

# 黄土丘陵区不同农田类型土壤抗蚀性分异研究

马海龙<sup>1</sup>, 金晓琴<sup>3</sup>, 刘国彬<sup>1,2</sup>, 薛 薏<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学  
水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 陕西省留坝县天保工程管理中心, 陕西 留坝 724100)

**摘 要:**在典型侵蚀环境纸坊沟流域内选取不同农田类型土壤为研究对象,分析了土壤主要理化指标和抗蚀性的演变特征。结果表明:黄土丘陵区不同农田类型土壤化学性质和抗蚀性差异较大,土壤化学性质以坡耕地最低,大棚菜地最高,土壤有机碳、全氮、碱解氮和速效钾含量由高到低依次为:大棚菜地>川地>梯田>坝地>沟台地>坡耕地;总体而言,与坡耕地相比,沟台地、川地、坝地、大棚和梯田可以明显增加土壤抗蚀能力,其中沟台地和川地要好于坝地、大棚和梯田。从土壤经营管理角度分析,其它几种农田类型较坡耕地相对更为科学,可以显著增加土壤肥力和提高土壤抗蚀性能。

**关键词:**黄土丘陵区; 农田类型; 土壤抗蚀性

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)02-0005-04

## Change in Soil Anti-erodibility of Different Farmland Types in Loess Hilly Region

MA Hai-long<sup>1</sup>, JIN Xiao-qin<sup>3</sup>, LIU Guo-bin<sup>1,2</sup>, XUE Sha<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
3. Management Center of Natural Forest Conservation Project of Liuba County, Liuba, Shaanxi 724100, China)

**Abstract:** Small Zhifanggou watershed in typical erosion environment was regarded as study case, and the soil samples of different farmland types were selected. Several indices were analyzed such as physical and chemical properties, and anti-erodibility. The results showed that physico-chemical properties and anti-erodibility differed significantly. The poor chemical properties were found in slope cropland and the best properties were found in the greenhouse vegetable land. Organic carbon, total nitrogen, available N and available K behaved similarly, the greenhouse vegetable land was the highest, followed by flat field, terrace, dam land and gully land, the sloping cropland was the lowest. Compared with the sloping cropland, other farmland types had a better soil physical and chemical properties and anti-erodibility. Among these types, gully land and flat field increased more drastically than terrace, dam land and greenhouse vegetable land. The results suggested that other farmland types were managed more scientifically, and had a better soil fertile as well as anti-erodibility compared to the sloping cropland.

**Key words:** loess hilly region; farmland types; soil anti-erodibility

黄土高原以其深厚的黄土层和严重的水土流失而闻名于世,长期以来由于滥垦、滥伐和滥牧,造成该地区坡耕地大量增加,而这种不合理的土地经营方式导致了该区域生态环境的进一步恶化。近年来,以实现区域生态系统健康发展为目标,在该地区开展了一系列的生态治理研究,逐步形成了多种各具特色的水

土保持型生态农业用地模式<sup>[1]</sup>。土壤质量是评价这些模式生态经济效益的一个重要方面,监测其变化方向、幅度和持续时间是农业土地管理的重要内容<sup>[2-3]</sup>。土壤抗蚀性(Soil anti-erodibility)是土壤质量的重要指标之一,是指土壤对侵蚀营力分散和搬运作用的抵抗能力,即土壤对侵蚀的易损性或敏感性的倒数,是

收稿日期:2012-06-05

修回日期:2012-11-20

资助项目:陕西省科学技术研究发展计划项目(2011KJXX63, 2011JQ5007);西北农林科技大学 2009 年基本科研业务费青年项目资助计划(QN2009080)

作者简介:马海龙(1988—),男,内蒙古乌兰察布市人,硕士研究生,主要从事流域生态研究。E-mail:mahailong8166@163.com

通信作者:刘国彬(1958—),男,陕西榆林人,博士,研究员,主要从事生态恢复和流域管理研究。E-mail:gbliu@ms.iswc.ac.cn

反映土壤是否易受侵蚀动力破坏的指标<sup>[4-5]</sup>。土壤抗蚀性作为评定土壤抵抗土壤侵蚀能力的重要参数之一,与土壤内在理化性质关系密切,其大小主要取决于土壤对水的亲和力以及土粒间的胶合力<sup>[6]</sup>。目前,针对黄土丘陵区不同农田类型土壤抗蚀性的研究相对较少,因此本文以典型侵蚀环境下的纸坊沟流域不同类型农田土壤为研究对象,分析土壤抗蚀性的分异特征,旨在为该地区生态治理过程中土壤质量评价和农业可持续发展提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于陕西省安塞县纸坊沟流域(109°13′46″—109°16′03″E,36°46′42″—36°46′28″N),处于暖温带落叶阔叶林向干草原过渡的森林草原带。该区地形破碎,沟壑纵横,属黄土高原丘陵沟壑地貌,暖温带半干旱季风气候,海拔 1 010~1 400 m,年均气温 8.8℃,年平均降水量 505.3 mm。土壤类型以黄土母质上发育而成的黄土正常新成土为主,抗冲抗蚀能力差。纸坊沟流域是中科院安塞水土保持试验站生态恢复定位试验研究小流域,经过 30 多年的水土保持综合治理,在该流域内形成了较为全面的土地利用方式和农田土地利用类型。

### 1.2 样品采集及分析

在流域内选择营造和管理方法相近,土壤与成土母质类型相同的农田类型为样地(表 1)。这些样地(除大棚以外)的水分来源主要依靠天然降雨,所有作物秸秆以能源材料或者牲畜饲料形式被利用,不回田,根茬通过犁地挖掘等方式取出并就地焚烧回田。采样时避开施肥期和施肥点。在每个样地中选取 3 个研究小区,每个小区之间相隔大于 30 m,在每个小区按 S 型选取 6 个点,用土钻法取 0—20 cm 混合土样,因为样方间的距离超过了绝大多数土壤理化性质和微生物性质的空间依赖性<sup>[7]</sup>,所以上述样方可以看作是重复。土壤样品带回室内充分混匀后风干、过 1 mm 和 0.25 mm 筛后测定其基本化学性质<sup>[8]</sup>,同时用铝饭盒多点(4~6 点)采集 0—20 cm 表层有代表性的原状土样,保持其原有结构状态,运回室内,沿土壤的自然结构轻轻剥开,剥成直径为 10~20 mm 的小土块,并剔去粗根和小石块,在室温下风干备用。

#### 1.2.1 土壤化学性质测定

(1) 全氮(TN)采用半微量凯氏法测定;(2) pH 值采用 pH 计测定,水土比为 2.5 : 1;(3) 土壤全磷采用碳酸钠熔融—钼锑抗比色法;(4) 速效磷用 Olsen 法测定;(5) 速效钾用乙酸铵提取—火焰光度

法;(6) 有机碳用重铬酸钾氧化外加热法。

表 1 样地基本特征

农田类型	样地数/个	土壤类型	作物
大棚	3	黄绵土	西红柿、黄瓜等
川地	1	黄绵土	玉米
梯田	4	黄绵土	玉米
坝地	1	黄绵土	玉米
沟台地	1	黄绵土	玉米
坡耕地	2	黄绵土	谷子

1.2.2 土壤理化性质及抗蚀性测定 土壤结构用干湿筛法,干筛采用沙维诺夫法<sup>[9]</sup>,湿筛采用改进的约得(Yoder)法<sup>[10]</sup>;土壤颗粒及微团聚体采用英国马尔文公司生产的 MS 2000 型激光粒度仪测定,土壤有机质采用重铬酸钾氧化外加热法。文中各项有关数据计算公式如下<sup>[11]</sup>:

$$\text{结构体破坏率} = \frac{\phi_{0.25\text{ mm团粒}}(\text{干筛}-\text{湿筛})}{\phi_{0.25\text{ mm团粒}}(\text{干筛})} \times 100\%$$

$$\text{团聚状况} = \phi_{0.05\text{ mm微团聚体}} - \phi_{0.05\text{ mm机械组成}}$$

$$\text{团聚度} = \frac{\text{团聚状况}}{\phi_{0.05\text{ mm机械组成}}} \times 100$$

$$\text{分散系数} = \frac{<0.001\text{ mm 微团聚体分析值}}{<0.001\text{ mm 机械组成分析值}}$$

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤化学性质

土壤化学属性是土壤质量的重要组成部分,反映了土壤的营养状况,是度量土壤生长潜势的指标。对土壤化学性质的分析表明,黄土丘陵区不同农田类型土壤化学性质差异较大(表 2),其中以坡耕地最低,大棚菜地最高,土壤有机碳、全氮、碱解氮和速效钾含量由高到低均表现为:大棚菜地>川地>梯田>坝地>沟台地>坡耕地;前 5 种农地类型土壤有机碳和全氮分别是坡耕地的 1.43~4.80 倍和 1.46~5.2 倍;全磷和速效磷大小顺序略有差异,所不同之处为沟台地略高于梯田和坝地。土壤化学性质较易受外界环境因素的影响,耕作的精细化程度、土壤侵蚀等多种因素都会使土壤化学性质发生改变,坡耕地由于粗放式管理和水土流失的作用,土壤养分流失严重,化学性质低下;经土地整治改为其它几种农田类型后,有效地降低了坡度,使水分就地入渗,减弱了土壤侵蚀的作用,使养分流失减少,加之耕作经营的精细化,有机和无机肥料的投入,促进了物质元素的积累,土壤碳、氮、磷、钾等元素含量增加,土壤化学性质显著改善。其中大棚菜地由于高强度的物质输入,土壤肥力显著改善,碳、氮、磷含量较其它利用方式明显增加,pH 值明显降低。川地由于良好的地形和较高的水

分条件,对其耕作相对较为精细,土壤养分的积累较为明显,其含量相对较高。由于该地区农田经营管理方法的相似性,梯田、坝地和沟台地土壤化学性质整

体差异不大,但相对于坡耕地,这三者的养分流失较少,土壤化学性质高于坡耕地,表明这三种农田类型较坡耕地对土壤养分的积累作用明显。

表 2 不同农田类型土壤化学性质

样地	有机碳/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	全磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	C/N	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	pH(H <sub>2</sub> O, 1:2.5)	CaCO <sub>3</sub> / (g·kg <sup>-1</sup> ±)
大棚	12.0±2.65	1.52±0.37	102.6±30.24	0.956±0.23	72.19±24.54	7.90±0.36	428.36±54.68	8.18±0.26	88.03±0.86
川地	5.05±0.09	0.60±0.05	45.46±4.17	0.654±0.03	12.45±0.54	8.40±0.82	186.89±13.70	8.66±0.04	101.72±0.78
梯田	4.41±1.47	0.542±0.19	37.00±16.88	0.612±0.03	4.06±1.86	8.13±0.92	148.81±40.29	8.67±0.09	106.66±4.34
坝地	3.40±0.42	0.442±0.07	23.56±0.83	0.563±0.02	4.09±0.42	7.70±0.21	124.66±4.72	8.75±0.04	95.66±0.90
沟台地	3.59±0.17	0.426±0.04	23.23±1.33	0.604±0.02	7.32±0.28	8.44±0.35	126.16±7.84	8.67±0.09	101.18±2.30
坡耕地	2.62±0.17	0.33±0.05	19.25±2.34	0.56±0.02	1.82±0.25	8.04±0.76	97.77±10.85	8.71±0.04	106.74±1.53

注:大棚、川地、梯田、坝地、沟台地和坡耕地样点数分别为 3,1,4,1,1,2,表中所列数据为平均值。

2.2 土壤物理性状及抗蚀性

土壤物理特征是反映土壤基本性状和结构的指标,土壤容重是土壤物理的一个重要指标,其大小受质地、结构性和松紧度等因素的影响,对不同农田类型土壤物理性状的分析表明(表 3),大棚、川地、坝地的土壤容重重要高于梯田、沟台地和坡耕地,这主要是由于川地和大棚菜地施肥量较大,管理较为精细,有机物质的粘结性更强,容重较大,坝地的容重较高可能是由于坝地土壤是土壤侵蚀的产物,随着侵蚀物的沉积,形成了具有自身特征的土壤结构,表现为容重较大。土壤抗蚀性是指土壤抵抗径流水对其分散和悬浮的能力,是影响土壤侵蚀的重要因子,通常主要通过土壤团聚体组成、水稳性团聚体组成、微团聚体组成等进行表征。土壤大团聚体是土壤结构最基本的单元,是土壤肥力的中心调节器,主要包括水稳性团聚体和非水稳性团聚体,其具有保证和协调土壤中的水肥气热、维持和稳定土壤疏松熟化层等作用,在一定程度上表征土壤的通气性与抗蚀性<sup>[12]</sup>。不同农田类型土壤大团聚体含量在 83%~97%,整体变幅不

大;水稳性团聚体含量在 12%~51%,整体值偏小,这主要是由于长期耕作造成土壤大团聚体结构破坏,而在不同农田类型中,以坡耕地的水稳性团聚体最小,这主要是由于水土流失造成地表裸露,有机质不能有效地归还到土壤中,造成土壤黏结度降低,制约了土壤大团聚体的形成,使结构体很难得到恢复,水稳性团聚体含量极低;梯田水稳性团聚体较低的原因是由于样地中包含一个当年新修梯田,从而显著地降低了其含量,而修建多年以后的梯田水稳性团聚体含量则显著增加。土壤微团聚体与土壤有机质含量和质地有密切关系<sup>[13]</sup>,在有机物缺乏、团粒结构很难形成的土壤中常作为土壤肥力水平的主要判据之一,特别是在团粒结构水稳性较差的黄土高原区,土壤微团聚体的数量和质量(稳定性、大小等)对于改善土壤结构有着重要的作用,其中<1 μm 的微团聚体含量和大团聚体的团聚作用紧密相关。由表 3 可以看出,<1 μm 微团聚体含量在 1.8%~3.8%之间,除大棚外,其他农田类型均高于坡耕地,但整体变幅并不大,这可能是黄绵土的特性和该区域耕作措施共同作用的结果。

表 3 不同农田类型土壤物理性状及抗蚀性

样地	体积质量/ (g·cm <sup>-3</sup> )	大团聚体/ %	水稳性团 聚体/%	<1 μm 微团 聚体/%	土壤团 聚度/%	土壤分散 系数	土壤结构 系数	土壤结构 破坏率/%
大棚	1.42±0.12	—	—	2.42±0.63	23.56±8.44	74.58±15.25	25.42±15.25	—
川地	1.37±0.07	92.81±4.47	46.03±2.58	3.18±0.25	27.26±1.19	31.84±2.17	68.16±2.17	52.46±4.76
梯田	1.17±0.03	83.83±0.85	22.40±10.41	2.99±0.16	8.92±6.03	80.70±9.79	19.31±9.79	73.37±12.08
坝地	1.33±0.03	86.91±6.17	47.93±2.61	2.98±0.36	12.12±2.48	71.07±5.38	28.93±5.38	48.73±4.34
沟台地	1.18±0.03	86.40±1.28	39.30±1.91	3.28±0.46	23.15±3.49	28.50±2.28	71.50±2.28	54.11±4.12
坡耕地	1.14±0.03	87.92±1.41	12.66±0.11	2.72±0.01	10.71±0.41	87.91±0.87	12.09±0.87	85.60±1.49

注:大棚、川地、梯田、坝地、沟台地和坡耕地样点数分别为 3,1,4,1,1,2,表中所列数据为平均值。

土壤结构是维持土壤功能的基础<sup>[14]</sup>,其稳定性是土壤结构的重要性质,主要体现在土壤团聚度、分散系数、结构系数和结构体破坏率。土壤结构系数是评价土壤形成微团聚体的能力和土壤微团聚体稳定性的指标,也是评价土壤抗蚀性的重要指标,结构系数

越大,抗蚀能力越强<sup>[15]</sup>。土壤分散系数也可以表达土壤的抗蚀能力,分散系数越小,表示土壤抵抗侵蚀能力越强;反之,分散系数越大,表示土壤抗侵蚀能力越弱。黄土丘陵区不同农田类型土壤可蚀性因子差异较大(表 3),土壤团聚度大小依次为:川地>大棚>沟

台地>坝地>坡耕地>梯田,分散系数依次为:坡耕地>梯田>大棚>川地>坝地>沟台地,结构系数与分散系数的大小顺序正好相反,土壤体破坏度大小依次为:坡耕地>梯田>沟台地>川地>坝地;通过分析可以看出,总体上前几种农地类型较坡耕地可以明显增加土壤抗蚀能力,其中沟台地和川地要好于坝地、大棚和梯田。

### 2.3 土壤抗蚀性与理化性质相关性分析

对土壤抗蚀性指标与理化性质进行相关性分析

(表 4),结果表明:容重和土壤化学养分因子相关性较强,和有机碳、全氮、速效磷、速效钾呈显著或极显著正相关,和  $\text{CaCO}_3$  呈极显著负相关; $<1\ \mu\text{m}$  微团聚体含量和有机碳、全氮、碱解氮、全磷、速效磷呈显著负相关,和 pH 值呈极显著正相关;水稳性团聚体含量、土壤结构体破坏率和速效磷、 $\text{CaCO}_3$  相关性达到显著或极显著水平;团聚度仅和 pH 值呈显著负相关;大团聚体含量、分散系数、结构系数和化学性质相关性较弱。

表 4 土壤抗蚀性指标与化学性质相关性分析

项目	容重	大团聚体 含量	水稳性团聚 体含量	$<1\ \mu\text{m}$ 微团 聚体含量	土壤团 聚度	土壤分散 系数	土壤结构 系数	土壤结构体 破坏率
有机碳	0.629*	0.081	0.537	-0.664*	0.501	-0.022	0.022	-0.570
全氮	0.609*	-0.022	0.490	-0.707*	0.496	-0.007	0.007	-0.535
碱解氮	0.560	-0.032	0.326	-0.667*	0.442	0.012	-0.012	-0.355
全磷	0.440	-0.075	0.440	-0.763**	0.539	-0.092	0.092	-0.485
速效磷	0.600*	0.506	0.731*	-0.706*	0.571	-0.046	0.046	-0.716*
速效钾	0.823**	0.123	0.568	-0.459	0.455	0.094	-0.094	-0.596
pH 值	-0.541	0.002	-0.302	0.780**	-0.583*	0.067	-0.067	0.339
$\text{CaCO}_3$	-0.863**	-0.633	-0.893**	0.421	-0.502	0.112	-0.112	0.884**

注: \* 表示差异达显著水平( $P<0.05$ ), \*\* 表示差异达极显著水平( $P<0.01$ )。

## 3 结 论

黄土丘陵区不同农田类型土壤化学性质和抗蚀性差异较大,土壤化学性质以坡耕地最低,大棚菜地最高,土壤有机碳、全氮、碱解氮和速效钾含量由高到低依次为:大棚菜地>川地>梯田>坝地>沟台地>坡耕地;不同农田类型土壤物理性质和抗蚀性差异较大,总体沟台地、川地、坝地、大棚和梯田较坡耕地可以明显提高土壤抗蚀能力,其中沟台地和川地要好于坝地、大棚和梯田。相关性分析表明, $<1\ \mu\text{m}$  微团聚体含量、容重与土壤化学性质相关性较为密切。综上,相对于坡耕地,其它几种农田类型经营管理较坡耕地相对更为科学,可以显著增加土壤肥力和提高土壤抗蚀性能。

### 参考文献:

[1] 戴全厚,刘国彬,刘普灵,等. 黄土丘陵区中尺度生态系统健康评价方法探索[J]. 中国农业科学,2005,38(5):990-998.

[2] Hartemink A E. Soil chemical and physical properties as indicator of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea[J]. Geoderma,1998,85(4):283-306.

[3] Wang X, Gong Z. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China[J]. Geoderma,1998,81(3):339-355.

[4] 丁文峰,李占斌. 土壤抗蚀性的研究动态[J]. 水土保持科技情报,2001,1(1):36-39.

[5] 阮伏水. 关于土壤可蚀性指标的讨论[J]. 水土保持通报,1996,16(6):68-72.

[6] 胡建忠,范小玲. 黄土高原沙棘人工林地土壤抗蚀性指标探讨[J]. 水土保持通报,1998,18(2):25-30.

[7] Marriott C A, Hudson G, Hamilton D, et al. Spatial variability of soil total C and N and their stable isotopes in upland Scottish grassland[J]. Plant Soil,1997,196(1):151-162.

[8] 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.

[9] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京:中国标准出版社,1996.

[10] 刘国彬. 黄土高原土壤抗冲性研究及有关问题[J]. 水土保持研究,1997,4(5):91-101.

[11] 中科院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.

[12] 史奕,陈欣,沈善敏. 土壤团聚体的稳定机制及人类活动的影响[J]. 应用生态学报,2002,13(11):1491-1494.

[13] 史奕,陈欣,沈善敏. 有机胶结形成土壤团聚体的机理及理论模型[J]. 应用生态学报,2002,13(11):1495-1498.

[14] 郑昭佩,刘作新. 土壤质量及其评价[J]. 应用生态学报,2003,14(1):131-134.

[15] 高雪松,邓良基,张世熔. 不同利用方式与坡位土壤物理性质及养分特征分析[J]. 水土保持学报,2005,19(2):53-56.