

不同土地利用方式对黄土坡地土壤水稳性团聚体和总孔隙度的影响

张建国, 刘淑珍, 宋述军, 李 勇

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要:通过测定土壤水稳性团聚体、总孔隙度、容重等物理性质,对延安梁峁山丘四种不同土地利用方式对土壤水稳性团聚体和总孔隙度的影响作了定量分析。结果表明,不同土地利用方式对土壤水稳性团聚体和总孔隙度的改善作用的大小顺序为草地>有林地>灌木林地>耕地。通过进一步分析四种土地利用方式下,土壤中直径 $\leq 1\text{mm}$ 有效根根量的分布特征,发现不同土地利用方式下的土壤中,有效根根量的差异是造成这种不同影响的重要原因之一。

关键词:土地利用方式; 水稳性团聚体; 总孔隙度; 有效根根量; 土壤容重

中图分类号: 152.4

文献标识码: A

黄土高原现有水土流失面积 50 多万 km^2 , 其中年侵蚀模数大于 $5\ 000\text{t}/\text{km}^2$ 的严重水土流失区为 15km^2 , 每年从黄土高原流失的土壤约为 22 亿 t, 年平均侵蚀模数达 $6\ 111\text{t}/\text{km}^2$, 是世界上水土流失最为严重的地区^[1]。造成黄土高原土壤侵蚀如此强烈的原因,虽然与黄土垂直节理发育、抗蚀抗冲性差等自身的易侵蚀性有关,而更主要的原因则是由于长期以来人类的不合理利用改变了土壤的物理性质,造成了土壤退化,使其朝着不利于水土保持的方向发展,从而加速了土壤侵蚀。本文研究的目的在于根据实测资料,对四种土地利用方式下的土壤的水稳性团聚体和总孔隙度作以分析,探讨不同土地利用方式对土壤物理性质的影响,为合理利用土地和制定切实可行的水土保持措施提供基本依据。

1 研究区概况

研究地点位于陕西省延安市李渠镇羊圈沟坝库小流域,流域面积 2.02km^2 ,海拔 $1\ 025\text{m} \sim 1\ 250\text{m}$,位于中国黄土高原北部, $109^\circ 31' \text{E}$, $36^\circ 42' \text{N}$,地处干旱、半干旱地区,年降水量 $300\text{mm} \sim 600\text{mm}$,年降水在时空分布上极不均匀,主要集中在 7~9 三个月内。该区年均气温 9.1°C ,年均日照时数为 $2\ 427\text{h}$,

无霜期为 180d。

该区属黄土高原丘陵沟壑区,地貌类型以梁峁状丘陵为主。地表切割破碎,沟壑密度为 $7\text{km}/\text{km}^2$,平均海拔 $1\ 000\text{m}$ 以上。研究区土壤类型为黄绵土。天然植被基本全被破坏,土壤抗冲抗蚀性极弱,粗略估计年均侵蚀量在 $80\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ 左右^[2]。该区的坡地利用类型主要有四种,即天然草地、有林地、灌木林地和耕地。

2 样品的采集与测定

2.1 样地的选择

在天然草地、有林地、灌木林地和耕地上分别选择了一块约 $30 \times 30\text{m}^2$ 的地貌特征相似的样地。其中有林地树龄为 18 年的人工刺槐林,林间也分布一些草本植物,但因林内受人畜干扰较大,长势较差,且分布零散。灌木林地的植物种类单一,主要为次生狼牙刺。各样地的基本情况见表 1。

2.2 样品的采集

分别在每个选定的样地上挖取三个剖面。然后将每个剖面按 15cm 间隔从上到下分为三层,即 $0 \sim 15\text{cm}$ 、 $15 \sim 30\text{cm}$ 、 $30 \sim 45\text{cm}$ 。在每一层采集体积为 $15 \times 10 \times 8\text{cm}^3$ 的用于分析水稳性团聚

收稿日期: 2002-12-01。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40071054)。

作者简介: 张建国(1973-),男(汉族),中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所博士研究生。主要从事土壤物理和土壤侵蚀方面的研究工作。电话(028)89040575, E-mail: jianguo Zhanghome@sina.com。

表1 样地的基本情况
Table 1 General information of sample land

项目	草地	有林地	灌木林	耕地
优势种	铁杆蒿、长芒草	刺槐	狼牙刺	谷子
坡度	21.8°	20.1°	14.6°	11.7°
坡向	西	西南	西南	西南
地貌类型	崩坡	崩坡	崩坡	崩坡
利用状况	从未开垦过的天然草地	以前为耕地, 1984年退耕后种植了刺槐	以前为耕地, 1964年用作坟地后, 其上开始生长狼牙刺至今	开垦六十多年的耕地, 主要种植谷子、荞麦、土豆、黄豆等作物

体的原状土。用体积 200 cm³ 的大环刀采集用于调查有效根根量的土样。用体积 100 cm³ 的环刀采集容重样品。同步采集分析土壤比重的样品。

2.3 样品的测定

团聚体的测定用机械筛分法^[3]: 带回室内后轻轻剥成 1 cm ~ 1.2 cm 的小块, 自然风干。然后经干筛算出不同粒级的干筛百分比。再根据干筛百分比配成 50g 样品放进筛组振荡湿筛; 有效根根量的测定用冲洗法^[4]: 土样中的根用水冲洗干净, 并去掉直径 > 1 mm 的粗根, 然后放入烘箱中在 105℃ 下烘 16h 称重; 用环刀法测定土壤容重^[3]; 土壤比重的测定用比重瓶法^[3]; 土壤总孔隙度 = (比重 - 容重) / 比重 × 100%。

3 结果与讨论

3.1 不同土地利用类型下土壤中 > 0.25 mm 水稳性团聚体的剖面分布特征

不同土地利用类型下, 土壤不同层次所含 > 0.25 mm 水稳性团聚体的情况见图 1。从图 1 可以看出, 除了耕地以外, 天然草地、刺槐有林地和狼牙刺灌木林地土壤中的土壤水稳性团聚体均随土层深度的增加而减少, 但减少的幅度不同。其中草地减少幅度最大, 从 0 cm ~ 15 cm 层的 35.46% 减少到 30 cm ~ 45 cm 层的 9.84%, 减少 25.62%。有林地和灌木林地的减幅较小, 分别从 0 cm ~ 15 cm 的 28.72% 和 17.89% 减少到 30 cm ~ 45 cm 层的 10.42% 和 2.04%, 减少了 18.3% 和 15.49%。有林地和草地从 0 cm ~ 15 cm 层到 15 cm ~ 30 cm 层, 土壤水稳性团聚体减少很快, 分别减少了 17.57% 和 16.78%, 而从 15 cm ~ 30 cm 层到 30 cm ~ 45 cm 层减少较慢,

分别减少了 0.67% 和 8.848%。灌木林地从 0 cm ~ 15 cm 层到 15 cm ~ 30 cm 层减少较慢, 减少 2.37%, 而从 15 cm ~ 30 cm 层到 30 cm ~ 45 cm 层减少较快, 减少 13.13%。耕地在各个层次, 土壤水稳性团聚体含量都非常少, 其随深度的变化也与其他土地利用类型有明显差异。从 0 cm ~ 15 cm 层的 3.16% 增加到 15 cm ~ 30 cm 层的 6.12%, 之后又减少到 30 cm ~ 45 cm 层的 1.33%。

不同土地利用类型土壤的不同层次所含土壤团聚体的含量有较大的差异。在 0 cm ~ 15 cm 层, 除了耕地以外, 其他几种土地利用类型下 > 0.25 mm 的水稳性团聚体含量均较高, 含量的高低顺序为: 草地 > 有林地 > 灌木林地 > 耕地。在该层水稳性团聚体的差异较大, 从草地的 35.46% 减少到耕地的 3.16%, 减少了 32.31%。在该层, 草地、有林地和灌木林地的土壤水稳性团聚体, 分别比耕地多 32.31%、25.56% 和 14.74%; 在 15 cm ~ 30 cm 层, 不同土地利用类型的土壤团聚体的差异没有 0 cm ~ 15 cm 层那样明显, 草地、有林地、灌木林地之间差距甚小。含量的高低顺序为: 草地 > 灌木林地 > 有林地 > 耕地。在该层, 草地、有林地和灌木林地的土壤水稳性团聚体, 分别比耕地多 12.57%、5.03% 和 9.41%; 在 30 cm ~ 45 cm 层, 有林地土壤团聚体含量多于其他几种土地利用类型的, 其次为草地, 灌木林地和耕地的含量几乎相差无几。在该层, 草地、有林地和灌木林地的土壤水稳性团聚体, 分别比耕地多 8.51%、9.15% 和 1.07%。

总之, 在四种不同土地利用方式下, 土壤中总的水稳性团聚体的含量的大小顺序为: 天然草地 > 刺槐有林地 > 狼牙刺灌木林地 > 耕地。

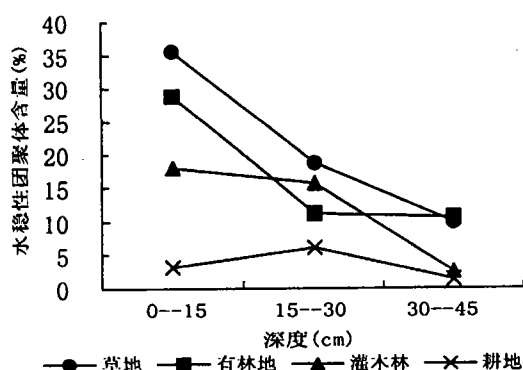


图1 不同土地利用下土壤水稳性团聚体含量随土层深度的变化

Fig.1 Change of water-stable aggregate with soil depth under different land use

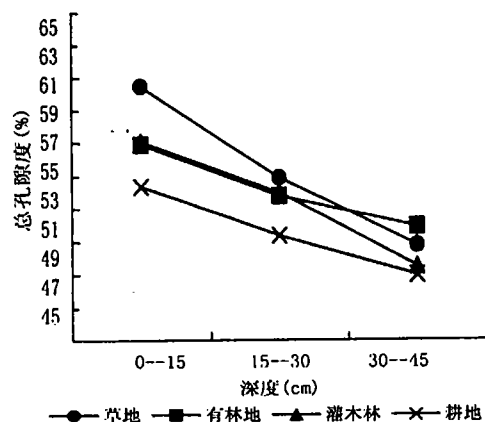


图3 不同土地利用下土壤总孔隙度随土层深度的变化

Fig.3 Change of soil total porosity with soil depth under different land use

3.2 不同土地利用类型下土壤剖面总孔隙度的分布特征

3.2.1 土壤容重的剖面分布特征

从图2可以发现四种土地利用类型下的土壤容重均随土层深度的增加而增大。

不同土层,不同土地利用类型下的土壤容重差异明显。在0 cm ~ 15 cm层草地最小,为1.07 g/cm³。其次为有林地和灌木林地,分别为1.16 g/cm³和1.15 g/cm³。耕地最大,为1.23 g/cm³。与耕地相比草地的容重减小0.16 g/cm³,有林地和灌木林地分别减小0.07 g/cm³和0.08 g/cm³;在15 cm ~ 30 cm层,草地、有林地和灌木林地之间的差异不大,与耕地相比分别减小0.11 g/cm³、0.08 g/cm³和0.08 g/cm³;在30 cm ~ 45 cm层,有林地最小为1.30 g/cm³,

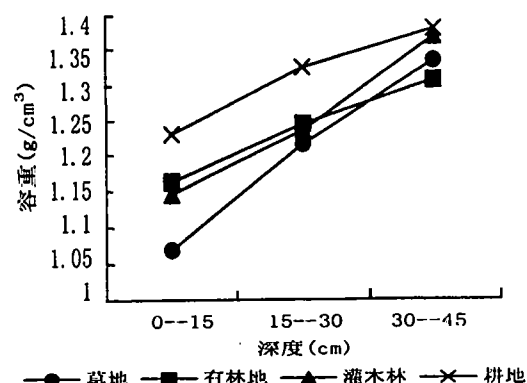


图2 不同土地利用下土壤容重随土层深度的变化

Fig.2 Change of bulk density with soil depth under different land use

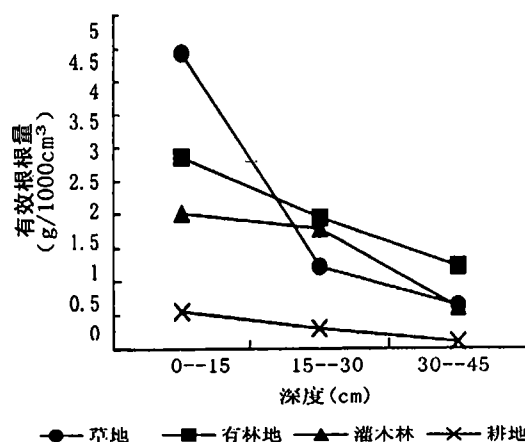


图4 不同土地利用下有效根根量随土层深度的变化

Fig.4 Change of effective roots mass with soil depth under different land use

其次为草地和灌木林地分别为1.33 g/cm³和1.36 g/cm³,耕地最大,为1.38 g/cm³。与耕地相比草地、有林地和灌木分别减小0.05 g/cm³、0.07 g/cm³和0.01 g/cm³。三层总起来看,容重减小效应的大小顺序为:天然草地 > 刺槐有林地 > 狼牙刺灌木林地 > 耕地。

3.2.2 总孔隙度的剖面分布特征

由表2可以看出四种土地利用类型下的土壤比重差异很小。因此,总孔隙度的差异就主要由土壤容重来决定。从而导致土壤总孔隙度的剖面分布特征与土壤容重很相似。见图3。

在各种土地利用类型下,土壤孔隙度均随土层深度的增加而减小。减小幅度最大的为草地和灌木林地,分别由0 cm ~ 15 cm层的60.45%和57.09%

减小到 30 cm ~ 45 cm 层的 50.74% 和 49.45%, 减少 9.71% 和 8.45%。减小幅度最小的为有林地, 从 0 cm ~ 15 cm 层的 56.38% 减小到 30 cm ~ 45 cm 层的 51.85%, 减少 4.53%。从 0 cm ~ 15 cm 层到 15 cm ~ 30 cm 层草地和有林地的总孔隙度的减小速度较快, 分别减小 5.63% 和 3.17%; 从 15 cm ~ 30 cm 层到 30 cm ~ 45 cm 层, 减小速度放慢, 分别减少 4.08% 和 1.86%。而灌木却正好相反, 从 0 cm ~ 15 cm 层到 15 cm ~ 30 cm 层, 减少 3.19%, 减速较慢。而从 15 cm ~ 30 cm 层到 30 cm ~ 45 cm 层, 减少 4.45%, 减速较快。

表 2 不同土地利用下土壤比重随深度的变化
Table 2 Change of soil specific gravity with soil depth under different land use

深度(cm)	草地	有林地	灌木林地	耕地
0~15	2.68	2.69	2.68	2.69
15~30	2.70	2.70	2.69	2.71
30~45	2.70	2.70	2.71	2.70
平均	2.69	2.70	2.69	2.70

在不同层次, 四种土地利用类型下的土壤总孔隙度差异也较明显。在 0 cm ~ 15 cm 层, 草地最大, 为 60.45%。其次为有林地和灌木林地, 分别为 56.88% 和 57.09%。耕地最小, 为 54.27%。与耕地相比, 草地、有林地和灌木林地的总孔隙度分别增加了 6.18%、2.61% 和 2.82%; 在 15 cm ~ 30 cm 层, 草地、有林地和灌木林地之间的差异不大, 但分别比耕地增加 3.54%、2.43% 和 2.61%。不论是在 0 cm ~ 15 cm 层还是在 15 cm ~ 30 cm 层, 有林地和灌木林地之间的差异都非常小; 在 30 cm ~ 45 cm 层, 有林地最大, 为 51.85%, 其次为草地和灌木林地分别为 50.74% 和 49.45%, 耕地最小, 为 48.89%。草地、有林地和灌木林地分别比耕地增加 1.94%、2.96% 和 0.56%。在这一层, 四种土地利用类型下的土壤总孔隙度差异远不如 0 cm ~ 15 cm 层明显。三层总起来看, 土壤总孔隙度的增加效应顺序仍然是: 天然草地 > 刺槐有林地 > 狼牙刺灌木林地 > 耕地。

3.3 不同土地利用类型下土壤中有效根根量的剖面分布特征

为了探寻造成不同土地利用类型下, 土壤水稳性团聚体含量和总孔隙度差异的原因, 我们对不同

土地利用类型下土壤中的有效根根量进行了调查。结果见图 4。

在各种土地利用方式下, 有效根根量的分布与 > 0.25 mm 土壤水稳性团聚体和土壤总孔隙度的分布较相似, 均随土层增加而减少, 而且也是草地减少最快, 有林地和灌木林地次之, 耕地在各个层次的含量均较少, 故变化不大。草地、有林地从 0 cm ~ 15 cm 层到 15 cm ~ 30 cm 层比从 15 cm ~ 30 cm 层到 30 cm ~ 45 cm 层减少快, 如草地从 0 cm ~ 15 cm 层的 4.41 g/1000cm³ 减少到 15 cm ~ 30 cm 层的 1.20 g/1000cm³, 减少了 3.21 g/1000cm³, 而从 15 cm ~ 30 cm 层到 30 cm ~ 45 cm 层只减少了 0.57 g/1000cm³。而灌木却是从 0 cm ~ 15 cm 层到 15 cm ~ 30 cm 层减少较慢, 而从 15 cm ~ 30 cm 到 30 cm ~ 45 cm 层减小较快。这些分布特征与 > 0.25 mm 土壤水稳性团聚体和总孔隙度的分布特征很相似。

在 0 cm ~ 15 cm 层草地有效根量最大, 为 4.41 g/1000cm³, 其次为有林地和灌木林地, 最后为耕地。草地、有林地和灌木林地分别比耕地多 3.86g/1000cm³、2.30 g/1000cm³ 和 1.44 g/1000cm³; 在 15 cm ~ 30 cm 层, 草地、有林地及灌木林地之间的差异很小, 分别比耕地多 0.91g/1000cm³、1.64g/1000cm³ 和 1.47 g/1000cm³; 在 30 cm ~ 45 cm 层, 有林地的有效根含量明显大于其他几种土地利用类型的, 草地和灌木林地已经减小到接近耕地的水平。

造成这种差异的原因主要是草地的植物根系须根发达, 以细根为主, 且分布相对较浅。刺槐的根系虽较发达, 但粗根多, 在 0 cm ~ 15 cm 层与草地相比, 有效根根量明显小于草地。但在深层由于草类根系迅速减少, 刺槐根系又扎根较深, 故在 30 cm ~ 45 cm 层, 有林地有效根根量已明显大于草地。此外, 由于刺槐林中也零星地生长了一些草本植物, 故从 0 cm ~ 15 cm 到 15 cm ~ 30 cm 其有效根含量的变化与草地相似。至于灌木林地, 由于狼牙刺这种植物通常只有一根主根, 很发达, 但须根非常不发达, 导致其在各个层次的有效根含量都较低。就耕地而言, 因主要种植一年生作物, 如谷子、黄豆、土豆、荞麦等, 且在收获季节农民往往连根拔走, 故其有效根量总是远远的小于其他的土地利用类型。

3.4 有效根根量与水稳性团聚体和总孔隙度的相互关系

表3 不同土地利用下土壤有效根根量与水稳性团聚体及总孔隙度的相关系数矩阵

Table3 Relation coefficients between effective roots mass and water - stable aggregate and soil total porosity

土地利用类型	有效根根量	水稳性团聚体	容重	总孔隙度
草地 N = 9	有效根根量	1.000		
	水稳性团聚体	0.773 *	1.000	
	容重	-0.856 **	-0.913 **	1.000
	总孔隙度	0.853 **	0.910 **	-1.000 **
有林地 N = 9	有效根根量	1.000		
	水稳性团聚体	0.835 **	1.000	
	容重	-0.823 **	-0.732 *	1.000
	总孔隙度	0.829 **	0.775 *	-0.948 **
灌木林地 N = 9	有效根根量	1.000		
	水稳性团聚体	0.556	1.000	
	容重	-0.573	-0.816 **	1.000
	总孔隙度	0.582	0.802 **	-0.999 **
耕地 N = 9	有效根根量	1.000		
	水稳性团聚体	0.287	1.000	
	容重	-0.798 *	-0.226	1.000
	总孔隙度	0.799 *	0.322	-0.995

注: * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

为了深入揭示有效根量与水稳性团聚体和总孔隙度之间的相互关系,对不同土地利用类型下的土壤有效根根量与 $> 0.25\text{mm}$ 水稳性团聚体和总孔隙度间的相关性进行了分析,结果表明, $\leq 1\text{mm}$ 的有效根含量与水稳性团聚体和土壤总孔隙度间的相关性较显著,不同土地利用类型的相关矩阵列于表3。

从相关矩阵表中可以看出,有效根量与土壤水稳性团聚体含量的相关性为有林地最显著,其次为草地,灌木林地较差,耕地最差。与总孔隙度间的相关性为草地、有林地最显著,灌木林地和耕地较差。这说明草地和有林地中土壤有效根含量对土壤水稳性团聚体和总孔隙度的影响最大,灌木林地较小。耕地的土壤水稳性团聚体含量与有效根含量的相关性极差,说明,影响耕地土壤团聚体的主要因素已不是有效根根量。

可见造成不同土地利用类型下土壤结构和总孔隙度差异的重要原因之一是由于不同的土地利用方式导致了土壤中有效根含量的差异与变化。

4 结论

1. 不同土地利用类型对土壤水稳性团聚体含量和总孔隙度的改善效应的大小顺序为:天然草地 $>$ 人工刺槐有林地 $>$ 次生狼牙刺灌木林地 $>$ 耕地。

2. 造成这种差异的重要原因之一是:不同的土地利用方式导致了土壤中有效根含量的差异与变化,而有效根根量的差异和变化,又影响了不同土地利用类型下的土壤中水稳性团聚体含量和总孔隙度的大小。

3. 不同的植物种类及其根系的发达程度对土壤水稳性团聚体含量和总孔隙度的大小有很大影响。

参考文献:

- [1] 王晓东. 西部开发中水土流失问题的生态角度透视[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 10 ~ 3106.
- [2] 李勇, 张建辉, 等. 陕北黄土高原陡坡耕地土壤侵蚀变异的空间格局[J]. 水土保持学报, 2000, 29(3): 17 ~ 21.
- [3] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 508 ~ 524.
- [4] 李勇, 朱显谟, 等. 草类根系对土壤抗冲性的强化效应. 土壤学报, 1992, 29(3): 302 ~ 309.

Effect of Different Land Use on Soil Water – stable Aggregate and Soil Total Porosity of Slope Land in Loess Plateau

ZHANG Jian – guo, LIU Shu – zhen, SONG Shu – jun, LI Yong
(*Institute of Mountain Hazards & Environment, CAS, Chengdu 610041 China*)

Abstract: Based on the measurement of soil water – stable aggregate, total porosity, bulk density and other soil physical property parameters, a quantitative study of the effect of four different land use in Yanan city on the soil water – stable aggregate and the total porosity was made. The result showed that the sequence of the improvement of different land use to soil water – stable aggregate and total porosity is natural grass land > forest land > shrub land > cropland. By further measuring the soil roots parameters under four different land use, we found that the difference of effective roots ($\Phi \leq 1\text{mm}$) mass in the soil under different land use is one of important reasons of this difference.

Key words: way of land use; water – stable aggregate; soil total porosity; effective roots mass; bulk density.