

黄土高原草地土壤物理性质初步研究

贾恒义 彭祥林 穆兴民 雍绍萍 程积民

中国科学院
(西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

提 要

黄土高原草地土壤的颗粒组成受草地盖度、产量的影响较小,主要受土壤地带性分布的影响。草地土壤的容重、总孔隙度受草地植物的盖度、产量的影响。盖度、产量低时,土壤容重 $\geq 1.20\text{g/cm}^3$,总孔隙度在55.0%左右;盖度、产量高时,土壤容重 $\leq 1.20\text{g/cm}^3$,总孔隙度 $\geq 60.0\%$ 。草地土壤的三相比,植物盖度、产量低时为 $1:0.10\sim 0.19:0.60\sim 0.90$,反之则为 $1:0.33\sim 0.75:1.15\sim 1.76$ 。土壤物理性质与草地枯枝落叶层,土壤有机质含量有密切关系。草地土壤的物理性质和植物根系密度是改善土壤水力学特征、强化土壤抗冲性、土壤入渗性能和斜坡稳定性增值的关键所在。

关键词: 草地土壤 物理性质 黄土高原

Research on Soil Physical Properties of Grass Land in the Loess Plateau

Jia Hengyi Peng Xianglin Mu Xinming Yong Shaoping Cheng Jiming

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and
Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi, 712100)

Abstract

The soil particle composition of grassland is affected slightly by the cover-degree and yield of grass in the Loess Plateau. It is mainly affected by the distribution of soil zonality. The volume weight and total porosity of grassland are affected by the cover-degree and yield of grass. When the cover-degree and yield are low, the soil volume weight is greater than or equal to 1.20g/cm^3 and the soil total porosity is around 55%; with the increase in them, the soil volume weight will become less than or equal to 1.20g/cm^3 and the soil total porosity become greater than or equal to 60%. When the cover-degree and yield are low, three phase ratio of solid, liquid and gas for grassland is $1:0.10\sim 0.19:0.60\sim 0.90$, conversely, that ratio become $1:0.33\sim 0.75:1.15\sim 1.76$. The soil physical properties of grassland are correlated with litter layer and content of soil organic matter. The soil physical properties and the density of root system are keys to improve characteristics of soil hydraulics, to strength soil anti-scourability and infiltration, and to increase slope stability.

Key Words grassland soil physical properties the Loess Plateau

黄土高原曾有过大面积的丰美草地,主要分布在黄土丘陵与之毗邻的北部地区。它是该区具有商品优势的畜牧业发展的基础,同时也是防止水土流失,保持土壤的重要技术措施之一。

黄土高原草地长期掠夺经营,草地大面积开垦或者退化,优质草少,载畜量低。草地经营的粗放程度比之种植业有过之而无不及。故不仅大量营养元素移出草地土壤生态系统⁽¹⁾,而且草地土壤物理性质恶化,抗冲抗蚀性能锐减,渗透性也在降低^(1,2,3)蓄水性能差,水土流失加剧,保持土壤能力

降低等,致使植物覆盖度每况愈下,恶性循环愈演愈烈。

黄土高原草地土壤物理性质的研究,多从土壤侵蚀机理^[1,2,3]某些方面出发,但系统研究草地土壤物理性质尚属少见,为此笔者在该区草地土壤生态系统及其效应中作了一些研究。

一、供试样地和方法

(一)供试样地 供试样地系黄土丘陵区,草地类型、覆盖度、海拔、坡向和土壤的主要化学性质等见表1。

表1 草地土壤的自然概况

| 草地编号 | 地点 | 海拔(m) | 坡向 | 土壤类型 | 深度(cm) | pH | CaCO ₃ (%) | 土壤有机质(%) | 草地类型 | 盖度(%) 产量(g/m ²) |
|---------|------|-------|------|-------|---------|-----|-----------------------|----------|--------------------|--------------------------------|
| 神92-05 | 陕西神木 | 1 110 | 东坡 | 黄土性土 | 0~6 | 8.5 | 4.0 | 0.81 | 长芒草+ 达乌里 胡枝子 | 35~50 270.0 |
| | | | | | 6~20 | 8.5 | 6.3 | 0.64 | | |
| | | | | | 20~60 | 8.6 | 6.7 | 0.24 | | |
| gs92-04 | 陕西安塞 | 1 100 | 南坡 | 黄绵土 | 0~12 | 8.3 | 11.9 | 0.89 | 长芒草+ 兴安胡 枝子 | 85~90 670.0 |
| | | | | | 26~50 | 8.5 | 11.6 | 0.26 | | |
| | | | | | 95~150 | 8.8 | 13.9 | 0.26 | | |
| gs92-05 | 陕西横山 | 1 390 | 塬面背阴 | 绵沙土 | 1~13 | 8.5 | 6.7 | 0.56 | 长芒草+ 达乌里胡 枝子 | 80~85 477.7 |
| | | | | | 30~59 | 8.6 | 7.9 | 0.47 | | |
| | | | | | 95~15 | 8.7 | 9.7 | 0.22 | | |
| s92-07 | 宁夏海源 | 2 480 | 向北阴坡 | 草甸黑垆土 | 0~15 | 7.8 | 2.5 | 6.63 | 长芒草+ 二列萎陵 草 | 65~70 261. |
| | | | | | 42~80 | 8.1 | 1.4 | 3.30 | | |
| | | | | | 130~160 | 8.7 | 13.5 | 0.41 | | |
| s92-08 | 宁夏固原 | 2 048 | 东坡 | 黑垆土 | 0~16 | 7.9 | 0.6 | 5.52 | 长芒草+ 铁杆蒿 | 90~95 1521.7 |
| | | | | | 37~70 | 8.3 | 2.7 | 3.67 | | |
| | | | | | 115~150 | 8.5 | 13.0 | 1.10 | | |
| gs92-10 | 陕西永寿 | 1 340 | 山顶 | 褐色土 | 0~20 | 8.0 | 0.5 | 3.04 | 铁杆蒿+ 白英合草 | 963.7 |
| | | | | | 40~70 | 8.4 | 4.4 | 0.74 | | |
| | | | | | 105~150 | 8.3 | 11.4 | 0.66 | | |

(二)测试方法

1. 土壤颗粒组成:比重计法^[5]; 2. 土壤容重,孔隙度:环刀法^[5]; 3. 土壤三相比:(日)土壤三相比计 D₁V₁-1120。

二、结果与讨论

(一)草地土壤的颗粒组成

黄土高原草地土壤颗粒组成由于成土母质及其草地植被覆盖度,枯枝落叶所形成的有机质层的厚度和含量的不同而有所差异(表2、图1)。

表2 草地土壤物理性质

| 编号 | 深度 (cm) | 容重 (g/cm ³) | 土壤孔隙度(%) | | | 土壤颗粒组成(粒径,mm)% | | | | |
|------------|------------|----------------------------|----------|------|------|----------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| | | | 非毛管 | 毛管 | 总量 | 砂 粒 | | 粉 粒 | | |
| | | | | | | 1.0~ 0.25 | 0.25~0.05 | 0.05~0.01 | 0.01~0.005 | 0.005~0.001 |
| 神91 -05 | 0~6 | 1.37 | 13.5 | 35.8 | 49.3 | 0.9 | 34.1 | 36.0 | 4.2 | 6.2 |
| | 6~20 | 1.47 | 14.5 | 32.7 | 47.2 | 1.0 | 22.2 | 39.5 | 7.2 | 8.5 |
| | 20~60 | 1.47 | 11.5 | 34.3 | 45.8 | 1.1 | 21.2 | 35.7 | 7.7 | 9.9 |
| gs92-05 | 0~13 | 1.23 | 17.0 | 37.4 | 54.4 | 0.1 | 40.8 | 38.5 | 3.1 | 3.5 |
| | 13~30 | 1.36 | 16.5 | 33.1 | 49.6 | 0.1 | 40.6 | 32.8 | 4.6 | 5.6 |
| | 30~59 | 1.32 | 17.2 | 33.9 | 51.1 | 0.0 | 46.4 | 28.9 | 4.1 | 4.1 |
| | 59~93 | 1.24 | 15.0 | 39.1 | 54.1 | 0.7 | 38.4 | 36.8 | 3.9 | 3.9 |
| | 93~150 | 1.27 | 15.0 | 37.1 | 52.9 | 0.1 | 36.9 | 41.1 | 3.5 | 6.8 |
| gs92-07 | 0~12 | 1.10 | 11.0 | 47.7 | 59.3 | 0.5 | 8.4 | 62.7 | 7.3 | 8.1 |
| | 12~26 | 1.22 | 12.2 | 42.6 | 54.8 | 0.3 | 8.7 | 62.0 | 7.3 | 4.6 |
| | 26~50 | 1.16 | 9.8 | 47.2 | 57.0 | 0.8 | 8.1 | 59.2 | 7.3 | 7.5 |
| | 50~95 | 1.21 | 10.5 | 44.7 | 55.2 | 0.1 | 7.7 | 62.3 | 7.3 | 8.1 |
| | 95~150 | 1.21 | 10.5 | 44.7 | 55.2 | 0.1 | 7.7 | 61.5 | 7.3 | 8.6 |
| gs92-07 | 0~15 | 0.80 | | | 70.1 | 0.9 | 8.4 | 57.5 | 9.6 | 10.9 |
| | 15~42 | 0.88 | | | 67.2 | 0.8 | 7.1 | 56.6 | 11.3 | 11.3 |
| | 42~80 | 1.05 | | | 60.8 | 0.5 | 5.6 | 48.3 | 12.4 | 16.2 |
| | 80~105 | 1.13 | 12.9 | 44.9 | 57.8 | 0.5 | 8.1 | 50.0 | 10.4 | 12.9 |
| | 105~130 | 1.10 | 11.2 | 47.8 | 59.0 | 0.7 | 9.7 | 50.6 | 9.9 | 11.4 |
| | 130~150 | 1.37 | 13.7 | 35.6 | 49.3 | 1.0 | 11.2 | 53.9 | 9.3 | 10.9 |
| gs92-08 | 0~16 | 0.92 | | | 65.7 | 0.2 | 7.5 | 61.3 | 9.2 | 9.6 |
| | 16~37 | 0.99 | | | 63.1 | 0.1 | 6.9 | 61.7 | 9.0 | 9.4 |
| | 37~70 | 1.03 | | | 61.5 | 0.1 | 5.6 | 56.5 | 10.6 | 10.1 |
| | 70~115 | 1.06 | | | 60.4 | 0.2 | 6.9 | 50.9 | 10.6 | 11.0 |
| | 115~50 | 1.06 | | | 60.4 | 0.2 | 6.9 | 53.5 | 9.5 | 10.1 |
| gs92-10 | 0~20 | 0.97 | | | 64.1 | 1.6 | 2.2 | 44.3 | 12.7 | 16.3 |
| | 20~40 | 1.10 | 13.8 | 45.5 | 59.3 | 1.0 | 2.4 | 42.6 | 14.6 | 15.8 |
| | 40~70 | 1.22 | 15.9 | 38.9 | 54.8 | 4.4 | 4.2 | 35.4 | 15.9 | 16.2 |
| | 70~105 | 1.30 | 14.0 | 37.9 | 51.9 | 3.9 | 5.8 | 41.4 | 14.1 | 16.2 |
| | 105~150 | 1.32 | 15.4 | 35.7 | 51.1 | 2.3 | 5.1 | 40.7 | 12.9 | 17.2 |

1. 长城沿线的黄土性土壤。从白玉山到府谷的长城沿线,受鄂尔多斯台地抬起的影响,新黄土基本被剥蚀掉,老黄土出露。因成土因素的作用,古土壤与黄土母质相间,多达十余层,故地表的古壤层,石灰淀积层呈水平或环状分布。此种母质的草地土壤,砂粒变化在22.3%~35.0%,粉粒变化在46.4%~53.2%,物理粘粒(<0.01mm)在29.0%~67.%之间,粘粒在16.9%~24.4%之间。

2. 黄土丘陵区草地土壤。黄土丘陵区草地土壤有绵沙土,黄绵土,灰钙土和黑护土等。其组成因分布的地域和土壤类型不同也有差别。

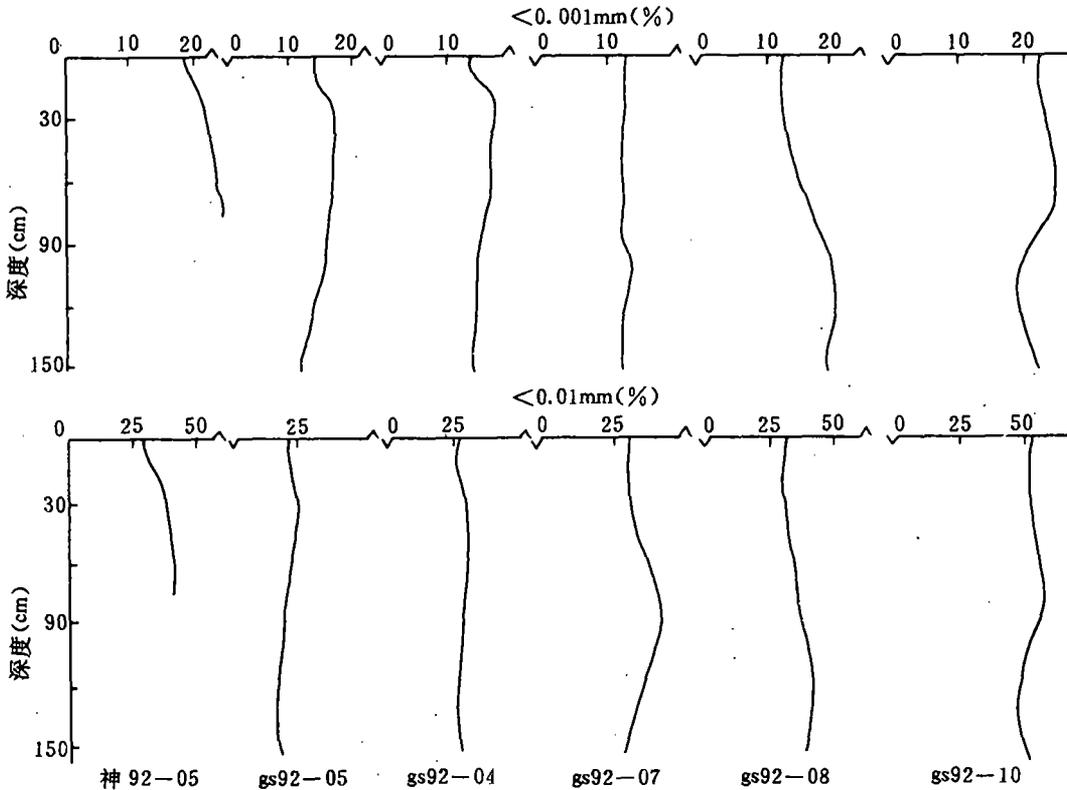


图1 草地土壤物理粘粒、粘粒的剖面分布

(1) 绵沙土。在长城沿线或以南地区,土壤受毛乌素沙漠的影响,土壤颗粒组成,沙粒为27.0%~46.0%,粉粒为37.0%~56.4%,物理性粘粒($<0.01\text{mm}$)在20.6%~30.3%,粘粒在11.6%~16.6%之间。

(2) 黄绵土。它的颗粒组成是以粉砂为主,变化在74.3%~78.2%,物理粘粒为28.4%~37.9%,粘粒为13.0%~19.1%。

(3) 黑护土。黑护土是草原地带的土壤,它的形成受牧草的直接影响,其土壤颗粒组成,粉粒变化在76.9%~80.1%,物理粘粒为31.0%~42.0%,粘粒为12.2%~20.4%。

(4) 褐色土。它主要分布在黑护土南部的山地,粉粒为66.6%~73.0%,物理性粘粒48.9%~54.0%,粘粒18.6%~24.8%。

上述表明草地土壤的颗粒组成主要受地带性成土因素的影响。但草地对土壤颗粒组成也有影响,主要是土壤颗粒不被吹蚀或流失,但对草地土壤颗粒组成的影响是较微弱的。

(二) 草地土壤的容重和孔隙度

1. 草地土壤的容重。黄土高原草地土壤容重变化在 $0.81\sim 1.37\text{g}/\text{cm}^3$ 之间(表2)。草地盖度、产量低,容重在 $1.22\sim 1.43\text{g}/\text{cm}^3$;盖度、产量高的草地,容重在 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ 左右。

2. 草地土壤的孔隙度。草地盖度、产量低时,总孔隙度 $<55.0\%$,其中神92~05剖面则例外。草地盖度、产量高时,总孔隙度 $\geq 60.0\%$ 。

草地土壤的容重,总孔隙度和非毛管孔隙度的变化与草地枯枝落叶,有机质含量的高低,水稳性团粒结构和植物根孔等有关。从表1、表2,可以看出,土壤有机质含量低,容重高,总孔隙度少;反

之,则容重低,总孔隙度相应增多。

草地土壤物理性质决定于草地的枯枝落叶层的有无及其厚度和植物根系的密度。植物根系密度对草地土壤物理性质的效应达极显著($p < 0.001$)^[1],同时根系提高了土壤抗冲力,增进土壤渗透性能^[1,2,3]。另外牧草根系对土壤抗剪强度的增值,随着穿过剪切平面的根断面积率(根截面积/剪切平面面积)的增高而增高,根系对土壤抗剪强度的增强作用,表现为随深度的增加而减小的规律;此增强作用超过了100cm;根系对土壤抗剪强度的增强作用最终导致了斜坡稳定性的增强^[4]。

(三)草地土壤的三相比

土壤是由固、液、气三相组成的。三者处于动态平衡体系中。其中以液、气相较为活跃,但是它们受固相颗粒组成、特性及其排列状态的影响。故土壤固相颗粒是组成土壤的物质基础,其作用是十分重要的。草地土壤的固相变化如图2表明:草地盖度,产量低的神91-05、gs92-04、gs92-05

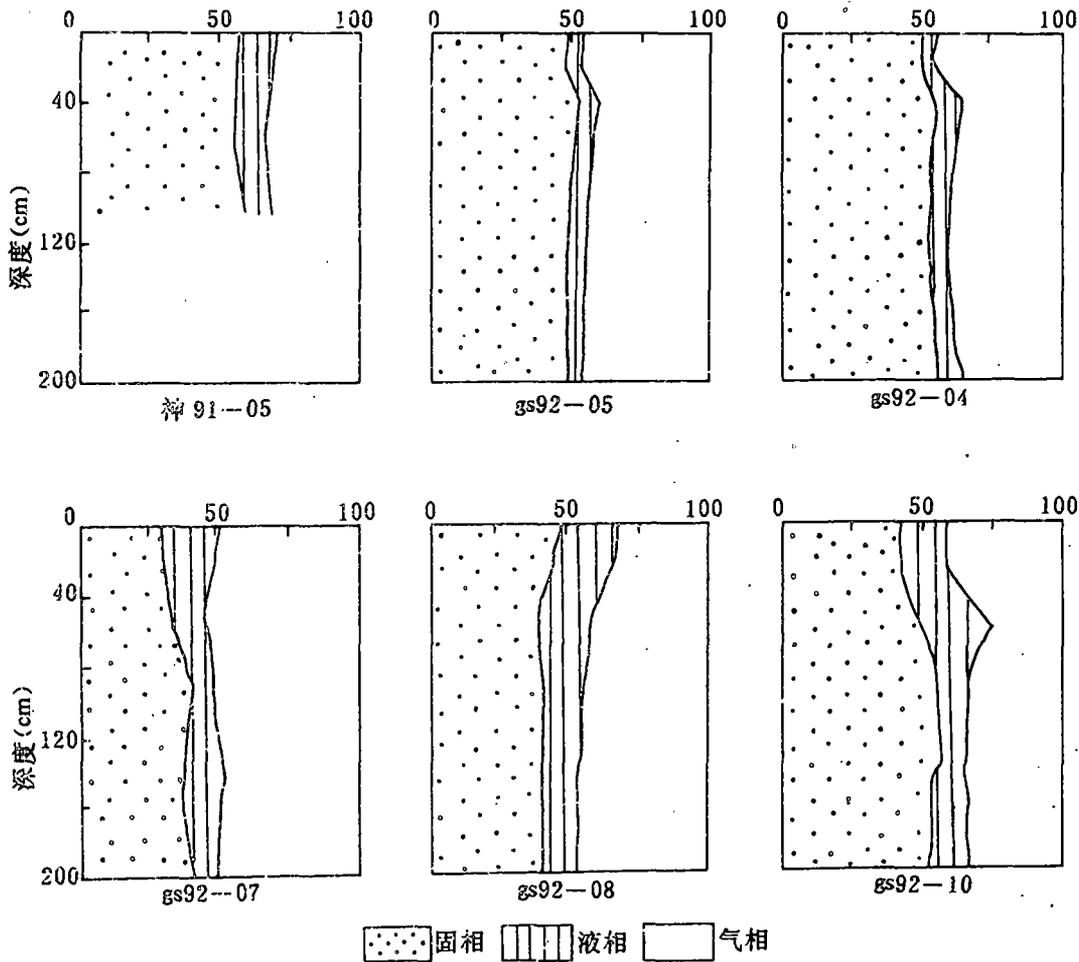


图2 草地土壤三相比

剖面的固相 $\geq 40.0\%$;而盖度,产量高的 gs92-07、gs92-08、gs92-10剖面的固相 $\leq 40.0\%$ 。草地土壤的液相变化如图2表明:草地盖度、产量低的土壤液相相对小,反之,则有所增大。草地土壤的气相变化基本同(图2)液相相似,但是它与液相处于动态平衡状态,互为因果。草地土壤三相变化受草地的枯枝落叶、厚度、有机质含量和植物根系密度的影响。

以上初步研究了草地土壤的物理性质,表明:草地植物的盖度、产量低时,土壤容重大,总孔隙度少,否则相反。土壤三相比是盖度、产量低时,固相高、气相低,反之则固相低,气相高。草地土壤物理性质的改善,与草地枯枝落叶,土壤有机质含量密切相关。同时草地植物根系密度、根量是改善土壤抗侵蚀性能,入渗性和斜坡稳定性增强的关键所在。

参 考 文 献

- [1]李勇等.黄土高原植物根系提高土壤抗冲性机制初步研究.《中国科学》B辑,1992年,第3期
- [2]李勇等.黄土高原植物根系强化土壤渗透力的有效性.《科学通报》,1992年,第4期
- [3]田积莹.增加土壤渗透,减少水土流失.《水土保持通报》,1988年,第2期
- [4]孙立达.沙打旺,紫花苜蓿和小锦鸡儿的根系对斜坡稳定性的影响.《水土保持学报》,1987年,第2期
- [5]中国科学院南京土壤研究所编著.《土壤理化分析》.上海:上海科学技术出版社,1987年
- [6]贾恒义等.黄土丘陵区草地生态系统功能的初步研究.《草业科学》,1992年,第3期

书 讯

《黄河水沙时空图谱》

由中国科学院、水利部西北水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室刘宝元副主任,副研究员,依据黄河水沙及其变化规律为研究课题,编著了《黄河水沙时空图谱》一书。该书应用计算机,对黄河近几十年的水沙数据进行了大量系统的计算,并以散点连线图、柱状直方图和等值线图的方式,全面描绘了黄河径流量和输沙量的时间变化和空间分布状况。全书共有图670幅,其中:水、沙方面各335幅。图件按干流、支流分别以时间序列和空间分布分为四个图组,加上黄河中游区水沙等值线一个图组,共为五个图组。书中介绍了作图资料来源与处理过程、作图内容、作图方法和意义等,装订精美,图文并茂,有重要的科学参考价值。该书可供水土保持、水利、水文、农业、环境保护、国土整治等有关科研、教学人员和各级管理人员参考。该书由科学出版社于1993年5月底出版,新华书店北京发行所发行,各地新华书店经售,每册定价25元。如有读者需邮购,可与科学出版社第三编辑室吴三保同志联系。地址:北京东黄城根北街16号,邮政编码100707。

(马晓云 焦菊英供稿)