C. Research on relationship between crop drought and soil water retention and supply characters in hilly red clayey soil (In Chinese). Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Science, 2002, 28(1): 42—46
- [20] 王珍, 冯浩, 吴淑芳. 秸秆不同还田方式对土壤低吸力段持水能力及蒸发特性的影响. 土壤学报, 2011, 48(3): 533—540. Wang Z, Feng H, Wu S F. Effect of different straw-incorporation methods on soil water retention capacity and evaporation (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2011, 48(3): 533—540
- [21] 吴利杰, 李新勇, 石建省, 等. 砒砂岩的微结构量化特征研究, 地球学报, 2007, 28(6): 597—602. Wu L J, Li X Y, Shi J S, et al. Quantitative characteristics of the microstructure of Pisha-sandstone (In Chinese). Acta Geoscientica Sinica, 2007, 28(6): 597—602
- [22] 周虎, 李保国, 吕贻中, 等. 不同耕作措施下土壤孔隙的多重分形特征, 土壤学报, 2010, 47(6): 1094—1100. Zhou H, Li B G, Lü Y Z, et al. Multifractal characteristics of soil pore structure under different tillage systems (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(6): 1094—1100
- [23] 李卓. 土壤机械组成及容重对水分特征参数影响模拟试验研究——以黄土为例, 陕西杨陵: 西北农林科技大学资源环境学院, 2009. Li Z. Simulated experiment on effects of soil mechanical composition and soil bulk density on soil water characteristic parameters—Take loess soil for example (In Chinese). Yangling, Shaanxi: College of Environment and Resources, Northwest A & F University, 2009

EFFECTS OF AMENDMENT OF AEOLIAN SANDY SOIL AND LOESS WITH SOFT SANDSTONE ON SOIL WATER RETENTION CURVE AND EVAPORATION

Zhang Lei¹ Qi Ruipeng¹ Zhang Yinglong³ Zheng Jiyong^{1,2†} Zhang Xingchang^{1,2}

(1 College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(2 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Water and Soil Conservation, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(3 Yulin Desert King Biological Technology Co., Ltd, Yulin, Shaanxi 719300, China)

Abstract “Pisha” or soft sandstone, distributed extensively in the region striding over Shanxi Province, Shaanxi
<http://pedologica.issas.ac.cn>

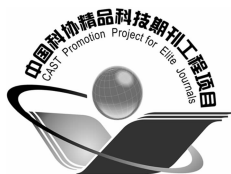
Province and Inner Mongolia Autonomous Region, is a kind of sandstone, highly erodible and unfit for vegetation growth. It is also one of the major sources of coarse sediment in the Yellow River. As it contains abundant montmorillonite, this kind of soft sandstone is quite high in water holding capacity. An indoor simulation experiment was carried out on feasibility of using weathered soft sandstone to ameliorate the local soils (Aeolian sandy soil and sandy loess, rather coarse in soil texture) in water holding capacity. The experiment used 3 types of soft sandstones different in color (red, gray and white) in amendment in the ratio of 1:9, 3:7 and 1:1 (by weight) separately, to determine effects of the amendment on water retention curve and evaporation process of the local soils.

The experiment was conducted in the State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Institute of Water and Soil Conservation, Chinese Academy of Sciences. Three kinds of soft sandstones (Red, Grey, White sandstone) were mixed with aeolian sandy soil and sandy loess, separately, in line with the designed ratios, 1:9, 3:7 and 1:1 (by weight of air-dried soil, $m_{\text{soft sandstone}}/m_{\text{soil}}$), and each had 3 replicates. Original soils were also tested as control. The experiment proceeded under natural conditions. A centrifuger was used to determine soil water retention curve at 12 set rotation rates and the RETC software and van Genuchten model was used to fit the soil water retention curve, and soil evaporation processes were determined through in-lab simulation, using a hard plastic beaker with punched bottom. Before packing soil into the beaker a piece of filter paper was placed on the bottom to prevent the soil from leaking. The beaker was put into a pan with water to wet the soil in a self-suction way through the holes in the bottom for 12 h till the surface of the soil was wet, and then the beaker was put aside for 4 h to drain out gravity water. During the process, the soil was mulched with foam to prevent the water from evaporation loss. The saturated soil column was drained for 4 h to make sure the gravity water out. Weighting method was used to determine evaporation rate. Soil bulk density of the soil in each treatment was controlled as listed in Table 2.

Results of the experiment show that (1) weathered soft sandstone was higher than the two local soils in water-holding capacity and amendment of the former improved the latters in water-holding capacity and reduced their water losing rate. White soft sandstone reduced saturated water content of the sandy loess; (2) Soft sandstone, when low in proportion (1:9), improved water supply capacity of the two local soils, but did not have much effect increasing water suction of the soils when specific water capacity of the two soils reached the 10^{-2} level, which indicates that the effect of soft sandstone improving the local soils in water holding capacity is not significant, when they are low in suction; (3) Soft sandstone decreased standard evaporation rate of the sandy loess and lowered standard evaporation in the aeolian sand soil, too, but only at the initial stage of the evaporation, and affected reversely in the middle and late periods. The higher the proportion of soft sandstone, the higher the standard evaporation in the Aeolian sand soil. In sandy loess proportion of soft sandstone was not an important factor affecting standard evaporation. The standard evaporation from the mixture of soft sandstone and sandy loess was quite close to that from soft sandstone; (4) In the aeolian sand soil, though addition of red, grey and white soft sandstone increased water loss through evaporation by 11.59%, 10.14% and 0.01%, respectively, it multiplied the eventual moisture content by 4, 2.33 and 1.33 times, respectively, while in the sandy loess, the addition decreased water loss through evaporation by 13.33%, 13.33% and 29.52% and the eventual moisture content, too, by 45.83%, 54.17%, and 66.67%, respectively. The findings may serve as a certain theoretical basis for and a possible technical approach to soil and water conservation and ecological restoration in this soft sandstone region.

Key words Soft sandstone; Soil water retention curve; Water supply capacity; Evaporation

(责任编辑:汪叔生)



综述与评论

农业土壤学研究:侯光炯学术思想形成之考察——纪念侯光炯先生诞辰 110 周年..... 申丽娟 丁恩俊 陈绍兰等(1)

土壤多样性研究趋势与未来挑战 任圆圆 张学雷(9)

土壤磷酸盐氧同位素分析方法和应用研究进展 张 晗 王佳妮 郭庆军等(19)

研究论文

土壤制图中多等级代表性采样与分层随机采样的对比研究 杨 琳 朱阿兴 张淑杰等(28)

河南省典型淋溶土土系划分研究 鞠 兵 吴克宁 李 玲等(38)

黄土坡面细沟侵蚀发育过程与模拟 吴淑芳 刘政鸿 霍云云等(48)

黄土丘陵区小流域土壤有效水空间变异及其季节性特征 高晓东 吴普特 张宝庆等(57)

科尔沁沙丘-草甸相间地区表土饱和和导水率的土壤传递函数研究 孙 丽 刘廷玺 段利民等(68)

砒砂岩风化物对土壤水分特征曲线及蒸发的影响 张 磊 齐瑞鹏 张应龙等(77)

稳定同位素²⁰²Hg 稀释技术测定土壤汞有效性——与化学提取方法比较 郑顺安 徐志宇 王 飞等(87)

土壤提取液中酰基高丝氨酸内酯的气相色谱-质谱检测方法优化 生弘杰 宋 洋 卞永荣等(95)

复合污染土壤中土霉素的吸附行为及其对土壤重金属解吸影响的研究 陈励科 马婷婷 潘 霞等(104)

污染区千金子和酢浆草根际土壤中 PAHs 结合态残留的梯度分布 王意泽 高彦征 彭安萍等(112)

土壤磷解吸特性对菜稻轮作田间渗漏水总磷浓度的影响 章明清 李 娟 孔庆波(120)

湖区小麦-玉米轮作模式下不同施肥措施调控氮磷养分流失研究 谭德水 江丽华 谭淑樱等(128)

鄱阳湖洲滩湿地土壤-水-植物系统中磷的静态迁移研究 徐 进 徐力刚 丁克强等(138)

菇菜套作对土壤微生物群落的影响 陈 敏 王军涛 冯有智等(145)

黄土高原油松根际土壤酶活性及真菌群落多样性研究——以黄龙山林场为例 褚洪龙 李 莎 唐 明(154)

硅介导番茄青枯病抗性的土壤定量蛋白质组学研究 陈玉婷 林威鹏 范雪滢等(162)

有机无机肥配施对红壤旱地花生生理特性、产量及品质的影响 许小伟 樊剑波 陈 晏等(174)

氮素富集对青藏高原高寒草甸土壤有机碳迁移和累积过程的影响 李林森 程淑兰 方华军等(183)

长期施肥下黑土活性有机质和碳库管理指数研究 何翠翠 王立刚 王迎春等(194)

火烧和保留采伐剩余物对土壤有机碳矿化的影响 吴君君 杨智杰 刘小飞等(203)

研究简报

碳氮稳定同位素检测能力的验证——2013 年实验室间比对分析结果的汇总 曹亚澄 韩 勇 唐昊冶等(212)

土壤厚度的划分标准与案例研究 易 晨 李德成 张甘霖等(220)

积盐条件下土壤酸化过程的特异性研究 王媛华 段增强 赵 宇等(228)

四川省不同区域水稻氮肥施用效果研究 张 智 王伟妮 李 昆等(234)

小叶锦鸡儿灌丛化对退化沙质草地土壤孔隙特征的影响 李宗超 胡 霞(242)

信息

《土壤学报》2013 年度优秀论文评选揭晓 (241)

封面图片:黄土坡面细沟形态发育过程(由吴淑芳提供)

CONTENTS

Reviews and Comments

Agricultural soil science research: Formation of Hou Kuangchun's academic thought—Celebrate 110th anniversary of Mr Hou Kuangchun's birth	Shen Lijuan, Ding Enjun, Chen Shaolan, et al. (8)
Study on pedodiversity: Status quo and future challenges	Ren Yuanyuan, Zhang Xuelei(17)
Advance in study on method for oxygen isotopic analysis of phosphate in soil and its application	Zhang Han, Wang Jiani, Guo Qingjun, et al. (26)

Research Articles

A comparative study of multi-grade representative sampling and stratified random sampling for soil mapping	Yang Lin, Zhu A-xing, Zhang Shujie, et al. (37)
Classification of Typical Argosols of Henan Province at soil series level of Chinese Soil Taxonomy	Ju Bing, Wu Kening, Li Ling, et al. (47)
Development of rill erosion on loess slope and its simulation	Wu Shufang, Liu Zhenghong, Huo Yunyun, et al. (55)
Spatial variability of available soil moisture and its seasonality in a small watershed in the hilly region of the Loess Plateau	Gao Xiaodong, Wu Pute, Zhang Baoqing, et al. (66)
Prediction of saturated hydraulic conductivity of surface soil in sand-dune-and-meadow interlaced region of Horqin with pedo-transfer functions method	Sun Li, Liu Tingxi, Duan Limin, et al. (75)
Effects of amendment of aeolian sandy soil and loess with soft sandstone on soil water retention curve and evaporation	Zhang Lei, Qi Ruipeng, Zhang Yinglong, et al. (85)
Comparison between stale isotope ²⁰² Hg dilution technique and chemical extraction in determining Hg availability in two typical soils of China	Zheng Shunan, Xu Zhiyu, Wang Fei, et al. (94)
Optimization of determination of N-acyl-homoserine lactones in soil solution with Gas-Chromatography-Mass Spectrometry	Sheng Hongjie, Song Yang, Bian Yongrong, et al. (102)
Sorption behavior of oxytetracycline in complex contaminated soil and its effects on desorption of heavy metals in the soil	Chen Like, Ma Tingting, Pan Xia, et al. (111)
Gradient distribution of bound-PAH residues in different layers of rhizosphere soils of moleplant and wood sorrel growing in polluted regions	Wang Yize, Gao Yanzheng, Peng Anping, et al. (118)
Soil P desorption characteristics and their effects on total P concentration in percolating water in fields under vegetable-rice rotation system	Zhang Mingqing, Li Juan, Kong Qingbo(127)
Effects of fertilization controlling nitrogen and phosphorus loss from farmland under wheat-maize rotation in Nansi Lake region	Tan Deshui, Jiang Lihua, Tan Shuying, et al. (137)
Static transfer of phosphorus in the soil-water-plant system of beach wetlands in Poyang Lake	Xu Jin, Xu Ligang, Ding Keqiang, et al. (144)
Changes in soil microbial community in response to tomato- <i>Agaricus bisporus</i> interplanting	Chen Min, Wang Juntao, Feng Youzhi, et al. (152)
Soil enzyme activity and fungal community diversity in rhizosphere of <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr. growing on Loess Plateau— A case study of Huanglongshan forest farm	Chu Honglong, Li Sha, Tang Ming(161)
Soil quantitative proteomic analysis of silicon-mediated resistance of tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>) to <i>Ralstonia solanacearum</i>	Chen Yuting, Lin Weipeng, Fan Xueying, et al. (172)
Effect of manure combined with chemical fertilizer application on yield, kernel quality and physiological characteristics of peanut to red soil in subtropical China	Xu Xiaowei, Fan Jianbo, Chen Yan, et al. (181)
Effects of nitrogen enrichment on transfer and accumulation of soil organic carbon in alpine meadows on the Qinghai-Tibetan Plateau	Li Linsen, Cheng Shulan, Fang Huajun, et al. (192)
Effect of long-term fertilization on labile organic matter in and carbon pool management index of black soil	He Cuicui, Wang Ligang, Wang Yingchun, et al. (202)
Effect of prescribed burning and reservation of logging residues on soil organic carbon mineralization	Wu Junjun, Yang Zhijie, Liu Xiaofei, et al. (210)

Research Notes

Testing of proficiency for measurement of carbon and nitrogen stable isotopes ...	Cao Yacheng, Han Yong, Tang Haoye, et al. (218)
Criteria for partition of soil thickness and case studies	Yi Chen, Li Decheng, Zhang Ganlin, et al. (227)
Specificity of soil acidification affected by salt accumulation	Wang Aihua, Duan Zengqiang, Zhao Yu, et al. (233)
Effects of nitrogen fertilization on rice in different regions of Sichuan Province	Zhang Zhi, Wang Weini, Li Kun, et al. (240)
Effects of shrub (<i>Caragana microphylla</i> Lam) encroachment on soil porosity of degraded sandy grassland	Li Zongchao, Hu Xia(248)

Cover Picture: Rill morphological development process on loess slope (by Wu Shufang)