

## 土壤有机质与水土流失的关系定量研究<sup>\*</sup>

杨 才 敏

(山西省水土保持科学研究所,太原 030013)

**摘 要:**土壤中有有机质含量的多少是衡量土壤肥力高低的主要指标。水土流失对土地生产力的破坏,实质在于土壤肥力的下降或损失。为了探讨土壤有机质与水土流失的定量关系,在王家沟流域 10~12°坡耕地上进行了 4 a 的定位试验。结果表明,每年 1 hm<sup>2</sup> 施入有机肥料 30 000~75 000 kg,可以减少径流量 4.8~12.4 个百分点,减少土壤侵蚀量 31.5%~35.4%。

**关键词:**土壤有机质;水土流失;有机肥料;坡耕地;王家沟流域

**中图分类号:**S157.1;S153.62

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2008)05-0177-03

## Quantitative Study on the Relation of Soil Organic Content and Soil and Water Losses

YANG Cai-min

(Institute of Soil and Waer Conversion of ShanXi, TaiYuan 030013, China)

**Abstract:** The soil organic content is the main index of measuring soil fertility. The essence of soil and water losses to land productivity's damage is the loss or decline in soil fertility. In order to study the quantitative relation of soil organic content and soil and water losses, we had done a four year experiment on the sloping land of 10~12° in wangjiagou watershed. The result show that it can reduce runoff 4.8~12.4 percent and amount of soil erosion 31.5%~35.4% if executing into the organic fertilizer 30 000~75 000 kg/(hm<sup>2</sup>·a).

**Key words:** soil organic content; soil and water losses; the organic fertilizer; sloping land; Wangjiagou watershed

水土流失对土地生产力的破坏,实质在于土壤肥力的下降或损失。而土壤肥力的高低,又取决于土壤有机质含量的多少。在黄土高原地区,约 70% 的农耕地为坡耕地,水土流失十分严重。据山西省水土保持科学研究所多年的研究资料,黄土丘陵沟壑区 5~30°坡耕地,年平均径流量为 19 500 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,年表土流失量为 6 750 t/km<sup>2</sup>。代表土地生产力的有机质,主要分布在耕层,由于水土流失,表土大量流失,有机质亦随之流失,从而对土地生产力造成严重破坏。再者,土壤有机质又是改良土壤结构的主要成份,通过增施有机肥料提高土壤的有机质含量,可促进土壤团粒结构的形成,提高土壤水库的蓄水容量,从而降低水土流失。由此可见,土壤有机质与水土流失密切相关。为了探讨土壤有机质与水土流失的定量关系,以坡耕地为研究对象进行了试验研究。

### 1 试验区概况

试验区设在离石区的王家沟流域,试验前为一般农地,地面坡度 10~12°,土质为马兰黄土。耕层土壤有机质含量 0.728%,全氮 0.055%,全磷 0.040 2%。土壤颗粒组成,>0.2 mm 的占 0.39%,0.2~0.02 mm 的占 57.61%,0.02~0.002 mm

的占 29.73%,<0.002 mm 的占 12.27%。水稳性团聚体总数占 1.83%。试验处理为每年分别施厩肥 3.0、4.5、7.5 万 kg/hm<sup>2</sup> (1 hm<sup>2</sup> 施农家肥 3 万 kg 是当地的基本用量),以不施肥为对照。试验小区面积为 2 m×5 m,三边培土埂,下设集水槽和径流池。第一年小区种谷子,第二年种大豆,第三年种谷子,第四年种荞麦。各小区作物和农事活动保持一致,重复三次,随机排列。主要测试项目为降雨量、径流量、泥沙量,每年秋后测产,并测定有机质、容重、抗剪力等土壤理化特征。试验于 1987~1990 年间进行,共进行了 4 a。试验期内年降水量分别为 486.7、613.1、420.6、643.6 mm,平均降水量为 541.0 mm,较多年平均降水量 495.1 mm 高 45.9 mm,有 2 年为丰水年,1 年为平水年,1 年为枯水年。

### 2 结果与分析

#### 2.1 有机肥施用量与水土流失量的关系

4 a 间共观测到 25 次产流降雨下的径流、泥沙量资料,不同处理三次重复的平均值详见表 1。从表 1 可以看出,年际间产流降雨量不同,各施肥水平的水土流失量差异较大。第一年不同施肥水平的径流量明显减少,而土壤侵蚀量反而

\* 收稿日期:2008-08-14

作者简介:杨才敏(1956-),男,高级工程师,主要从事水土保持科研与管理。E-mail:sxsbkj@126.com

增加,这是由于当年 8 月下旬一次暴雨(60.7 mm,平均雨强 0.204 mm/min)前进行中耕造成的。在后三年中,各施肥水平的径流量和土壤侵蚀量均有不同程度的减少。以 4 a 平均值来看,对照区的年径流系数为 36.6%,三个施肥水平区的年径流系数依次为 31.8%,29.1%,24.2%,分别减少

4.8,7.5,12.4 个百分点;对土壤侵蚀量的减少作用,1 hm<sup>2</sup> 施厩肥 3 万 kg,4.5 万 kg 和 7.5 万 kg,分别比对照区减少 31.5%,33.7%,35.4%。观测资料表明,每年向坡耕地施入一定数量的有机肥料,可以减少水土流失,其减少率随施肥量的增加而逐步有所提高。

表 1 不同有机肥水平下的年水土流失量观测结果

年份	降雨量/ mm	不施肥(对照)		3.0 万 kg/hm <sup>2</sup>		4.5 万 kg/hm <sup>2</sup>		7.5 万 kg/hm <sup>2</sup>	
		土壤侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	径流/ mm	土壤侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	径流/ mm	土壤侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	径流/ mm	土壤侵蚀量/ (t·km <sup>-2</sup> )	径流/ mm
1987	99.9	23.3	154.3	18.4	293.8	17.5	266.0	16.5	248.7
1988	177.6	62.3	592.7	52.0	329.0	26.6	276.7	12.7	188.7
1989	142.8	53.4	1527.0	45.8	1428.5	54.7	1316.0	45.5	1368.1
1990	309.9	128.7	6982.6	115.6	4221.2	113.8	4276.3	101.7	4171.9
平均	182.6	66.9	2314.2	58.0	1568.1	53.2	1533.8	44.1	1494.4

2.2 有机肥施用量与土壤有机质的积累

农学家认为,土壤有机质既是植物矿质营养和有机营养的源泉,又是土壤中异养型微生物的能源物质,同时也是形成土壤结构的重要因素。因此,土壤有机质直接影响着土壤的耐肥性、抗旱性、耕性、通气状况和土壤温度等,所以有机质含量是土壤肥力高低的一项重要指标。试验处理为分别施入厩肥 3,4.5,7.5 万 kg/(hm<sup>2</sup>·a) 3 个水平,由于厩肥不纯,有机质含量约 20%,1 hm<sup>2</sup> 年施入土壤中的有机质量依次为 0.6 万 kg,0.9 万 kg 和 1.5 万 kg。有机肥料在土壤中转化为可供作物利用的养分,除作物吸收、随水流失等损耗外,土壤中有有机质的含量仍有积累。图 1 中的(A)是第四年各施肥水平下耕层土壤有机质的增加情况,与对照区相比,土壤有机质依次增加 69.7%,65.0%和 140.1%。

图 1 中(B)反映了各施肥水平历年土壤有机质的变化,

第一年、第二年、第三年不同施肥量的土壤有机质增量基本一致,第四年施肥 3 万 kg/hm<sup>2</sup> 和 4.5 万 kg/hm<sup>2</sup> 的土壤有机质增量接近,施肥 7.5 万 kg/hm<sup>2</sup> 的土壤有机质增量增大,这可能与当地土壤、气候、作物品种和有机肥在土壤中的转化和滞后性有关。就观测资料而论,在 10°左右的坡耕地上每年施入一定数量的有机肥料,尽管有少量的土壤流失(年约为 1 500 t/km<sup>2</sup> 左右),但土壤肥力仍有不断提高的趋势。据调查,晋西黄土丘陵沟壑区坡度小于 10°的坡耕地仅占耕地的 10%左右,对于这种坡度的耕地,适量增施有机肥料,有利于控制水土流失和提高地力。而对于陡坡耕地,即便施入有机肥料,由于水土流失量随坡度增加而成倍增加,土壤肥力也会下降。因此,只有把坡地修成水平梯田,加上增施有机肥料,才能真正起到保水、保土、保肥作用,使土地肥力不断提高。

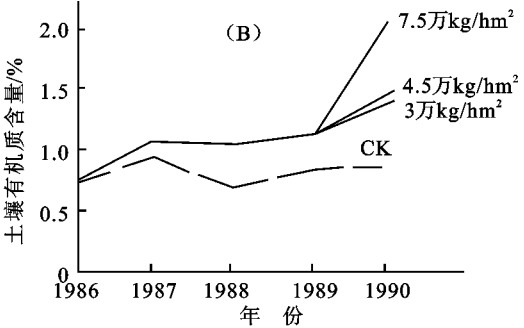
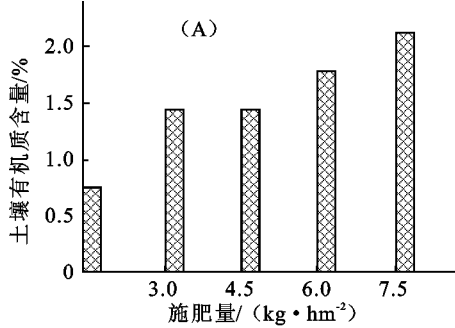


图 1 施肥量与有机质积累过程图

2.3 有机肥施用量与土壤结构的改善

随着土壤中有机质含量的积累和提高,土壤理化性质发生了明显的变化。据相关资料,土壤有机质含量与土壤结构之间存在着正相关关系,良好的土壤结构的形成依存于土壤团聚体的增加,但土壤团聚体的增加滞后于有机质的输入。黄土地区的黄土,由于有机质含量低,土壤结构不良,在增施有机肥的 1~2 a 内,土壤结构改善不明显。表 2 是第四年末的土壤物理性质变化情况,从中可以初步看出:随着有机质含量的提高,水稳性团聚体增加 82.6%~131.6%,孔隙率增加 3.4%~8%,容重降低 3.7%~9.1%,表土抗剪力降低 9.3%~20.9%。这些土壤物理性质的改善,均有利于增

加降水入渗,减少水土流失。但由于土壤结构疏松,抗冲性降低,在遇到大雨强暴雨时,土壤侵蚀量反而增加。如 1987 年 8 月 25 日降雨量 60.7 mm,平均雨强 0.204 mm/min,三个施肥水平的土壤侵蚀量分别比对照增加 5.4%,28.3%和 42.9%。由此看来,坡地水土流失的主导因素是坡度和降雨强度,所以在采取改善土壤结构措施时,只有在改变地面坡度的条件下,才能充分发挥其效应。

2.4 有机肥施用量与增产效果

影响作物产量的因素很多,如土质、施肥质量和数量、作物品种、降雨量及时空分布、栽培管理技术水平等,这些因素相互作用,均可以影响作物产量。从四年的试验结果来看

(表 3),同种作物、同等施肥量下的产量有较大的差异,主要是受当年降水量的影响;但同种作物在一年中的产量,随施肥量的增加而增加;平均计算,施肥 3 万 kg/hm<sup>2</sup> 和 4.5 万 kg/hm<sup>2</sup> 分别增产 26.7%和 25.5%,施肥 7.5 万 kg/hm<sup>2</sup> 增产 43.3%。作物增产幅度随施肥量的增加而增加。

表 2 连续施有机肥第四年的耕层土壤特征

有机肥施用量/(kg · hm <sup>-2</sup> )	0	30000	45000	75000
2.0 ~ 5.0mm	0.000	0.160	0.198	0.440
水稳性团 1.0 ~ 2.0mm	0.304	0.548	0.476	0.841
聚体/ % 0.5 ~ 1.0mm	0.638	1.222	1.020	1.519
0.25 ~ 0.5mm	1.083	1.773	1.538	1.898
总计	2.028	3.073	3.232	4.698
有机质/ %	0.881	1.469	1.454	2.116
耕层容重/( t · m <sup>-3</sup> )	1.278	1.230	1.171	1.161
孔隙率/ %	52.7	54.5	56.6	56.9
表土抗剪力/ Pa	20.35	18.45	17.10	16.10

表 3 不同施肥水平下的作物产量 kg

年份	小区作物	有机肥施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )				干旱状况
		0	30000	45000	75000	
1987	谷子	2982.0	3882.0	3762.0	4396.5	7 月旱
1988	豆子	2686.5	3750.0	3319.5	3817.5	1-4 月旱
1989	谷子	1866.0	1995.0	2299.5	2550.0	4-5 月旱
1990	荞麦	499.5	550.5	700.5	750.0	5-6 月旱
平均		2008.5	2544.0	2520.0	2878.5	
增产/ %			26.7	25.5	43.3	

(上接第 176 页)

[4] White J W C,Cook E R,Lawrence J R,et al. The deuterium to hydrogen ratios of sap in trees:implications for water sources and tree ring deuterium to hydrogen ratios[J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 1985, 49 :237-246.

[5] Dawson T E,Ehleringer J R. Streamside trees that do not use stream water[J]. *Nature*,1991 ,350 :335-337.

[6] Tanaka T,Tsujimura M,Shimada J ,et al. Relationship between deuterium and oxygen-18 delta-values of soil water in humid tropical and humid temperate region, Annual Report[R]. Institute of Geoscience ,University of Tsukuba,1992 ,18 :27-32.

[7] Rayleigh J W S. Theoretical considerations respecting

3 结论与讨论

3.1 结论

试验表明,在坡度为 10 左右的坡耕地上,施入有机肥 30 000~75 000 kg/(hm<sup>2</sup>·a):可以增加土壤的有机质含量,改善土壤物理性状,提高作物产量;减少径流量 4.8~12.4 个百分点,减少土壤侵蚀量 31.5%~35.4%;四年间可使土壤有机质由 0.728%提高到 1.4%~2.1%,在轻度水土流失下,土壤肥力不仅没有下降,反而得到较好的改善。

3.2 讨论

坡耕地水土流失的主导因素是地面坡度和暴雨强度,增施有机肥料,改善土壤结构与性质,只能控制土壤侵蚀量的 30%左右,且增产幅度较小。所以,要想从根本上控制坡耕地的水土流失,达到高产稳产,必须采取修筑梯田改变地形条件的永久性措施,同时辅之以增施有机肥料,才能促进农业生产的持续发展。

参考文献:

[1] 休·汉米尔顿.黄土高原的土壤有机质、团聚体及可蚀性的研究方向[C]//山西省水土保持科学研究所等编.晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验研究文集.北京:水利电力出版社,1990:141-146.

[2] 蔡强国,曾伯庆,陆兆熊,等. PVA 在改良土壤结构和坡面产流产沙中的应用[C]//山西省水土保持科学研究所等.晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验研究文集.北京:水利电力出版社,1990:100-107.

the separation of gases by diffusion and similar processes [J]. *Philos. Mag.* ,1896 ,42 :493-498.

[8] Majoube M. Fractionnement en oxygene-18 et en deuterium entre l'eau et sa vapeur [J]. *J. Chem. Phys.* , 1971 ,10 :1423-1436.

[9] Tsujimura M,Tanaka T. Evaluation of evaporation rate from forested soil surface using stable isotopic composition of soil water in a headwater basin[J]. *Hydrological Processes*,1998 ,12 :2093-2103.

[10] Kubota T ,Tsuboyama Y. Estimation of evaporation rate from the forest floor using oxygen-18 and deuterium compositions of throughfall and stream water during a non-storm runoff period[J].*Journal of Forest Research* ,2004 ,9 :51-59.