

甘肃秦王川灌区种植豆禾混播牧草的农田生态保育效应

李昂¹, 李昌明¹, 尹卓忻¹, 李馨雨², 吴应珍³, 葛承暄⁴

(1.兰州城市学院地理与环境工程学院, 兰州 730070; 2.中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430070; 3.甘肃农业大学人文学院, 兰州 730070; 4.甘肃省耕地质量建设管理总站, 兰州 730000)

摘要:以裸地(CK)、种植小麦(*Triticum aestivum*)和苜蓿/无芒雀麦(*Medicago sativa*/*Bromus inermis*)豆禾混播牧草地为研究对象,通过测定地表植被特征指标、土壤风蚀量及理化性质等指标,探究秦王川灌区农田风蚀规律及种植春小麦和牧草对土壤及养分流失的影响。结果表明:农田表土损失呈秋末冬初流失较多,冬季较少,春季又明显增强的“U”形曲线模式,从9月至翌年6月,出现2个风蚀高峰期(9—11月和3—5月);耕地裸露造成表土年均流失1.7 kg/m²,即每年被风吹蚀1.3 mm厚表土,土壤有机质损失236.2 kg/hm²,而种植小麦和牧草后在地表植被(根茬)覆盖作用下表土流失减少20.1%和52.3%,有机质损失减少12.2%和50.7%;由于风蚀季牧草植被(根茬)的盖度、高度和地表生物量均较小麦大,使得牧草地的地表粗糙度和湿度及表土(0—5 cm)含水率较小麦地高,而造成土壤和有机质流失较小麦地少;相关和回归分析显示,地表植被特征指标与地表粗糙度和土壤含水率间呈显著正相关,而与地表土壤和有机质流失量呈极显著负相关;植被盖度每提高1%,将使表土和有机质流失减少4.1 g/m²和59.3 mg/m²,地表生物量每提高1 g/m²,将使表土和有机质流失减少2.3 g/m²和34.0 mg/m²;春季春播小麦地的表土流失量与裸地相同,而种植多年生豆禾混播牧草可显著减少表土流失和有机质损失。综合以上,甘肃灌区农田春季播种农作物易引起土壤退化,而种植多年生豆禾混播牧草可实现农田生态保育,从而提高耕地质量和区域环境质量。

关键词:秦王川灌区; 土壤风蚀; 农田生态保育; 春播作物; 豆禾牧草混播

中图分类号:X82

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2020)02-0239-06

DOI:10.13870/j.cnki.stbcbx.2020.02.034

Ecological Conservation Effect of Mixed Planting Legume and Grass in Qinwangchuan Irrigation Area of Gansu Province

LI Ang¹, LI Changmin¹, YIN Zhuoxin¹, LI Xinyu², WU Yingzhen³, GE Chengxuan⁴

(1.College of Geography and Environmental Engineering, Lanzhou City University, Lanzhou 730070; 2.College of Public Administration, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430070; 3.College of Humanities, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; 4.Gansu Province Cultivated Land Quality Construction and Management Station, Lanzhou 730000)

Abstract: To explore wind erosion law of farmland and effects of planting spring wheat and pasture on soil and nutrient loss, the experiment took bare land (CK), planting *Triticum aestivum* and *Medicago sativa*/*Bromus inermis* farmland as research objects. We measured indexes of vegetation characteristics, soil wind erosion, and physical and chemical properties. The results showed that soil loss showed a ‘U’ curve pattern, with more loss in late autumn and early winter, less loss in winter, and significantly increased loss in spring. There were two peak periods of wind erosion (September to November and March to May) from September to June of the following year. The average annual soil loss of bare land was up to 1.7 kg/m², that was, as 1.3 mm thick topsoil was blown away by wind, resulting in the loss of land organic matter up to 236.2 kg/hm². When wheat and pasture were planted, the soil mass loss reduced by 20.1% and 52.3%, and the organic matter loss reduced by 12.2% and 50.7% under the influence of surface vegetation (stubble). Due to the higher coverage, height, and surface biomass of pasture vegetation (stubble) than those of wheat in wind erosion season, the surface roughness, humidity, and water content of topsoil (0—5 cm) of grassland were higher than those of wheat field, resulting in less soil and organic matter loss than that of wheat field. Correlation analysis showed that there were a significant positive correlation between vegetation characteristics and

收稿日期:2019-09-01

资助项目:国家自然科学基金项目(31560185);甘肃省高等学校创新能力提升项目(2019A-132)

第一作者:李昂(1969—),男,甘肃兰州人,博士,副教授,主要从事退化环境的恢复与治理研究。E-mail:liang@lzcw.edu.cn

surface roughness and soil moisture content, while there were a significant negative correlation between vegetation characteristics and surface soil and organic matter loss. Regression analysis showed that every 1% increase of vegetation coverage would reduce topsoil and organic matter loss by 4.1 g/m² and 59.3 mg/m². Every 1 g/m² increase of surface biomass would reduce topsoil and organic matter loss by 2.3 g/m² and 34.0 mg/m². The amount of topsoil loss of wheat fields sowed in spring was the same as that of bare land, while planting perennial legume-grass mixtures could significantly reduce the loss of topsoil and organic matter. On the whole, crops sowed in spring in irrigated areas of Gansu would likely cause soil degradation, while planting perennial legume-grass mixtures could fulfill the farmland ecological conservation, improve quality of cultivated land and regional environment.

Keywords: Qinwangchuan irrigation area; soil wind erosion; farmland ecological conservation; spring crops; legume-grass mixed sowing

我国北方地区干旱少雨、植被稀疏,冬、春季多风,致使扬沙、浮尘等灾害频繁发生^[1]。相关研究^[2-3]显示沙尘源主要来自农田。风蚀破坏地表,造成土壤表层细颗粒和营养物质损失,致使农田表土粗化,结构变坏,土壤肥力下降,进而导致“资源—人口—环境问题”变得愈来愈严重^[4-7]。移小勇等^[8]研究发现,当风速达到 3.7 m/s 时农田将出现风蚀现象;王仁德等^[9]研究发现,农田易被吹蚀颗粒粒径在 0~250 μm,且主要以 20~80 μm 细颗粒为主;苑依笑等^[10]研究发现,风蚀造成土壤养分含量较高细颗粒流失,导致土壤养分减少、土地变得愈来愈贫瘠;相关研究^[6,11]也发现,由于植物具有再生性和生态环境功能,种植植物被认为是预防风蚀最经济、最有效的措施;孙铁军等^[12]研究发现,种植生态草不仅能减弱地表风蚀危害,而且还能增加土壤有机质含量;李昂等^[3,13-14]研究发现,种植甘草不仅能降低农田土壤风蚀危害,而且还能减少土壤养分损失。

作为我国北方生态安全屏障的甘肃省,其环境保护的好坏直接影响我国其他地区环境建设。党的十九大报告也明确提出要着力解决突出环境问题,加大生态系统保护力度,推进水土流失综合治理,健全耕地休养生息制度。由于地理位置原因,甘肃秦王川灌区农业属一年一熟区域,耕地每年有近 7 个月休闲裸露。由于该区冬春季大风天气较多,造成耕地风蚀危害非常严重,并严重影响周边区域生态安全。肖红浪^[15]研究发现,风蚀造成秦王川灌区耕地年均流失表土达 106 t/hm²,有机质达 2 t/hm²,并对下风向兰州地区环境造成严重影响。为了探求农田风蚀规律,本文以秦王川灌区种植春小麦(*Triticum aestivum*)和苜蓿/无芒雀麦(*Medicago sativa/Bromus inermis*)混播牧草地为研究对象,通过比较土壤流失和养分损失差异,探索该区农田生态保育对策,并为该区采取“粮草轮作”的农田生态保育措施提高耕地质量、实现“藏粮于地”国家战略提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况与试验设计

秦王川灌区位于甘肃省永登县境内,年均气温 6.2 ℃,年均降水量 287 mm,春季平均风速 2.5 m/s,最大风速 7.7 m/s,为典型的半干旱大陆性气候^[15-18]。该区土壤类型以灰钙土为主,土壤质地为粉砂壤土,土壤容重为 1.29~1.47 g/cm³,土壤机械组成中易被风吹蚀 <0.1 mm 细颗粒占总量的 88% 以上^[15,17-18]。因该区冬春季受西北风影响,且国家级兰州新区位于南部,故试验选址灌区北部上川镇下古山村(36°45'N,103°33'E),海拔 1 950 m。试验设裸地(CK)、小麦地、苜蓿/无芒雀麦混播牧草地 3 个处理,随机区组排列,每个处理重复 4 次,共 12 个小区。小区面积 6 m×4 m,间距 0.5 m。试验地前茬作物为油菜。为了防止施肥对土壤养分影响,各处理试验期间均不施肥。2016 年春季平整土地播种小麦和牧草,根据小麦田间管理要求,于当年 5、6 月对所有处理灌水 2 次,并对田间杂草采取人工方法清除。根据牧草及作物长势,于当年 7 月上旬刈割牧草,7 月末收获小麦(根茬高度与当地机收高度(10 cm)一致),10 月中旬留茬(10 cm)刈割收获牧草。2017 年春季再次在原小麦样方内播种小麦。因牧草为多年生,故不再播种。

2016 年 8 月末在试验地中放置风蚀盘(盘内装样地土 500 g),每月末测定盘重用以计算当月风蚀量^[3,6]。2016 年 10 月中旬和 2017 年 5 月初采用 2 台风速仪(AS8336)同步测定不同离地高度风速,并按公式: $Z = \exp[(V_1 \ln Z_2 - V_2 \ln Z_1)/(V_1 - V_2)]$ 计算地表粗糙度。式中: Z 为地表粗糙度,表示地表平均风速等于零高度; V_1 、 V_2 为距地表 Z_1 (10 cm)和 Z_2 (150 cm)高度水平风速^[3,12];小麦和牧草植被的高度、盖度和生物量参照文献^[19]的方法测定;最后,采用取土器按 0—5,5—10,10—20,20—40 cm 分层取土样,带回室内进行土壤含水量和土壤养分测定^[3,14]。土壤养分委托甘肃省农业科学院土壤与肥

料研究所测定。

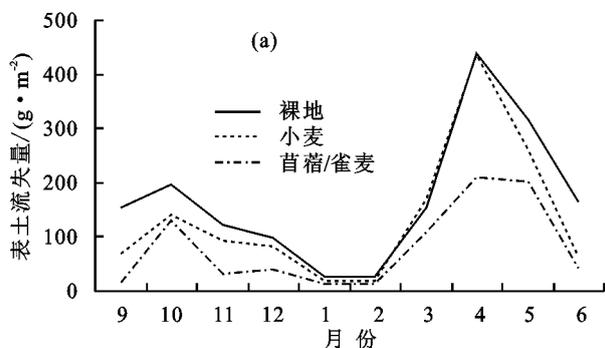
1.2 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 软件进行数据处理,各处理间差异采用单因素方差分析方法,并用 Duncan 法进行多重比较;相关分析采用皮尔逊相关系数法,显著性检验采用双侧检验^[14]。

2 结果与分析

2.1 土壤风蚀量比较

从图 1a 可以看出,整个风蚀季节(9月至翌年6月)裸地表现土壤流失量为:秋末先小幅增大,然后减弱,翌年春季又呈再次加剧的“U”形曲线模式。在整个风蚀季节,裸地表土流失出现2个高峰,分别为10月和翌年4月,占总流失量的11.6%和25.8%,且10



月表土流失量占4月的44.9%。说明该区春季风蚀最严重,但秋末冬初风蚀危害也不容忽视。种植牧草和春小麦地的表土流失规律与裸地类似,仅因地表有牧草和小麦植被(或根茬)覆盖,土壤流失量均有不同程度下降。从风蚀季节土壤流失总量(图1b)来看,裸地最严重,达1.7 kg/m²,小麦和牧草地分别为1.4, 0.8 kg/m²,分别比裸地降低20.1%和52.3%,方差分析显示它们之间差异显著($p < 0.05$)。另外,在表土流失最严重的春季(图1a),小麦地与裸地相近,而牧草地则与它们之间差异明显,说明该区春季种植春播作物会导致表土疏松,易造成耕地风蚀危害,而种植多年生牧草因春季不需播种,且出苗较快,可显著减弱耕地风蚀。

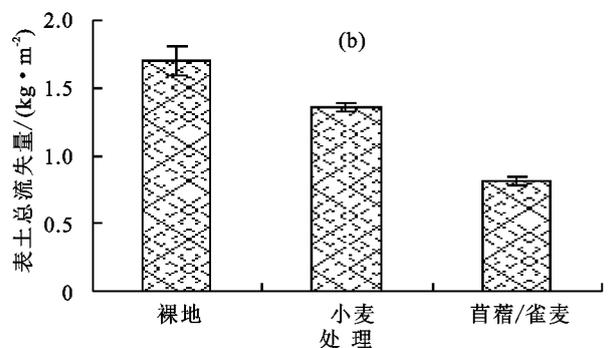


图1 风蚀季地表土壤流失量比较

2.2 土壤有机质含量及损失量比较

从图2a可以看出,播种前各处理0—5 cm土层有机质含量为14.9 g/kg,方差分析显示各处理间差异不显著($p > 0.05$);当经过一个生长季后,秋末测得各处理土壤有机质含量均有所升高,其中裸地提高8.8%,小麦和牧草地分别提高13.6%和14.6%,均比裸地高4.8%和5.8%。裸地有机质含量提高可能是前茬作物油菜根系分解所造成,而小麦和牧草地有机质含量提高除了前茬作物根系分解外,还包括种植作物枯枝落叶和枯死根系分解,以及作物吸收综合作用的结果。经秋冬季风蚀,翌年春季所取土样测得各处理表土有机质含量均有所下降,其中裸地降为13.9 g/kg,小麦和牧草地分别降为15.3, 14.4 g/kg,均分

别比裸地高9.9%和3.4%;对比翌年春季和试验开始时,裸地有机质含量降低6.1%,小麦地提高0.3%,牧草地降低2.6%,说明作物和牧草根茬覆盖减弱了表土流失,相应地减缓了土壤有机质含量的降低。从风蚀季节土壤有机质流失量(图2b)来看,裸地流失最多,达236.2 kg/hm²,小麦地次之,为207.3 kg/hm²,牧草地最少,仅116.4 kg/hm²,小麦和牧草地损失分别比裸地减少12.2%和50.7%,方差分析显示各处理间差异显著($p < 0.05$)。综上可知,秦王川灌区耕地种植小麦和牧草可提高土壤有机质含量;风蚀将造成土壤有机质流失,一个风蚀季节将使裸露耕地流失土壤有机质含量达236.2 kg/hm²,而小麦和牧草植被(或根茬)覆盖将使土壤有机质损失分别减少12.2%和50.7%。

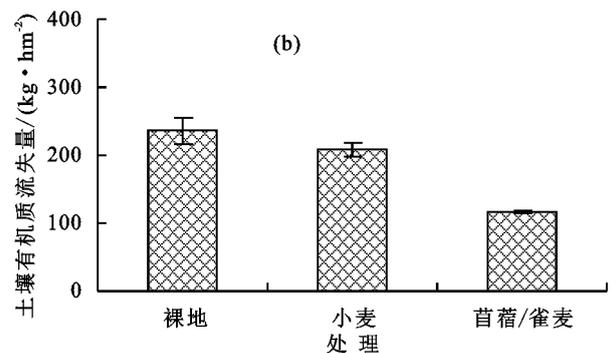
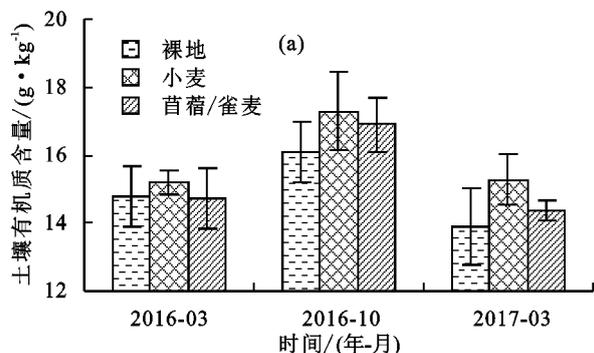


图2 土壤有机质含量及流失量比较

2.3 植被特征指标比较

以往研究^[3,6,11-12]显示,种植植物可减弱土壤风蚀危害,发挥生态功能的基础和前提是地上植被。从植被盖度(图 3a)来看,秋季牧草收获后根茬盖度达 71.3%;而小麦收获后至秋末仅剩 10.3%,牧草较小麦高 5.9 倍;翌年 5 月初,新种小麦幼苗盖度仅 15%,而多年生牧草因萌发早盖度达 61.3%,牧草较小麦高 3.1 倍;方差分析显示二者差异达极显著($p < 0.01$)。从植被高度(图 3b)来看,秋末小麦根茬仅 8.2 cm,牧草根茬为 9.0 cm;翌年 5 月,小麦幼苗株高仅 7.3

cm,而牧草已长高至 15.5 cm,牧草为小麦的 2.1 倍,二者间差异达极显著($p < 0.01$)。

从地表生物量(图 3c)来看,秋季小麦和牧草收获后的地表根茬生物量相近;翌年 5 月,小麦幼苗生物量仅 8.9 g/m²,而牧草生物量达 102.5 g/m²,牧草较小麦高 10.5 倍。综上可知,整个风蚀季节,由于牧草植被的盖度、高度和生物量均显著大于小麦($p < 0.05$),从而使得牧草覆盖地的风蚀危害显著小于小麦地,裸地因地表裸露,地表土壤和有机质流失均最严重。

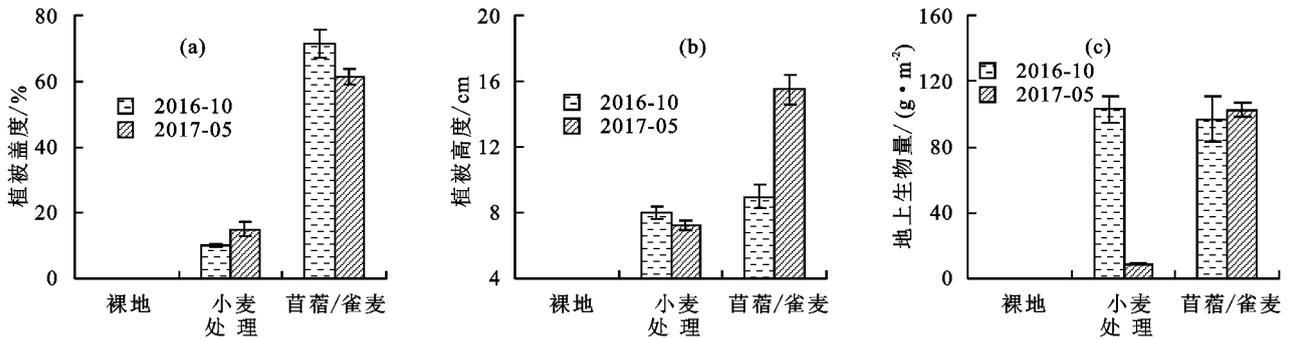


图3 植被特征指标比较

2.4 地表微环境相关指标比较

相关研究^[8,12]显示,植被覆盖通过提高地表粗糙度,减弱风对地表的吹蚀作用;植被覆盖还可提高地表土壤含水率,提高表土启动风速和抗风蚀能力。从地表粗糙度(图 4a)来看,秋末裸地地表粗糙度为 1.5 cm,牧草地和小麦地地表粗糙度分别为 2.1, 2.2 cm,分别比裸地提高 37.7%和 44.6%;翌年 5 月,裸地地表粗糙度仍最小,仅 0.5 cm,而小麦和牧草地分别是裸地的 3.6, 10.9 倍。从地表湿度(图 4b)来看,无论秋末还是初夏,其大小顺序均为牧草地 > 小麦地 > 裸地。

从土壤含水率(图 4c)来看,秋末牧草地最高,达 9.1%,小麦地次之,为 8.3%,裸地最小,为 8.1%;翌年 5 月,裸地仍最低,仅 7.8%,而小麦和牧草地分别较裸地高 16.1%和 23.7%。由于混播牧草地的地表粗糙度、湿度和土壤含水量均最大,小麦地次之,裸地最小,使得牧草覆盖区地表受到风力直接吹蚀作用最弱,加之地表土壤含水率(启动风速)又最高,从而使得牧草地抗风蚀能力最强,小麦地次之,裸地最弱,进而造成牧草地表土和有机质流失最少,小麦地次之,裸地最大。

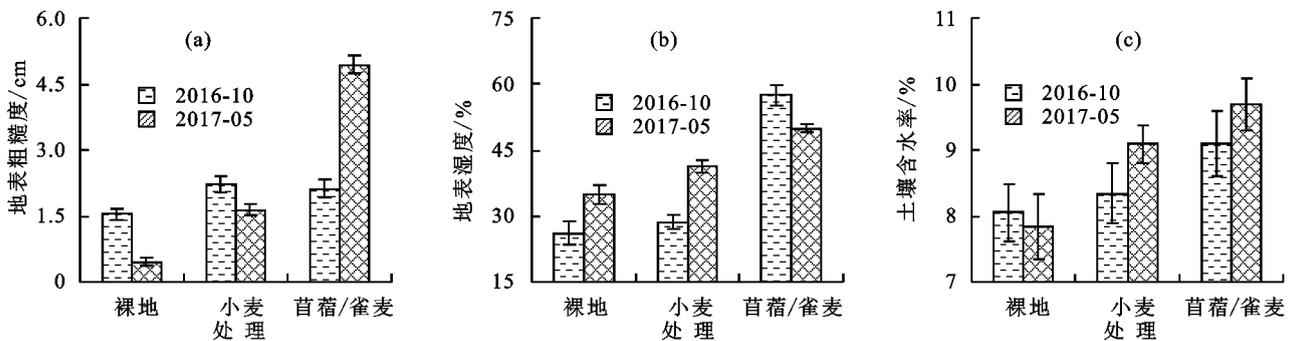


图4 地表微环境相关指标比较

2.5 各因素间的相关分析

由图 1a 可知,秦王川灌区风蚀最严重为 4 月,为此以 5 月初(5 月 1 日)测得数据为例进行分析(土壤有机质为 3 月中旬数据)。从表 1 可以看出,植被特征指标间均具有极显著正相关关系,相关性最强的为盖度与生物量($r = 0.975$);地表粗糙度与植被特征指标间呈极显著正相关关系,其大小表现为盖度 > 高度 > 生物量;表土风蚀量与植被特征指标间均为极显著负相关关系,其与盖度间负相关性最大($r = -0.824$),其

其次为地表生物量($r = -0.822$)和高度($r = -0.749$),说明植被盖度对表土流失影响最明显,其次为地表生物量和高度^[6]。从表 1 还可看出,土壤风蚀量与地表粗糙度间呈极显著负相关($r = -0.791$),说明地表粗糙度对土壤流失影响显著^[3,12];土壤风蚀量与土壤含水率间呈负相关,说明提高表土含水率可减弱土壤风蚀危害^[20];土壤有机质流失量与植被特征指标间均呈极显著负相关,说明提高地表植被覆盖可减少土壤有机质流失,其相关性大小表现为生物量 > 盖度 > 高度^[14]。

从表 2 可以看出,当植被盖度(x)每提高 1%,将使表土流失量(y)减少 4.1 g/m²,植被高度每升高 1 cm,土壤流失减少 15.3 g/m²,地表生物量每提高 1 g/m²,土壤流失减少 2.3 g/m²。由方程 R^2 可知,应用该方程所得结

果准确度分别可达 67.8%,56.1%和 67.5%;当植被盖度、高度和生物量分别降低 1%、1 cm 和 1 g/m²,将使土壤有机质流失量分别增加 59.3,206.5,34.0 mg/m²,该方程准确度分别达 56.3%,40.6%和 58.2%。

表 1 各因素间的相关分析

因素	盖度	高度	生物量	湿度	含水率	粗糙度	风蚀量	有机质流失量
盖度	1	0.969**	0.975**	0.902**	0.629*	0.989**	-0.824**	-0.751**
高度		1	0.908**	0.921**	0.665*	0.972**	-0.749**	-0.638**
生物量			1	0.845**	0.595*	0.969**	-0.822**	-0.763**
湿度				1	0.673*	0.891**	-0.722**	-0.668**
含水率					1	0.604*	-0.270	-0.227
粗糙度						1	-0.791**	-0.695**
风蚀量							1	0.970**
有机质流失量								1

注: * 表示不同因素间在 0.05 水平上相关性显著, ** 表示不同因素间在 0.01 水平上相关性极显著;样本数 $N=12$ 。

表 2 地表土壤及有机质流失量与植被特征指标间的数量关系

植被特征指标	表土风蚀量/(g·m ⁻²)			土壤有机质流失量/(mg·m ⁻²)		
	方程	R^2	p	方程	R^2	p
盖度/%	$y = -4.096x + 465.823$	0.678	0.001	$y = -59.3x + 6786.6$	0.563	0.005
高度/cm	$y = -15.261x + 476.162$	0.561	0.005	$y = -206.5x + 6827.4$	0.406	0.026
地上生物量/(g·m ⁻²)	$y = -2.304x + 447.280$	0.675	0.001	$y = -34.0x + 6541.6$	0.582	0.004

3 讨论

风蚀是干旱、半干旱地区土壤退化的主要驱动力,我国近 50% 国土面积受到土壤风蚀影响,其中北方农田影响最为严重,每年因风蚀弃耕农田达 9.1×10^7 hm²[10]。甘肃省作为我国北方生态安全屏障,其环境好坏将直接影响其他地区的生态环境建设。甘肃省秦王川灌区位于温带半干旱大陆性季风气候带,秋末冬初降雨稀少(年均降水量为 287 mm,且主要集中于 7 月底至 9 月初)、蒸发强烈(年均蒸发量高达 1 950 mm),地表非常干燥,再加上秋季冷空气频繁南侵,经常刮西北风,致使秋收后裸露农田土壤流失较严重;冬季,该区气温低(最低达 -20℃),地表冻结,大风天气较少,风蚀危害轻,土壤流失也较少;至春季,温度快速升高,土壤解冻,春播农作物使耕地表土疏松,加之紧邻腾格里沙漠,气候干燥,有风天气增多,耕地表土极易被风干,从而使农田风蚀加重,土壤流失量非常大,整个风蚀季节(9 月至翌年 6 月)农田土壤流失表现为秋季较强、冬季减弱、春季又明显加剧的特点。类似研究如赵彩霞等[21]在内蒙古武川县(41°N)研究植被覆盖变化与防风蚀关系时发现,该区种植作物农田每年土壤流失达 3.5 kg/m²,并存在 2 个风蚀高峰期(春季和秋季),其中春季(2—4 月)风蚀危害最严重,秋末(10—12 月)风蚀量仅比春季少 14.9%;李昂等[3]研究甘肃酒泉农田风蚀时也发现相似的风蚀动态,因酒泉(39°N)位于秦王川灌区(36°N)北部,农田土壤流失量也较秦王川灌区严重;王仁德[9]在研究北京平原区农田时发现,秋末和春季为风

蚀高峰期,春季强于秋末;其中 3—5 月和 9—11 月降尘量分别占全年降尘量的 39% 和 18%,秋末降尘量占春季的 46%。综上可知,本试验得出的秦王川灌区农田土壤流失规律与先前研究者[3,9,21]在北方其他地区所得结论相一致。

从风蚀最严重时间段来看(图 1),秦王川灌区 3—5 月风蚀危害最严重,土壤流失占总流失量的 53.5%,说明该区防治风蚀关键期在春季;另外,9—11 月土壤流失占总流失量的 27.9%,10 月土壤流失量为最严重 4 月的 44.9%,说明秋季风蚀危害也不容忽视,而这段时间土壤风蚀常常被忽视。这与赵彩霞等[21]、王仁德等[9]和李昂等[3]的研究结果类似,却与肖红浪[15]所得结论不一致。据 1995 年肖红浪[15]对刚运行的秦王川灌区农田风蚀测定结果显示,尽管冬季并不是最大风季,但却是该区风蚀危害最严重时期,如 12 月日均土壤风蚀量达 2 t/hm²,每年风蚀量达 106 t/hm²,即每年流失 12.8 mm 厚表土[15]。本研究结果显示,秦王川灌区裸地年流失土壤达 1.7 kg/m²,即一个风蚀季被风吹蚀表土厚 1.3 mm,相比肖红浪[15]测定结果灌区风蚀危害有了明显降低,且风蚀危害最严重时期也发生显著变化。可能的原因是:随着多年灌溉,灌区农田周边栽种树木长大、长粗,防风林网形成,从而显著降低该区农田风速和大风次数;另外,长期浇灌导致地下水位上升,土壤含水率提高,从而也提高了耕地抗风蚀能力。

从图 1 还可看出,在风蚀最严重的 3—5 月,春播小麦地的土壤流失量与裸地类似,说明该区春季播种作物不利于防治土壤风蚀。原因是春季土壤解冻,经过人为

翻动后地表疏松,加之该区气候干燥,有风天气较多,从播种至苗齐前地表裸露,土壤被风干吹蚀,极易造成表土流失,故春播地的风蚀危害与裸地类似。赵彩霞等^[21]研究也发现,在防风蚀的作用效应中多年生牧草>作物>一年生牧草。种植一年生牧草防风蚀效应差的原因是牧草播种还是在春季,加之牧草种子一般较小,幼苗生长较作物慢,土壤裸露时间较作物(如春小麦)长所致,故秦王川灌区若采取种植一年生牧草来防治土壤风蚀,其效果并不如种植农作物。

本试验研究结果表明,种植小麦和牧草后可使土壤有机质分别提高 13.6% 和 14.6%;当耕地裸露一个风蚀季节可造成表土有机质流失达 236.2 kg/hm²,而种植小麦和多年生牧草地在植被保护下,有机质流失较裸地分别减少 12.2% 和 50.7%。其原因是:种植作物或牧草后地表枯枝落叶和死亡根系进入土壤,从而使得土壤有机质含量提高;秋末在植物根茬覆盖作用下,风蚀季节土壤流失减小,相应减少了土壤有机质损失,从而能缓慢改善耕地土壤质量。彭佳佳等^[22]研究结果显示,当沙化草地经过 8 年围栏禁牧后可使土壤有机质和全氮含量增加 95.6% 和 100%;陈林等^[23]研究结果表明,种植苜蓿可促进土壤细粒化;0—20 cm 土层活性有机碳随种植年限增加呈升高趋势。据此推断,种植豆禾混播牧草可改善秦王川灌区土壤质量;尽管效果比较缓慢,但经多年生态保育可使耕地质量得到显著提高。从以上分析可以看出,为防治土壤风蚀危害,该区需调整种植模式,尽量减少春播作物面积;从区域生态景观分析,秦王川灌区地带性景观为丛生禾草正常干旱荒漠草原^[15],尽管灌区有效缓解了用水困难,但恶劣的地理环境及从全国和当地可持续发展角度考虑,该区应在生态环境不损害的前提下发展经济建设,即应农牧并重、粮草轮作发展循环农业。自 20 世纪 60 年代以来,甘肃在黄河及其支流相继建成多个提灌工程,农业生产条件得到极大改善;但随着承载量增加,农田扰动频繁,土地风蚀危害也日趋严重。由于这些灌区土壤质地、气候条件和农业种植模式基本相似,本试验采用豆禾混播牧草改善耕地质量的研究成果,完全可在这些沿黄灌区耕地上进行“粮草轮作”推广和复制,从而达到改善耕地质量,实现“藏粮于地”的国家战略。

4 结论

(1)秦王川灌区农田土壤流失呈秋末冬初流失较多、冬季较小、春季又明显增强的“U”形曲线模式,风蚀季节出现 2 个风蚀高峰期,其中 3—5 月风蚀危害最严重,9—11 月风蚀危害也不容忽视。

(2)耕地裸露造成表土年均流失 1.7 kg/m²(即 1.3 mm 厚表土),土壤有机质含量损失 236.2 kg/hm²;而种植小麦和豆禾混播牧草后可分别减少表土流失 20.1% 和

52.3%,土壤有机质含量损失分别减少 12.2% 和 50.7%。

(3)种植春小麦农田春季风蚀危害与耕地裸露相同,不利于防治土壤风蚀危害,而种植多年生豆禾混播牧草可显著减弱农田土壤流失和养分损失,提高耕地土壤质量,实现农田生态保育。

另外,植物庞大的根系在土壤中的穿插作用改善了土壤结构,丰富的根系分泌物提高了土壤颗粒间有机质的胶结作用,也使土壤抗风蚀能力提高,这也是今后需要进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] 杨彩红,王军强,柴强,等.民勤绿洲区撂荒农耕地抗风蚀效果[J].水土保持学报,2019,33(1):57-61.
- [2] 中国农业部.我国出现沙尘暴的尘源主要来自农田[EB/OL].(2008-07-30).http://www.chinanews.com/gn/news/2008/07-30/1329140.shtml.
- [3] 李昂,高天鹏,张鸣,等.西北风蚀区植被覆盖对土壤风蚀动态的影响[J].水土保持学报,2014,28(6):120-123.
- [4] Xie Y, Lin H H, Ye Y, et al. Changes in soil erosion in cropland in northeastern China over the past 300 years[J].Catena,2019,176:410-418.
- [5] Yan Y C, Wang X, Guo Z J, et al. Influence of wind erosion on dry aggregate size distribution and nutrients in three steppe soils in northern China[J].Catena,2018,170:159-168.
- [6] Yan Y C, Xin X P, Xu X L, et al. Quantitative effects of wind erosion on the soil texture and soil nutrients under different vegetation coverage in a semiarid steppe of northern China[J].Plant and Soil,2013,369:585-598.
- [7] Li F R, Zhao W Z, Liu J L, et al. Degraded vegetation and wind erosion influence soil carbon, nitrogen and phosphorus accumulation in sandy grasslands[J].Plant and Soil,2009,317:79-92.
- [8] 移小勇,赵哈林,李玉霖,等.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.
- [9] 王仁德,邹学勇,赵婧研,等.北京市平原区农田土壤侵蚀特征分析[J].水土保持学报,2011,25(1):20-24.
- [10] 苑依笑,王仁德,常春平,等.风蚀作用下农田土壤细颗粒的粒度损失特征及其对土壤性质的影响[J].水土保持学报,2018,32(2):104-109.
- [11] 李昂,张鸣,蔺海明,等.种植甘草预防土壤风蚀效应[J].草业科学,2014,31(5):839-843.
- [12] 孙铁军,肖春利,滕文军.不同草地建植模式对荒地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.
- [13] 李昂,吴应珍,陈伟,等.甘草植被覆盖对西北风蚀区农田土壤养分及风蚀的影响[J].生态与农村环境学报,2016,32(2):295-301.
- [14] 李昂,张鸣,陈映全,等.西北风蚀区种植甘草对农田土壤质地及碳、氮含量的影响[J].水土保持学报,2016,30(5):286-290.

- 278-286.
- [6] 匡恩俊,迟凤琴,宿庆瑞,等.3种腐熟剂促进玉米秸秆快速腐解特征[J].农业资源与环境学报,2014,31(5):432-436.
- [7] 孙旭,汝超杰,苏良湖,等.3种秸秆腐熟剂微生物组成及其腐熟效果[J].江苏农业科学,2018,46(3):212-215.
- [8] Jusoh M L C, Manaf L A, Latiff P A. Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality[J]. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering, 2013, 10: 17-25.
- [9] 庞赆信,李腾飞,陈义胜,等.矿物质添加剂对玉米秸秆粉末催化热解特性的影响[J].农业工程学报,2018,34(14):221-226.
- [10] 徐学池,苏以荣,王桂红,等.秸秆还田配施氮肥对喀斯特农田微生物群落及有机碳矿化的影响[J].环境科学,2019,40(6):2912-2919.
- [11] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999.
- [12] 翟修彩,刘明,李忠佩,等.不同添加剂处理秸秆腐解产物对土壤生物活性和花生苗生长的影响[J].土壤通报,2014,45(4):925-929.
- [13] Smider B, Singh B. Agronomic performance of a high ash biochar in two contrasting soils [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2014, 191: 99-107.
- [14] 姚名泽,成自勇,王峰,等.不同灌溉制度对机采棉水分运移、产量及品质的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(6):67-72.
- [15] 冉冬梅,白善军,曹炳宏.4种秸秆腐熟剂的腐熟效果比较[J].现代农业科技,2017(13):193-194.
- [16] Fernández-Gálvez J, Gálvez A, Peña A, et al. Soil hydrophysical properties resulting from the interaction between organic amendments and water quality in soils from Southeastern Spain: A laboratory experiment[J]. Agricultural Water Management, 2012, 104: 104-112.
- [17] 马斌,刘景辉,杨彦明.连续施用保水材料对旱作条件下土壤特性及燕麦生长的影响[J].生态学报,2017,37(17):5650-5661.
- [18] 陈天助.深埋秸秆和覆膜对田间土壤水分分布及玉米产量的影响研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2017.
- [19] 董博,周欢,蔡立群,等.免耕条件下不同有机物料还田对土壤有机碳及微生物量碳含量的影响[J].甘肃农业科技,2015(1):12-14.
- [20] 薄欣,臧淑英,张玉兰,等.松嫩平原北部不同含水量梯度下土壤有机碳含量空间特征分析[J].城市地理,2017(4):130.
- [21] Qu X J, Wu J G, Zhao J H, et al. Effects of solid organic wastes on soil particulate organic carbon structure under different water conditions[J]. Clean Soil Air Water, 2019, 47(8): 1-9.
- [22] 张莉,李玉义,逢焕成,等.玉米秸秆颗粒还田对土壤有机碳含量和作物产量的影响[J].农业资源与环境学报,2019,36(2):160-168.
- [23] 张先凤,朱安宁,张佳宝,等.耕作管理对潮土团聚体形成及有机碳积累的长期效应[J].中国农业科学,2015,48(23):4639-4648.
- [24] 高洪军,彭畅,张秀芝,等.不同秸秆还田模式对黑钙土团聚体特征的影响[J].水土保持学报,2019,33(1):75-79.
- [25] Six J, Elliott E T, Paustian K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32: 2099-2103.
- [26] 田平,姜英,孙悦,等.不同还田方式对玉米秸秆腐解及土壤养分含量的影响[J].中国生态农业学报,2019,27(1):100-108.
- [27] 张经廷,张丽华,吕丽华,等.还田作物秸秆腐解及其养分释放特征概述[J].核农学报,2018,32(11):2274-2280.
- [28] 李艳,李玉梅,刘峥宇,等.秸秆还田对连作玉米黑土团聚体稳定性及有机碳含量的影响[J].土壤与作物,2019,8(2):129-138.
- [15] 肖红浪.甘肃秦王川大规模农垦中土壤风蚀与养分、盐分变化[J].土壤通报,1998,29(4):148-150.
- [16] 李昂,吴应珍,叶鹤琳,等.种植小麦与牧草对西北风蚀区秦王川灌区粉砂壤土风蚀的影响[J].生态与农村环境学报,2018,34(6):535-540.
- [17] 缙倩倩,韩致文,屈建军,等.秦王川灌区农田土壤盐分离子特征分析[J].土壤,2014,46(1):100-106.
- [18] 李昂,张鸣,张建,等.西北干旱灌区种植春小麦和牧草对耕地盐渍化的影响[J].水土保持通报,2018,38(3):32-37.
- [19] Li A, Niu K C, Du G Z. Resource availability, species composition and sown density effects on productivity of experimental plant communities [J]. Plant and Soil, 2011, 344(1): 177-186.
- [20] 海春兴,刘宝元,赵焯.土壤湿度和植被盖度对土壤风蚀的影响[J].应用生态学报,2002,13(8):1057-1058.
- [21] 赵彩霞,郑大玮,何文清.植被覆盖度的时间变化与其防风蚀效应[J].植物生态学报,2005,29(1):68-73.
- [22] 彭佳佳,胡玉福,肖海华,等.生态修复对川西北草地土壤有机质和氮素的影响[J].干旱区资源与环境,2015,29(5):149-153.
- [23] 陈林,杨新国,宋乃平,等.荒漠草原区不同粒径土壤理化性质对苜蓿种植年限的响应[J].水土保持学报,2014,28(2):105-111.

(上接第244页)