

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2013-0254

种植甘草预防土壤风蚀效应

李 昂¹, 张 鸣¹, 蔺海明², 闫立本³

(1. 兰州城市学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃酒泉科技示范农场, 甘肃 酒泉 735000)

摘要:本研究通过多次测定甘肃酒泉地区甘草地的风蚀量、土壤含水率和地表粗糙度, 分析种植甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)防治土壤风蚀的效应。结果表明, 随着甘草种植年限的增加, 甘草地上生物量呈显著增加趋势, 甘草地的地表粗糙度和土壤表层(0—5 cm)含水率分别比裸地高12~55倍和27%~148%; 种植甘草能显著降低耕地风蚀, 甘草地的土壤风蚀量较裸地下降16%~83%。相关分析显示, 甘草地上生物量与地表粗糙度、土壤含水率间表现为显著的正相关关系($P < 0.01$), 而与土壤风蚀量表现为显著的负相关性。分析认为, 种植甘草提高耕地抗风蚀能力主要通过甘草枯枝落叶覆盖地表, 造成地表粗糙度和土壤含水率增大, 相应地减弱风对地表的吹蚀作用, 提高耕地地表砂粒的启动风速, 从而最终降低耕地的土壤风蚀。

关键词:甘草; 土壤风蚀; 土壤含水率; 地表粗糙度

中图分类号: S567.7⁺1; S151⁺.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2014)05-0839-05

* 1

Erosion-resistance effects of *Glycyrrhiza* vegetation coverage

LI Ang¹, ZHANG Ming¹, LIN Hai-ming², YAN Li-ben³

(1. Lanzhou City University, Lanzhou 730070, China;

2. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

3. Jiuquan Science Demonstration Farm in Gansu Province, Jiuquan 735000, China)

Abstract: The present study determined erosion-resistance effects of fields planted with *Glycyrrhiza uralensis* through measuring soil moisture content, aerodynamic roughness of soil surface and soil loss. The above ground biomass of *G. uralensis* community significantly increased with the extension of growing years. The aerodynamic roughness of soil surface increased by 12~55 times and soil moisture content in soil surface (0—5 cm) increased by 27%~148% after *G. uralensis* planted. Soil wind erosion in *G. uralensis* lands significantly decrease by 16%~83% than that of barren land. The above ground biomass positively correlated with roughness length and soil moisture content and negatively correlated with soil erosion. The possible mechanism of wind erosion resistance by planting *G. uralensis* was that surface of cultivated land was covered by the above ground dry branches and fallen leaves of *G. uralensis* which increased roughness of soil surface and topsoil moisture content, decreased the wind speed on soil surface and increased the starting wind speed for soil sand grain.

Key words: *Glycyrrhiza uralensis*; soil wind erosion; soil moisture content; roughness

Corresponding author: LI Ang E-mail: liang@lzcw.edu.cn

近年来, 由于人为和自然因素的影响, 地处河西走廊西部、紧邻巴丹吉林沙漠的甘肃酒泉地区耕地

的风蚀状况有加重趋势。近期农业部发布的研究报告也显示, 我国出现的沙尘暴尘源主要来自于农

* 收稿日期: 2013-05-13 接受日期: 2013-07-08

基金项目: 农业部“948”项目(2009-Z19); 兰州城市学院博士科研启动基金项目(2011-09)

通信作者: 李昂(1969-), 男, 甘肃兰州人, 副教授, 博士, 主要从事退化环境的恢复和治理研究。E-mail: liang@lzcw.edu.cn

田^[1]。由于植物具有再生性和生态环境功能,植被覆盖被认为是防治土壤风蚀的最佳措施^[2-3]。例如,随着地表植被盖度的增加,风沙土的风蚀率急剧下降,60%的植被盖度就可完全防止土壤发生风蚀^[4];麦田留茬 15 cm 且免耕可显著提高地表抗风蚀能力^[5],不同种植类型地表的抗风蚀能力大小顺序为冬油菜地>冬小麦地>麦茬地>春播地^[6]。尽管利用生物措施在防治土壤风蚀方面已做了大量研究,但这些研究大多采用风洞模拟的方式,其结果更具有理论意义,并不能代表野外土地风蚀的真实状况^[5-7]。

为了保护生态环境,提高农民的经济收入,酒泉地区政府根据当地环境条件和市场需求,积极引导农民调整原有种植结构,大力推广种植多年生药用植物甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)。尽管普遍认为种植甘草作为一种生物措施可减少耕地土壤风蚀,但有关这方面的研究至今还没有文献报道。为此,本研究通过野外实地测定甘草地和裸露耕地的土壤风蚀量、地表粗糙度、土壤含水率、地表甘草枯枝落叶量等指标,来确定酒泉地区在风蚀最严重的冬、春季,耕地处于裸露状态下的土壤实际风蚀量,以及种植甘草后耕地风蚀的减少程度及其内在机理,以期为该区种植甘草防治土壤风蚀沙化和调整农业种植结构提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在甘肃酒泉市肃州区酒泉科技示范农场。该地位于河西走廊西端,坐标为 99°03′06″E, 39°33′12″N,海拔 1 450 m,属温带干旱气候。年平均气温 8.2℃,年均日照时数 3 288 h,≥10℃年积温 3 300℃·d,年均降水量 83 mm,年均蒸发量 2 511 mm,无霜期约 150 d,大风日数约 17 d,最大风速 21 m·s⁻¹,沙尘暴天数约 14.7 d,土壤类型为灰钙土和荒漠灰钙土。耕地灌溉主要以地下水为主,矿化度为 1~2 g·L⁻¹。

1.2 试验方法及测定

2012 年 8 月 31 日在该农场同一地块中选取裸地(CK)和生长 1 年、2 年、3 年、4 年的甘草地共 5 块样地(每块样地大小约 2 001 m²),并在每个样地中随机放置装满该样地土壤的 4 个风蚀盘,通过定期测定风蚀盘质量来计算每块样地的土壤风蚀

量^[8]。9 月末和翌年 4 月末在每块样地中随机选取 4 个样方(大小为 1 m×1 m),测定样方内的甘草地上部分生物量(含枯枝落叶量);同时用风速仪(Kestrel 5919)测定近地表风速,用环刀在该样方中取 0—5 cm 土层土样,分别用来计算样地的地表粗糙度、土壤含水率。地表粗糙度(Z_0)采用拉依特曼公式计算^[9]:

$$\ln Z_0 = (V_1 \ln Z_2 - V_2 \ln Z_1) / (V_1 - V_2),$$

式中, V_1 、 V_2 分别为距地表 Z_1 、 Z_2 高度上的水平风速,选择风速变化较为明显的高度 Z_1 、 Z_2 分别为 150 和 10 cm, Z_0 表示地表平均风速等于零的高度。

1.3 数据分析

采用 SPSS 15.0 软件进行数据处理和作图,并用 One-Way ANOVA 方差分析和 S-N-K 多重比较,多因素相关分析采用 Pearson 法,并进行双尾检测。

2 结果与分析

2.1 甘草地上生物量

生物量是植被生态功能发挥的基础和前提,而植被地上生物量对耕地风蚀量、土壤物理性质、地表粗糙度有着重要影响^[9]。2012 年 9 月 30 日测定结果显示,生长了 1 年的甘草其地上生物量为 118.4 g·m⁻²,生长了 2、3、4 年的甘草其地上生物量分别为 212.9、493.6 和 614.3 g·m⁻²(图 1),分别比生长 1 年的甘草地显著提高了 80%、317% 和 419% ($P<0.05$)。经过冬、春季的风蚀,翌年 4 月 30 日测定结果显示,甘草生长 1 年地中的枯枝落叶量为 59.9 g·m⁻²,甘草生长 2、3、4 年的地比 1 年地中分别提高了 41%、231% 和 348%(图 1),风蚀后的甘草地上生物量均明显减少。

2.2 土壤含水率

2012 年 9 月末,裸地土壤表层(0—5 cm)含水率最低,仅为 2.73%,而甘草生长 1、2、3、4 年的土壤含水率分别比裸地提高了近 27%、72%、81%、148%;2013 年 4 月末也有类似趋势(图 2)。上述结果表明,在干旱少雨、蒸发强烈的酒泉地区耕地种植甘草后,冬、春季由于甘草地上植被(含枯枝落叶)的覆盖作用减少了土壤水分的蒸发,从而使甘草地的土壤表层含水率较裸地高;随着甘草种植年限的增加和地表枯枝落叶量的增加,土壤含水率有上升趋势。这一结果也与孙铁军等^[9]的研究结果类似。

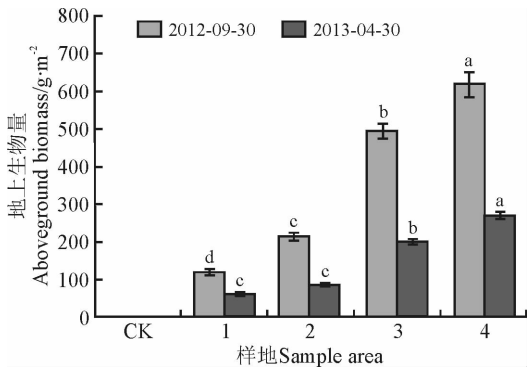


图 1 不同样地的地表生物量

Fig. 1 Aboveground biomass at different sample areas

注:CK,裸地;1,甘草生长 1 年样地;2,甘草生长 2 年样地;3,甘草生长 3 年样地;4,甘草生长 4 年样地。不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: CK, 1, 2, 3, and 4 mean bare land, land growing 1-year-age *Glycyrrhiza uralensis*, land growing 2-year-age *G. uralensis*, land growing 3-year-age *G. uralensis*, land growing 4-year-age *G. uralensis*, respectively. Different letters indicate significant difference among different sample area. The same below.

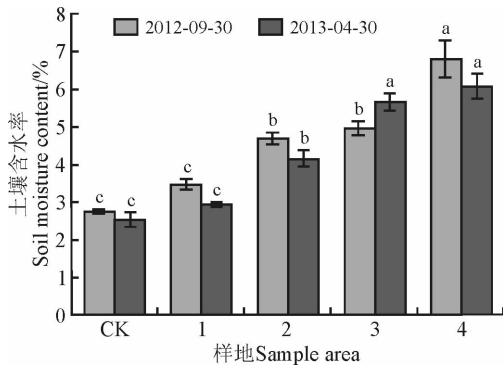


图 2 不同样地的土壤含水量

Fig. 2 Soil moisture content at different sample areas

2.3 地表粗糙度

地表粗糙度反映了地表对风速的减弱及对风沙流的阻抗,一般取决于地形起伏和地表覆盖状况。2012 年 9 月,裸地的地表粗糙度最低,仅为 0.1 cm,而生长 1、2、3、4 年甘草地的值分别为 1.7、2.87、4.42、5.55 cm,分别是裸地的 16、28、44、55 倍;同样,2013 年 4 月末,裸地仍为最低(0.09 cm),而生长 1、2、3、4 年甘草地的值分别为裸地的 12、25、44、51 倍(图 3)。地表粗糙度结果表明,当耕地种植甘草后,由于冬春季甘草地上植被(含枯枝落叶)覆盖地表,从而使甘草地的地表粗糙度较裸地有明显提高;而且,随着甘草种植年限的增加,地表粗糙度呈显著提高趋势($P < 0.05$)。

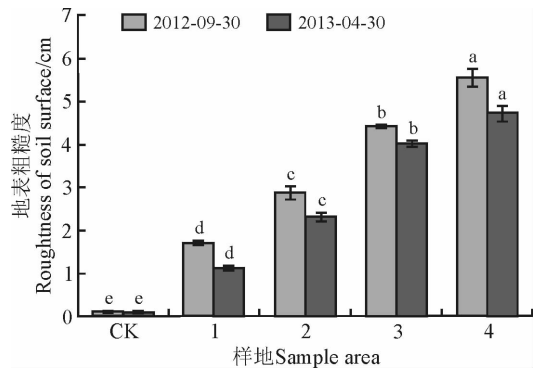


图 3 不同样地的土壤粗糙度

Fig. 3 Aerodynamic roughness of soil

surface at different sample areas

2.4 土壤风蚀量

从 2012 年 9 月初至 2013 年 4 月末的 8 个月里,当耕地地表处于裸露状态时,土壤风蚀较为严重,风蚀量为 $19.67 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$;而种植有甘草的样地中,土壤风蚀量均明显减小,生长 1、2、3、4 年甘草样地的风蚀量仅为 16.49、13.54、4.44、3.28 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$,分别比裸地降低了 16%、31%、77%、83%(图 4)。多重比较显示,裸地与生长 1 年甘草样地间的风蚀量差异不显著($P > 0.05$),而与其余样地间差异显著($P < 0.05$);生长 3、4 年甘草样地间的差异不显著,但与生长 1、2 年样地间的差异显著,生长 2 年与 1 年甘草样地间差异也显著。上述结果表明,在风蚀最严重的冬、春季,由于甘草枯枝落叶的覆盖作用,减小了风沙流直接吹蚀耕地地表细小砂粒的机率,从而使甘草耕地风蚀量较裸地低;而且,随着甘草生长年限的增加(地表枯枝落叶量的增加),耕地土壤的风蚀量呈显著减小趋势。

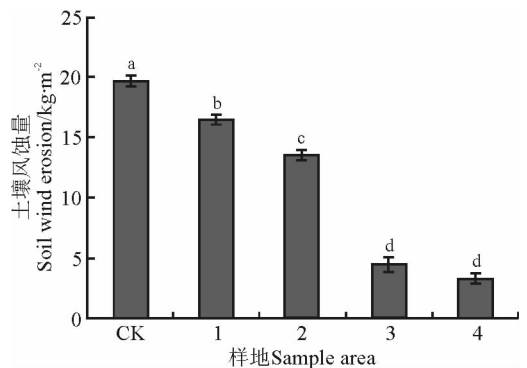


图 4 不同样地的土壤风蚀量

Fig. 4 Soil wind erosion at different sample areas

2.5 相关及回归分析

2013 年 4 月末,所测指标间均表现为极显著的相关性($P<0.01$)(表 1)。甘草地地上生物量与土壤风蚀量呈负相关,与地表粗糙度和土壤含水率呈正相关;土壤风蚀量与地表粗糙度和土壤含水率呈负相关;地表粗糙度与土壤含水率呈正相关。回归分析显示,地上生物量与土壤风蚀量、地表粗糙

度、土壤含水率间均表现为极显著的线性回归,地表枯枝落叶量(x)与土壤风蚀量(y_1)间的回归方程为: $y_1=19.47-0.065x(R^2=0.948,P<0.01)$,与地表粗糙度(y_2)间的回归方程为: $y_2=0.352+0.017x(R^2=0.935,P<0.01)$,与土壤含水率(y_3)间的回归方程为: $y_3=2.561+0.014x(R^2=0.876,P<0.01)$ 。

表 1 各因素间相关关系分析
Table 1 Pearson correlation analysis of different factors

指标 Parameter	地上生物量 Aboveground biomass	土壤风蚀量 Soil wind erosion	地表粗糙度 Aerodynamic roughness	土壤含水率 Soil moisture content
地上生物量 Aboveground biomass	1.000	-0.990**	0.967**	0.936**
土壤风蚀量 Soil wind erosion		1.000	-0.968**	-0.934**
地表粗糙度 Aerodynamic roughness			1.000	0.948**
土壤含水率 Soil moisture content				1.000

注: ** 表示相关性在 0.01 水平上是显著的(双尾检测)。
Note: ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

3 讨论与结论

我国北方风蚀区冬、春季一般干旱多风,致使浮尘、扬沙、沙尘暴等灾害频繁发生,农田土壤的风蚀沙化加剧。植物覆盖防治土壤风蚀作为一种经济、有效的措施很早就被重视并加以研究^[10-11]。植被通过覆盖土壤表面、分解风力、增加地表粗糙度,以及阻挡输沙等途径起到对风蚀地表的保护作用。一般植被覆盖越密集,防护效果越好。因此,植被覆盖率常被用作风蚀保护作用的描述变量。然而,当运动气流通过地表时,真正形成挡风效应的是植被覆盖迎风方向的侧影面积^[12]。另外,植被覆盖度的测定往往因目测人员的不同差异较大。鉴于此,本研究首次探索采用植被地上生物量来描述植被覆盖对地表的风蚀保护作用。从结果可以看出,随着甘草地表生物量(含枯枝落叶量)的增加,地表风蚀量呈显著降低趋势,二者间呈显著负相关关系。进一步分析显示,甘草地的地表粗糙度随甘草地上生物量的增加而增加,二者间也呈显著正相关;而土壤风蚀量却随地表粗糙度的增加呈显著减小趋势,二者间呈显著的负相关关系。产生这种结果的原因可能是,当有运动气流吹过甘草地时,随着甘草植被地上生物量的增加,植被枯枝落叶覆盖部分地表,增加了地表粗糙度,避免了甘草植被覆盖部分土壤被风直接

吹蚀;另外,由于地表粗糙度的增加,甘草枯枝落叶还吸收和分散了地面以上一定高度内的风动量,减少了气流与地面砂粒间的动量传递^[6,11]。简言之,当风沙流通过甘草地时,甘草地上部分(含枯枝落叶)通过覆盖地表来减少风对地表的直接吹蚀,通过地表直立的甘草枯枝分解风力,减弱气流与地表砂粒间的动量传递,从而使风沙流对地表土壤的风蚀呈减弱趋势。

甘草地上生物量的增加,也相应提高了耕地表层的土壤含水率,从而使土壤表层的抗风蚀能力增强。从结果可看出,裸地地表含水率仅为 2.73%,而甘草地的地表含水率比裸地提高了 27%~148%;相关分析显示,甘草地上生物量与土壤含水率间表现为显著的正相关关系。这可能是由于地处河西走廊西端、紧邻巴丹吉林沙漠的酒泉地区降水稀少而蒸发剧烈,在冬、春季,当耕地地表有甘草枯枝落叶覆盖时,遮挡了太阳光对地表的直接照射,从而减弱了土壤水分的自然蒸发。类似研究如王学芳等^[13]在河西走廊东端种植冬油菜(*Brassica campestris*)研究其抗风蚀效应时发现,当地表枯物干质量越大时,土壤表层的含水率也越高。甘草地地表的土壤含水率增加也相应地减弱了土壤表层的风蚀。如移小勇等^[14]研究也发现,当农田土壤含水率从 1.41%增加到 3.83%

时,土壤的风蚀量由 $5.22 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 减小到 $0.26 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$,耕地土壤的风蚀量随含水率的增加而减小,二者间表现为负幂函数关系。其原因可能是,当土壤中存在水分时,水分子与土壤颗粒间的拉张力增加了颗粒间的内聚力,相应提高了地表砂粒的启动风速,从而增大了表层土壤的抗风蚀能力^[6,15-16]。另外,植物根系在土壤中

交错相连成网状,改善了土壤结构并固结了土壤,其抑制土壤风蚀的作用也不可忽视。

总之,随着甘草生长年限的增加,甘草地上生物量显著增加,致使地表粗糙度和土壤表层含水率显著提高,相应地减弱了风沙流对地表的直接吹蚀,提高了地表砂粒的启动风速,从而降低了甘草地的土壤风蚀。

参考文献

- [1] 中国农业部. 我国出现沙尘暴的尘源主要来自农田[EB/OL]. (2013-03-13) <http://www.huaxia.com/xw/dlxw/2008/07/1067806.html>
- [2] Li X R, Ma F Y, Xiao H L. Long term effects of revegetation on soil water content of sand dunes in arid region of northern China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2004, 57: 1-16.
- [3] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会. 沙漠化的生物过程及退化植被的恢复机理[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [4] 董治宝, 陈渭南, 李振山, 杨佐涛. 植被对土壤风蚀影响作用的实验研究[J]. *土壤侵蚀与水土保持学报*, 1996, 2(2): 1-8.
- [5] 秦红灵, 高旺盛, 马月存, 杨世琦, 赵沛义. 免耕对农牧交错带农田休闲期土壤风蚀及其相关土壤理化性状的影响[J]. *生态学报*, 2007, 27(9): 3778-3784.
- [6] 王学芳, 孙万仓, 李孝泽, 武军艳, 刘红霞, 曾潮武, 蒲媛媛, 张朋飞, 张俊杰. 我国北方风蚀区冬油菜抗风蚀效果[J]. *生态学报*, 2009, 29(12): 6572-6577.
- [7] 申建友, 董光荣, 李长治. 风洞与野外输沙率的分析和讨论[J]. *中国沙漠*, 1988, 8(3): 23-30.
- [8] 赵沛义, 妥德宝, 康暄, 李焕春, 段玉, 张君, 安昊, 姚俊卿, 付贵锁. 阴山北麓残茬间作带田土壤风蚀规律[J]. *水土保持学报*, 2011, 25(6): 55-58.
- [9] 孙铁军, 肖春利, 滕文军. 不同草地建植模式对荒坡地土壤风蚀及理化性质的影响[J]. *水土保持学报*, 2011, 25(3): 44-48.
- [10] Higgitt D. Soil erosion and soil problems[J]. *Progress in Physical Geography*, 1993, 17: 461-472.
- [11] 贺山峰, 蒋德明, 阿拉木萨. 植被的防治风蚀作用[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(5): 743-748.
- [12] 黄富祥, 王明星, 王跃思. 植被覆盖对风蚀地表保护作用研究的某些新进展[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(5): 627-633.
- [13] 王学芳, 孙万仓, 李孝泽, 武军艳, 马维国, 康艳丽, 曾潮武, 蒲媛媛, 叶剑, 刘红霞, 曾军, 张亚红. 河西走廊种植冬油菜的环境效应[J]. *作物学报*, 2008, 34(12): 2210-2217.
- [14] 移小勇, 赵哈林, 李玉霖, 李玉强, 付朝. 科尔沁沙地不同风沙土的风蚀特征[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(2): 10-13.
- [15] Wolfe S A, Nickling W G. The protective role of sparse vegetation in wind erosion[J]. *Progress in Physical Geography*, 1993, 17: 50-68.
- [16] 移小勇, 赵哈林, 李玉强. 土壤风蚀控制研究进展[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(4): 905-911.

(责任编辑 武艳培)