

秸秆覆盖对盐渍化土壤水盐影响的试验研究

孙博¹, 解建仓¹, 汪妮¹, 朱记伟¹, 张建龙¹, 李春娇²

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2. 辽宁省国土资源厅信息中心, 辽宁 沈阳 110032)

摘 要: 研究了不同秸秆覆盖量处理对盐渍化土壤蒸发量、含水率及含盐量动态变化的影响。结果表明, (1) 随着秸秆覆盖量增加, 土壤蒸发量逐渐减少, 当秸秆覆盖量为 $7\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 时, 日蒸发量减少幅度趋于稳定。(2) 秸秆覆盖量为 $10\ 500, 7\ 500, 4\ 500, 1\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 时, 蒸发抑制率依次为 $80.54\%, 79.01\%, 62.45\%, 37.93\%$ 。(3) 随着秸秆覆盖量增加, 不同土层含水率逐渐增加。当秸秆覆盖量为 $7\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 时, $0-10\ \text{cm}$ 土层含水率达到最大值, 比对照实验增加了 9.28% ; $0-10\ \text{cm}$ 土层含盐量下降幅度最大, 含盐量减少了 3.21% 。因此, 秸秆覆盖盐渍土壤能够减少土壤水分蒸发损失, 提高水分利用效率, 抑制盐渍化土壤可溶性盐分的表聚作用, 对改良盐渍化土壤具有显著效果。

关键词: 秸秆覆盖; 土壤蒸发; 土壤含水率; 土壤含盐量; 蒸发抑制率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0048-04

中图分类号: S155.2⁺ 93, S152.7⁺ 3

An Experimental Study of Straw Mulching Effects in Water and Salt in Saline Soils

SUN Bo¹, XIE Jian-cang¹, WANG Ni¹, ZHU Ji-wei¹, ZHANG Jian-long¹, LI Chun-jiao²

(1. Xi'an University of Technology, Hydrology and Water Resources, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2. Information Center of Resources Department in Liaoning Province, Shenyang, Liaoning 110032, China)

Abstract: The dynamic changes of saline soil evaporation, water content and salinity in response to straw mulching were investigated. The results showed that, (1) soil evaporation decreased with the increase of straw mulching, however, the reduction efficiency of the straw mulching remained steady when straw mulching quantity was over $7500\ \text{kg}/\text{hm}^2$; (2) evaporation inhibition rate were $80.54\%, 79.01\%, 62.45\%$, and 37.93% , with straw mulching of $10\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2, 7\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2, 4\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$, and $1\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$, respectively; (3) the water contents of soil layers increased with the amounts of straw mulching. When straw mulching was $7\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$, the water content reached its maximum and the salinity approached its lowest level in the soil layer of $0-10\ \text{cm}$, with an increase of 9.28% and a reduction of 3.21% comparing to the control, respectively. Therefore, straw mulching on saline soils can potentially reduce water loss through evaporation, enhance water use efficiency, inhibit surface salt accumulation, and then significantly improve soil quality of saline soils.

Keywords: straw mulching; soil evaporation; soil water content; soil salinity; evaporation inhibition rate

我国盐渍土面积大、分布广泛, 同时还有大面积的潜在盐渍化土壤^[1]。目前, 我国尚有 80% 左右的盐渍土尚未得到开发利用, 是重要的土地资源, 有着巨大的发展潜力。根据“盐随水来, 盐随水去”的原理, 只要能控制土壤水分蒸发就可减轻盐分表聚, 达到改良的目的。通过覆盖物可以降低土壤水分蒸发, 从而能抑制表层土壤盐渍化, 秸秆覆盖、地膜覆盖和砂石覆盖等是田间常用的覆盖方式^[2]。根据研究显

示^[3-7], 我国干旱和半干旱地区, 秸秆覆盖不仅可以增加土壤养分、调节土壤温度、抑制田间杂草生长, 而且秸秆覆盖可以抑制土面蒸发, 起到蓄水保墒的作用, 从而抑制盐分的表聚性, 使土壤表层含盐量降至作物耐盐度以内。土壤盐分表聚是土壤发生盐渍化的重要因素, 通过地面覆盖, 减少地面蒸发, 抑制盐分表聚, 是盐渍土改良的一种手段。李新举等^[8]在对不同盐分含量(轻度盐化、中度盐化、重度盐化)的砂壤土

收稿日期: 2010-10-10

修回日期: 2010-11-16

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于生态安全的城市化区域水土资源配置研究”(51079120); 国家“863”计划项目“面向水利信息化高性能计算与网络应用”(2006AA01A126); 陕西省重点实验室项目“面向水利信息化的智能决策支持中间件服务平台的开发”(05JS37); 陕西省教育厅 2010 年省级重点实验室项目“城市河流脆弱性诊断及水源保护分区研究”

作者简介: 孙博(1983—), 男(汉族), 河北省唐山市人, 博士, 研究方向为水文与水资源。E-mail: goumia06334@163.com。

通信作者: 解建仓(1963—), 男(汉族), 陕西省眉县人, 教授, 博士生导师, 主要从事水文及水资源管理研究。E-mail: jxie@mail.xaut.edu.cn。

进行了秸秆覆盖的模拟试验, 结果表明, 秸秆覆盖可有效地控制土壤水分的蒸发, 控制盐分的表聚性, 减轻土壤表层的盐化程度, 从而达到改良盐渍土的目的。虎胆·吐马尔白等^[9]通过对不同地下水埋深不同位置秸秆覆盖试验, 分析了不同地下水埋深不同位置秸秆覆盖土壤含盐量, 得出地表以下 30 cm 处秸秆覆盖的土壤含盐量大于地表表层秸秆覆盖的土壤含盐量。目前, 地面覆盖的研究主要是针对覆盖对土壤水分和温度的影响^[10], 而对覆盖条件下盐渍化土壤盐分影响的研究较少, 而且主要集中在实验室进行。对于土壤覆盖方式之一的秸秆覆盖, 如何有效控制覆盖量对土壤水盐运动的正负效应, 需要更加进一步深入研究秸秆覆盖与土壤水盐运动的相互关系。为此, 本研究通过田间试验, 在不同秸秆覆盖量条件下对土壤蒸发、水分及盐分的影响进行研究, 为推动秸秆覆盖技术改良盐渍化土壤提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验区域概况

本次试验设立在陕西省蒲城县和富平县境内的卤泊滩盐渍化地区, 该区域属半干旱大陆性气候, 全年蒸发量 1 100~ 1 300 mm, 是降雨量的 2~ 2.3 倍。土壤盐渍化程度非常严重, 滩区内土地长期荒芜, 土地资源闲置。区域土壤检测数据显示: 土壤有机质平均含量 0.70%, 全含盐量平均 0.774%, pH 值平均 9.33, 不利于农作物生长。

1.2 试验设计

以卤泊滩盐渍化地区作为试验基地, 选择土壤盐分均匀的地块作为试验地, 在试验布设前, 首先进行一次深翻、平整土地、返盐的过程, 有利于试验数据反映现象的准确性。季节选在夏季(2009 年 6 月 20 日—9 月 10 日), 试验区长度为 10.0 m, 宽为 3.0 m, 面积为 30.0 m²。选用收获后自然风干的玉米秸秆作为试验材料, 秸秆粉碎成长度 2 cm 左右。试验共设计 5 种覆盖形式: C₀(不覆盖), C₁(秸秆覆盖 10 500 kg/hm²), C₂(秸秆覆盖 7 500 kg/hm²), C₃(秸秆覆盖 4 500 kg/hm²), C₄(秸秆覆盖 1 500 kg/hm²)。由于处理方式为 5 种, 因此, 将该试验区平均划分为 5 块, 每块长 3 m, 宽 2 m, 面积为 6 m², 由上到下, 依次按 5 种处理方式, 覆盖不同的秸秆量(见表 1)。

1.3 测定内容及方法

不同秸秆覆盖量情况下(5 种处理方式), 测定每日的土壤蒸发量, 土壤蒸发用微型蒸渗仪(MLS)直接测定, 观测时间为每天早上 8:00, 下午 19:00 各测一次; 采集 5 种处理方式下 0—10, 10—30, 30—50

cm 这 3 个土层的土壤, 采用烘干法测定土壤的含水率, 用滴定法测定各层次土壤全盐量, 利用精度为 0.01 g 的电子天平称重。

表 1 试验设计内容

名称	处理方式	秸秆覆盖量/ (kg·hm ⁻²)	试验面积/ m ²
秸秆覆盖	C ₁	10 500	3×2
	C ₂	7 500	3×2
	C ₃	4 500	3×2
	C ₄	1 500	3×2
对照	C ₀	0	3×2

注: C₁, C₂, C₃, C₄ 分别为秸秆覆盖量 10 500 kg/hm², 7 500 kg/hm², 4 500 kg/hm², 1 500 kg/hm² 的 4 种处理; C₀ 为不覆盖。下同。

2 结果与分析

2.1 秸秆覆盖盐渍化土对土壤蒸发量的影响

2.1.1 土壤蒸发日变化过程 图 1 为 2009 年大田秸秆覆盖后处理土壤蒸发的逐日变化趋势。从图 1 可以看出, 4 种秸秆覆盖处理和对照处理(不覆盖秸秆)的土壤蒸发变化趋势基本一致, 只是在变化幅度上存在差异。一年的试验数据显示, 土壤蒸发量由大到小的排序为: C₀> C₄> C₃> C₂> C₁。C₀ 处理的土壤蒸发量变化起伏最大, 随着覆盖量的增加, 其变化趋于平稳; 当覆盖量达到 7 500 kg/hm²(C₂) 时, 随着秸秆覆盖量的增加, 土壤蒸发量基本在 0.5 mm/d 左右, 变化趋势非常平缓。在 7 月中旬前, 各处理土壤蒸发比较大, 原因是这一时期天气干燥, 气温、地温较高。7 月中旬至 8 月底这一时期正值当地的雨季, 阴雨天气偏多, 空气湿度大, 因此, 土壤蒸发量较小。9 月份由于此时气温、地温的下降, 土壤蒸发并没有明显的增大。秸秆覆盖处理的土壤蒸发量要明显小于对照处理(不覆盖秸秆)试验的蒸发量, 说明秸秆覆盖有保墒抑蒸的效应。

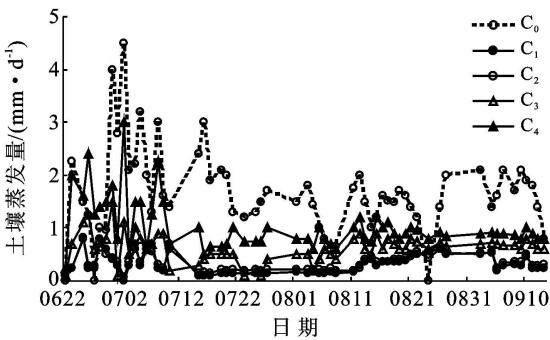


图 1 不同秸秆覆盖量下土壤蒸发逐日变化规律

2.1.2 逐日土壤蒸发累积变化过程 根据图 2 可知, 5 种处理情况下土壤累积蒸发量的变化趋势基本一

致, 对照处理(不覆盖秸秆)土壤蒸发累积量明显大于覆盖处理的, 说明秸秆覆盖对土壤蒸发有一定的抑制作用, 并且抑制的幅度是多覆盖处理高于少覆盖处理, 但 C_1 处理和 C_2 处理间的差异较小, 说明在 C_2 处理情况下, 秸秆覆盖量对土壤蒸发的抑制达到最佳效果。

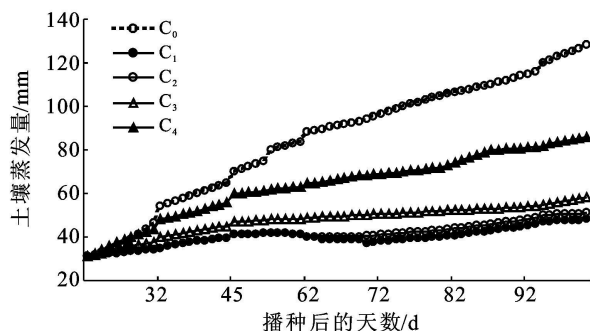


图 2 不同秸秆覆盖量土壤蒸发逐日累积变化规律

2009 年通过大田试验, C_0 处理的土壤蒸发累积量为 129.66 mm, C_1 , C_2 , C_3 及 C_4 处理的累积量分别为 47.31, 50.59, 61.02 和 85.49 mm。

2.1.3 秸秆覆盖对表层土壤蒸发抑制率变化 根据试验的不同秸秆覆盖条件下土壤蒸发逐日变化可知, C_0 处理的土壤平均蒸发量为 1.658 5 mm/d, C_1 , C_2 , C_3 及 C_4 处理的土壤平均蒸发量分别为 0.322 7, 0.348 2, 0.622 8 和 1.029 5 mm/d。

与不覆盖秸秆的条件下相比较, C_1 , C_2 , C_3 , C_4 处理的抑蒸率分别为 80.54%, 79.01%, 62.45%, 37.93%, 随着秸秆覆盖量的增加而增大, 但当秸秆覆盖量达到 7 500 kg/hm² (C_2) 后, 抑蒸率增加的幅度很小。

2.2 秸秆覆盖盐渍化土对土壤水分和盐分的影响

2.2.1 秸秆覆盖下不同土层含水率变化规律 由图 3 可知, 不同秸秆覆盖量下盐渍化土壤不同土层含水率变化趋势基本一致, 在 0—10 cm 土层, 土壤含水率随秸秆覆盖量的增加而增加, 当秸秆覆盖量达到 7 500 kg/hm² (C_2) 时, 含水率达到最大, 为 20.39%, 比对照(C_0) 增加了 9.28%; 在 10—30 cm 土层, 增加了 8.56%; 在 30—50 cm 土层, 增加了 7.52%。但是当秸秆覆盖量 10 500 kg/hm² (C_1) 时, 变化趋势平缓, 成近似水平状态, 即秸秆覆盖量达到 7 500 kg/hm² (C_2) 时各层土壤的含水率达到最大, 且 0—10 cm 土层含水率比其他土层都大。采用秸秆覆盖地表改良盐渍化土, 其原理是秸秆覆盖后阻隔了土壤水分通过蒸发进入空气的通道, 抑制了土壤水分蒸发损失和可溶性盐分的表聚作用。并且秸秆覆盖量越多, 阻隔的效果就越好, 当 7 500 kg/hm² (C_2) 时, 土壤含水率最佳。

对盐渍化地表采用秸秆覆盖, 能够有效地减少土壤水分的蒸发和抑制盐分向地表集聚, 并且随着秸秆覆盖量的增加, 抑制作用增强。土壤水分的蒸发损失和盐分的表聚是相关的, 采用秸秆覆盖处理方式后的各层土壤水分比对照都有所增加, 说明秸秆覆盖抑制了蒸发损失的原因, 同时覆盖后水分逐渐向下转移。

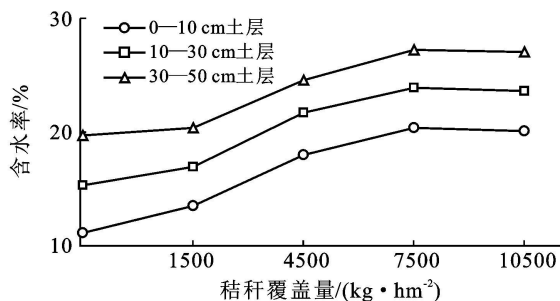


图 3 盐渍化土壤含水率随秸秆覆盖量的变化

2.2.2 秸秆覆盖下不同土层含盐量变化规律 由图 4 可知, 采用秸秆覆盖处理与对照相比, 其含盐量随秸秆覆盖量的增加都降低了。当秸秆覆盖量达到 7 500 kg/hm² (C_2) 时, 与对照试验相比, 含盐量下降达到最大。土层 0—10 cm, 下降幅度最大。秸秆覆盖量 7 500 kg/hm² (C_2) 时, 比对照(C_0) 含盐量减少了 3.21%; 土层 10—30, 30—50 cm 含盐量变化平缓, 含盐量分别减少了 1.24%, 0.77%。当秸秆覆盖量达到 10 500 kg/hm² (C_1) 时, 与秸秆覆盖量达到 7 500 kg/hm² (C_2) 相比, 变化不明显。采用秸秆覆盖处理与对照试验相比, 各覆盖处理的情况具有明显的抑制盐分表聚的作用, 当秸秆覆盖量达到 7 500 kg/hm² (C_2) 时, 土层含盐量降低效果最佳, 其中抑制作用最强的是 0—10 cm 土层。

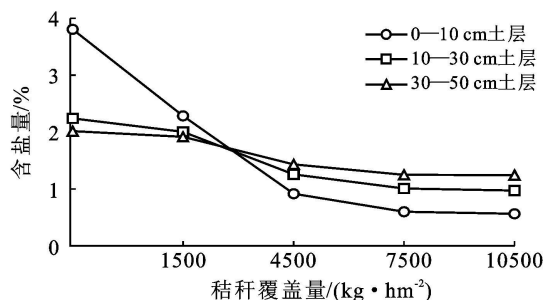


图 4 盐渍化土壤含盐量随秸秆覆盖量的变化

3 结论

(1) 秸秆覆盖处理的保墒效应随着秸秆覆盖量的增加而增大, 4 种秸秆覆盖处理与抑蒸率呈正比关系, 随着秸秆覆盖量的增加, 土壤蒸发的抑制率逐渐增大。大田试验研究结果表明, C_1 , C_2 , C_3 , C_4 这 4

种处理与不覆盖秸秆的条件下相比较, 土壤蒸发的抑制率分别为 80.54%, 79.01%, 62.45%, 37.93%。

(2) 不同秸秆覆盖量对土壤蒸发量、土壤含水率、土壤蒸发的抑制率等多项指标的影响程度很大, 秸秆覆盖量越高越有利于水分利用效率的提高, 即多量秸秆覆盖量处理的综合效应优于少量秸秆覆盖量处理。

(3) 研究结果表明, 秸秆覆盖有效地减少了土壤水分蒸发, 控制了地下水位的上升, 抑制了土壤盐渍化的形成, 达到了保墒抑蒸效应, 并随着秸秆覆盖量的增大而愈加明显。秸秆覆盖使盐分向地表聚集逐渐减弱, 使土壤的脱盐量增加, 并且脱盐层的深度加深; 使孔隙度增加, 透水性增强, 有利于盐分淋洗。同时秸秆覆盖后, 可以明显地抑制盐分在 0—10 cm 土层的积累, 使整个土壤盐分含量变化趋于平稳。

[参 考 文 献]

[1] 王尊亲. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 250-311.
[2] 王维, 郑曙峰, 路曦结, 等. 农田秸秆覆盖技术研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(18): 8343-8346.

[3] Tolk J A, Howell T A, Evett S R. Effect of mulch, irrigation and soil type on water use and yield of maize [J]. Soil & Tillage Research, 1999, 50: 137-147.
[4] Jia S N, Paul W Ungerb. Soil water accumulation under different precipitation, potential evaporation, and straw mulch conditions[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65: 442-448.
[5] 李新举, 张志国. 秸秆覆盖对土壤水分蒸发及土壤盐分的影响[J]. 土壤通报, 2009, 30(6): 257-258.
[6] 侯连涛, 焦念元, 韩宾, 等. 不同覆盖方式对土壤水分分布的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(1): 47-48.
[7] 李玲玲, 黄高宝, 张仁陟, 等. 免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 94-96.
[8] 新举, 张志国, 刘勋岭, 等. 秸秆覆盖对土壤水盐运动的影响[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2000, 31(1): 38-40.
[9] 虎胆·吐马尔白, 吴旭春, 迪力达. 不同位置秸秆覆盖条件下土壤水盐运动实验研究[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(1): 34-37.
[10] 陈素英, 张喜英, 裴冬, 等. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 171-173.

(上接第 25 页)
[6] 姜明, 吕宪国, 杨青, 等. 湿地铁的生物地球化学循环及其环境效应[J]. 土壤学报, 2006, 43(3): 493-499.
[7] 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤: 改良利用, 性质, 肥沃度, 生成分类[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
[8] 黄妮, 刘殿伟, 王宗明. 1986—2005 年三江平原水田与旱地的转化特征[J]. 资源科学, 2009, 31(2): 324-329.
[9] 邹元春, 吕宪国, 姜明. 不同开垦年限湿地土壤铁变化特征研究[J]. 环境科学, 2008, 29(3): 814-818.
[10] 熊毅, 陈家坊, 马毅杰, 等. 土壤胶体: 第 2 册[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 241-268.
[11] 瞿文川, 余源盛. 鄱阳湖湿地土壤中 Fe、Mn 的迁移特征及其与水位周期变动的关系[J]. 湖泊科学, 1996, 8(1): 35-42.
[12] Chen C C, Dixon J B, Turner F T. Iron coatings on rice roots-mineralogy and quantify influencing factors [J]. Soil Science Society of America Journal, 1980, 44(3): 635-639.
[13] 马毅杰, 陈家坊. 我国红壤中氧化铁形态及其特性和功

能[J]. 土壤, 1998, 30(1): 1-6.
[14] Aristovskaya T V, Zavarain G A. Biochemistry of iron in soil [C] // McLaren A D, Skujins J, eds. Soil Biochemistry. New York: Marcel Dekker Inc., 1971: 385-408.
[15] 谭中欣. 水稻土中铁还原及其电子传递特征[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
[16] 蔡妙珍, 邢承华. 土壤铁的活化与环境意义[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2004, 27(3): 279-282.
[17] Kumar S. Changes in some physico-chemical properties and activities of iron and zinc on submergence of iron and zinc on submergence of some rice soils [J]. Journal Indian Society of Soil Science, 1981, 29(1): 204-207.
[18] 熊毅, 陈家坊, 马毅杰, 等. 土壤胶体: 第 1 册[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 148-155.
[19] 刘晔, 关连珠, 张瑞杰, 等. 不同利用方式棕壤中氧化铁的存在形态和分异特征研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(2): 181-183.