

黄土丘陵区植被恢复中不同粒级土壤团聚体有机碳分布特征^X

安韶山¹, 张 玄², 张扬^{1,2}, 郑粉莉^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;

2. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 对黄土丘陵区土壤有机碳在不同粒级团聚体中的分布特征及其对植被恢复的响应进行了研究。结果表明: (1)黄土丘陵区不同植被覆盖条件下,土壤有机碳的分布具有一定的表聚性,0~20 cm 土层中有机碳的含量均高于 20~40 cm 中有机碳的含量,不同植被群落下有机碳的含量大小为:大针茅群落>长芒草群落>铁杆蒿群落>百里香群落;(2)同一深度土壤各粒级团聚体中有机碳的分布特征是:0.5~0.25 mm 与 1~0.5 mm 两个粒级中有机碳的含量最高,>1 mm 的团聚体中有机碳的含量有随粒级增大而减小的趋势;(3)恢复年限对不同粒级土壤团聚体中有机碳的含量影响很大,有机碳的含量随恢复年限的增加总体呈上升趋势。黄土高原沟壑区土壤有机碳的积累与土壤团聚体的粒级和植被恢复的类型、年限等有明显的关系。

关键词: 土壤团聚体; 有机碳; 黄土丘陵区; 植被恢复

中图分类号: S152.4; S153.62 文献标识码: A 文章编号: 1009-2242(2007)06-0109-05

Distribution of Organic Carbon in Different Soil Aggregates Size During Revegetation in Hilly-Gully Region of Loess Plateau

AN Shao-shan¹, ZHANG Xuan², ZHANG Yang^{1,2}, ZHENG Fen-li^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100;

2. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The distribution of organic carbon in different size soil aggregates was studied in hilly-gully region on the Loess Plateau, and also the relationship among soil aggregates, organic carbon and vegetation restoration was analyzed. The results showed that: (1) The organic carbon content in the 0~20 cm soil layer was higher than that in the 20~40 cm layer under different vegetation covering. The organic carbon content in different plant communities were *Stipa grandis* P. smirn community > *Stipa bungeana* Trin. community > *Artemisia sacrorum* Ledeb. community > *Thymus mongolicus* Ronn. community; (2) There were obvious relations between the organic carbon content and the soil aggregates size, the higher of soil carbon content were in 0.5~0.25 mm and the 1~0.5 mm two size in soil aggregates, organic carbon content decreased along with the soil aggregates size increases; (3) The revegetation years also had a certain influence to the organic carbon content in different size soil aggregates. The organic carbon content assumed the trend of escalation along with the increasing of revegetation years returning back from agricultural land to grassland. The vegetation worked on the soil organic carbon quality and quantity by the withered leaves and other matters, meanwhile they ameliorate soil structure, especially the contents of water stable aggregates. The accumulation of soil organic was affected by vegetation types, revegetation years and also aggregates sizes in loess hilly-gully region.

Key words: soil aggregates; organic carbon; hilly-gully region of Loess Plateau; vegetation restoration

土壤团聚体是土粒经各种作用形成的直径为 10~0.25 mm 的结构单位,是土壤的基本结构单位,其数量和质量决定土壤的性质和肥力^[1,2]。土壤有机碳是土壤的重要组成部分,是土壤养分(如 N, S, P)的贮存库和土壤微生物活动的能量来源,土壤结构的形成和稳定具有重要作用。国内外对土壤有机碳库及其影响因素的研究报道不断涌现,对土壤团聚体的水稳性与有机质含量之间的相关性已做了相当多的研究^[3~6],大部分学者认为土壤团聚体与有机质含量存在正相关关系。李恋卿等^[7]研究发现,植被恢复尤其是豆科、禾本科植物轮作能

X 收稿日期: 2007-07-10

基金项目: 国家自然科学基金(40461006); 国家“十一五”科技支撑计划重大项目(2006BCA01A07); 西北农林科技大学创新团队项目(01140202)

作者简介: 安韶山,男,生于 1972 年,博士,副研究员。主要从事土壤学与流域生态与管理方面的研究。

够较快增加土壤有机碳储存,促进了土壤碳截存,显著贡献于陆地系统对大气 CO₂的汇作用,这种碳存储主要发生在 2~0.25 mm 团聚体。龚森等^[8]研究发现,棕壤和黑土微团聚体组成的优势粒级均为 0.01~0.05 mm,次优势粒级为 0.05~0.25 mm,这些团聚体对土壤有机碳库具有重要贡献。目前,对黄土高原侵蚀地区植被恢复后土壤生态功能提高的研究较多^[9~11],但是缺乏黄土高原有关植被恢复过程中土壤有机碳在不同粒级土壤团聚体中分布特征的探讨^[12]。本研究以宁夏南部云雾山自然保护区及其周边地区作为研究对象,通过对黄土丘陵区土壤在植被恢复过程中土壤有机碳在不同粒级土壤团聚体中的分布特征及其对植被恢复响应的研究,以期阐明植被恢复对土壤质量的影响,为进一步优化植被恢复措施提供理论依据。

1 研究区概况与样品分析

1.1 研究区概况

云雾山自然保护区是经过保护,使植被恢复而建立起来的。它代表我国黄土高原地区温带草原地带及以长芒草为建群种的草原生态系统。通过 20 多年的保护,已具备典型、完整的长芒草原生态系统特征。该区位于宁夏回族自治区固原市东北部,北纬 36°14'~36°20',东经 106°25'~106°29',海拔 1 800~2 148 m,大部分在 2 000 m 以下,为黄土覆盖的低山丘陵区,除村庄道路和农田外,可保护草原面积为 3 400 hm²(包括 133 hm²灌丛),保护区划分为核心区、缓冲区和实验区 3 部分。核心区面积为 1 130 hm²,居保护区中偏北部,缓冲区 1 000 hm²,在保护区南端,试验区 1 879 hm²,从保护区南端起沿南、东、北 3 面位于核心区和缓冲区之外。此外,在保护区外还有 500 hm²的外围保护地带。根据邹厚远^[13]的研究结果,1983 年的研究资料表明,云雾山退牧地恢复到长芒草顶级群落,大约需要 50 年的时间,当时建立保护区的时候,建立了几个不同植被演替阶段的定点观测样方,分别是大针茅群落(78a)、长芒草群落(58a)、铁杆蒿群落(35a)、百里香群落(23a)和杂草群落。在建立保护区之后,先后进行了有关退牧退耕的试验研究,分别与 1991 年、1998 年和 2003 年先后封禁起来的试验地,为本研究提供了有利的野外采样条件。

1.2 样品采集与处理

该自然保护区核心区内,面积 1 000 hm²,主要分布有长芒草、铁杆蒿、芨芨草、百里香、星毛委陵菜、香茅草等群系。在面积大约为 20m×20m 的样地内,按照坡上、坡中、坡下采集原状土壤样品,每个坡位重复两次。土壤层次划分为表层(0~20 cm)及表下层(20~40 cm)。用塑料饭盒采集土壤各层原状土样,带回实验室,在实验室沿土壤自然结构轻轻剥开,将原状土剥成直径为 10~12 mm 的小土块,并剔除粗根和小石块。土样平摊在通风透气处,自然风干。待原状土样室内风干后,用干筛法将其分别过以下筛:>10 mm,10~7 mm,7~5 mm,5~3 mm,3~2 mm,2~1 mm,1~0.5 mm,0.5~0.25 mm,<0.25 mm。将各个粒级的团聚体土样过 0.25 mm 的筛后,用重铬酸钾氧化-外加加热法测定有机碳含量^[14]。

2 结果与分析

2.1 云雾山不同植被群落下土壤各粒级团聚体中有机碳的分布特征

不同土壤团聚体因胶结物不同,其有机碳含量也明显不同。研究结果表明(图 1),无论哪种结构体,表层有机碳含量皆大于表下层,与整体土壤剖面有机碳变化趋势相同。同一层次不同土壤结构体,其有机碳含量显著不同。有机碳含量随土壤结构体从大到小呈“U”形分布,其中大针茅群落、长芒草群落和铁杆蒿群落 0~20 cm 的各个粒级中有机碳含量均显著($P < 0.01$, $n = 18$)高于 20~40 cm 的各个粒级中有机碳的含量,而百里香群落 0~20 cm 与 20~40 cm 的各个粒级中有机碳的含量差别不显著,这表明百里香群落下有机碳在 0~40 cm 土层中的分布相对比较均匀。

同一深度土壤各粒级团聚体中有机碳的分布,表现出 0.5~0.25 mm 粒级团聚体中有机碳的含量明显要高于其它粒级中有机碳的含量,其中长芒草群落和百里香群落 0~20 cm 尤为明显。此外,在大于 0.5~0.25 mm 的各个粒级团聚体中,随着粒级的增大有机碳的含量呈下降趋势。0~20 cm 有机碳含量平均值在 4 个群落中的排序:大针茅群落(30.25 g/kg) > 长芒草群落(25.14 g/kg) > 铁杆蒿群落(24.11 g/kg) > 百里香群落(23.76 g/kg); 20~40 cm 有机碳含量平均值在 4 个群落中的排序:大针茅群落(24.70 g/kg) > 百里香群落(22.02 g/kg) > 长芒草群落(18.92 g/kg) > 铁杆蒿群落(18.91 g/kg)。各土层从 >10 mm,10~7 mm,7~5 mm,2~5 mm,1~2 mm 到 0.25~1 mm 结构体有机碳含量呈递增趋势。从 0.25~0.5 mm 到 <0.25 mm 结构体,有机碳含量呈下降趋势,以 0.25~0.5 mm 结构体有机碳含量最大。表层土壤 0.25~0.5 mm 与 >5 mm 结构体中有机碳平均含量存在显著性差异。Oades 等^[15]也证实 0.1~0.2 mm 团聚体的核心是有机物质。

本研究结构体中有机碳含量以 0.25 ~ 1 mm 粒径范围内最高,说明土壤在团聚化过程,特别是土壤颗粒从微团粒(< 0.25 mm)到团粒(> 0.25 mm)的转化过程中,有机碳起着极其重要的作用。

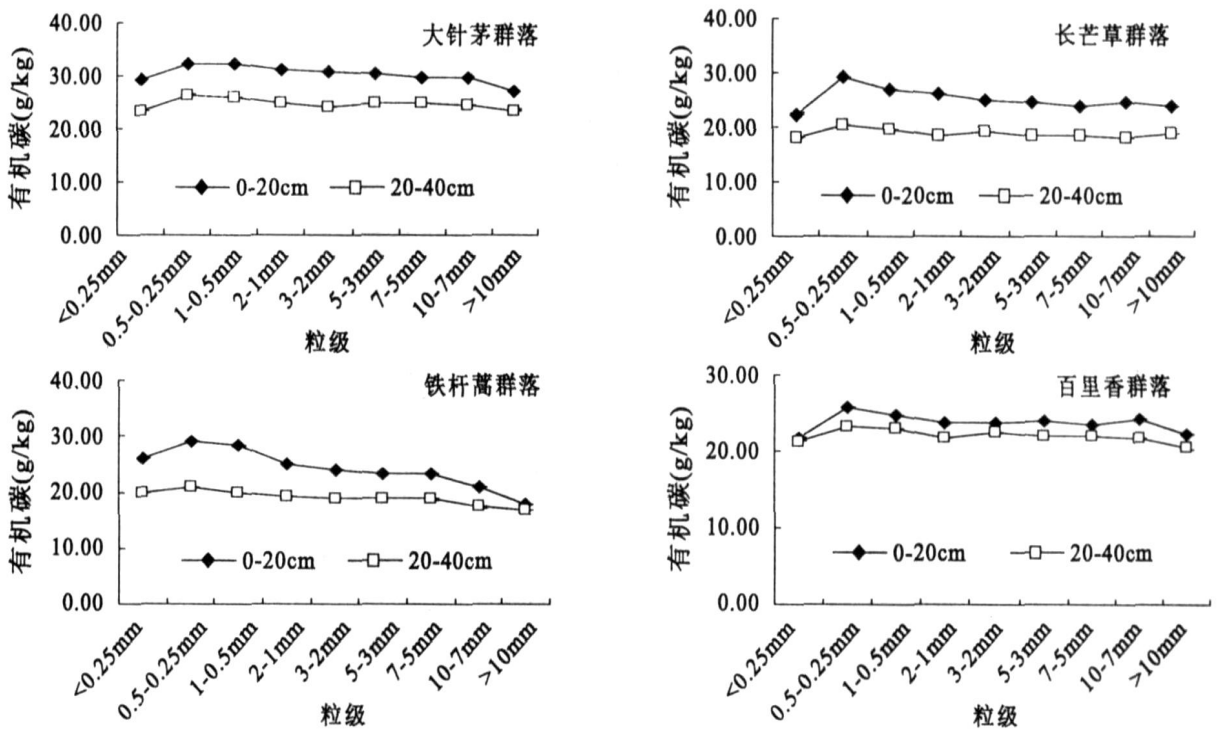


图1 不同植被群落下土壤各粒级团聚体中有机碳的分布特征

2.2 不同恢复年限各粒级土壤团聚体中有机碳的分布特征

由图2可以看出:(1)不同恢复年限各粒级土壤团聚体中有机碳的分布特征表现为:在同一恢复年限、同一粒级的0~20 cm土层中有机碳的含量均高于20~40 cm中有机碳的含量,在恢复21年各粒级0~20 cm与20~40 cm中有机碳的含量总体相差不大,百里香群落下有机碳在0~40 cm土层中的分布相对比较均匀。

(2)在> 10 mm, 10~7 mm粒级中有机碳的分布随恢复年限的增加呈植被恢复初期增加较快,恢复年限达到35年以后有机碳含量呈显著上升趋势;在7~5 mm和5~3 mm粒级中有机碳的分布规律基本一致,在0~20 cm随恢复年限的增加先显著增加然后趋于稳定,恢复年限达到35年以后有机碳含量随恢复年限的增加呈缓慢增加趋势,20~40 cm随恢复年限的增加先显著增加,在恢复21年较高,随后有下降趋势,恢复年限达到35年以后有机碳含量随恢复年限的增加缓慢增加;3~2 mm和2~1 mm粒级中有机碳的分布规律基本一致,0~20 cm在恢复7年有机碳含量较高,随后趋于稳定再缓慢增加。20~40 cm在恢复21年有机碳含量较高,随后有下降趋势。在恢复年限达到35年以后0~20 cm和20~40 cm中有机碳含量均呈上升趋势;1~0.5 mm和0.5~0.25 mm粒级中有机碳的分布规律基本一致,都是随恢复年限的增加有机碳含量呈先增后减再增的趋势,只不过这两个粒级在0~20 cm恢复7年有机碳的含量增加十分显著,甚至还要高于恢复55年和恢复70年的有机碳含量。0~20 cm在恢复21年后有机碳的含量随恢复年限的增加缓慢增加,20~40 cm在恢复21年后有机碳的含量较高,随后缓慢下降,恢复55年后有机碳含量随恢复年限的增加缓慢增加。

土壤团聚体中有机碳的含量随恢复年限的增加而增加,不同恢复年限土壤各个粒级团聚体中有机碳的含量在恢复初期增加较快,以1~0.5 mm和0.5~0.25 mm两个粒级最为明显。随后有一段过渡期,大约为7~35年,此时,有机碳含量趋于稳定,但是当恢复年限达到35年以上时,各粒级团聚体中有机碳的含量变化趋势就呈稳定上升趋势。

3 结论与讨论

植被是土壤储碳、改善土壤养分循环的桥梁,通过植被恢复不仅可以改善土壤环境条件,而且使土壤成为碳的储存库。植被是影响土壤有机碳含量和土壤结构的重要因素。黄土丘陵区不同植被覆盖条件下,土壤有

机碳的分布具有一定的表聚性,有机碳集中分布在土壤的表层。0~20 cm 深度范围内有机碳的含量最高,不同植被群落下有机碳的含量大小为:大针茅群落(30.26 g/kg) > 长芒草群落(25.14 g/kg) > 铁杆蒿群落(24.11 g/kg) > 百里香群落(23.76 g/kg)。不同恢复年限土壤团聚体中有机碳的含量随恢复年限的增加总体呈上升趋势。有关植被恢复中土壤碳储存的相关研究表明,南方红壤地区不同粒级团聚体碳存储主要发生在 2~0.25 mm 团聚体^[7]。小于 0.25 mm 的土壤团聚体中有机碳的分布比较特殊,它不随团聚体粒级的减小而增大,此分布特征在恢复 7 年的 0~20 cm 土层中最为明显。刘毅等研究发现,黄土高原土壤有机碳在不同植被类型条件下土壤结构体中的表现为:在 0.25~1 mm 结构体中最大,有机碳贮量随土壤结构体从大到小呈“∩”形分布,在 1~2 mm 结构体中最低^[12]。本研究的结论略有不同,同一深度土壤各粒级团聚体中有机碳的分布表现为:0.5~0.25 mm 与 1~0.5 mm 两个粒级中有机碳的含量最高,>1 mm 的团聚体中有机碳的含量有随粒级增大而减小的趋势。

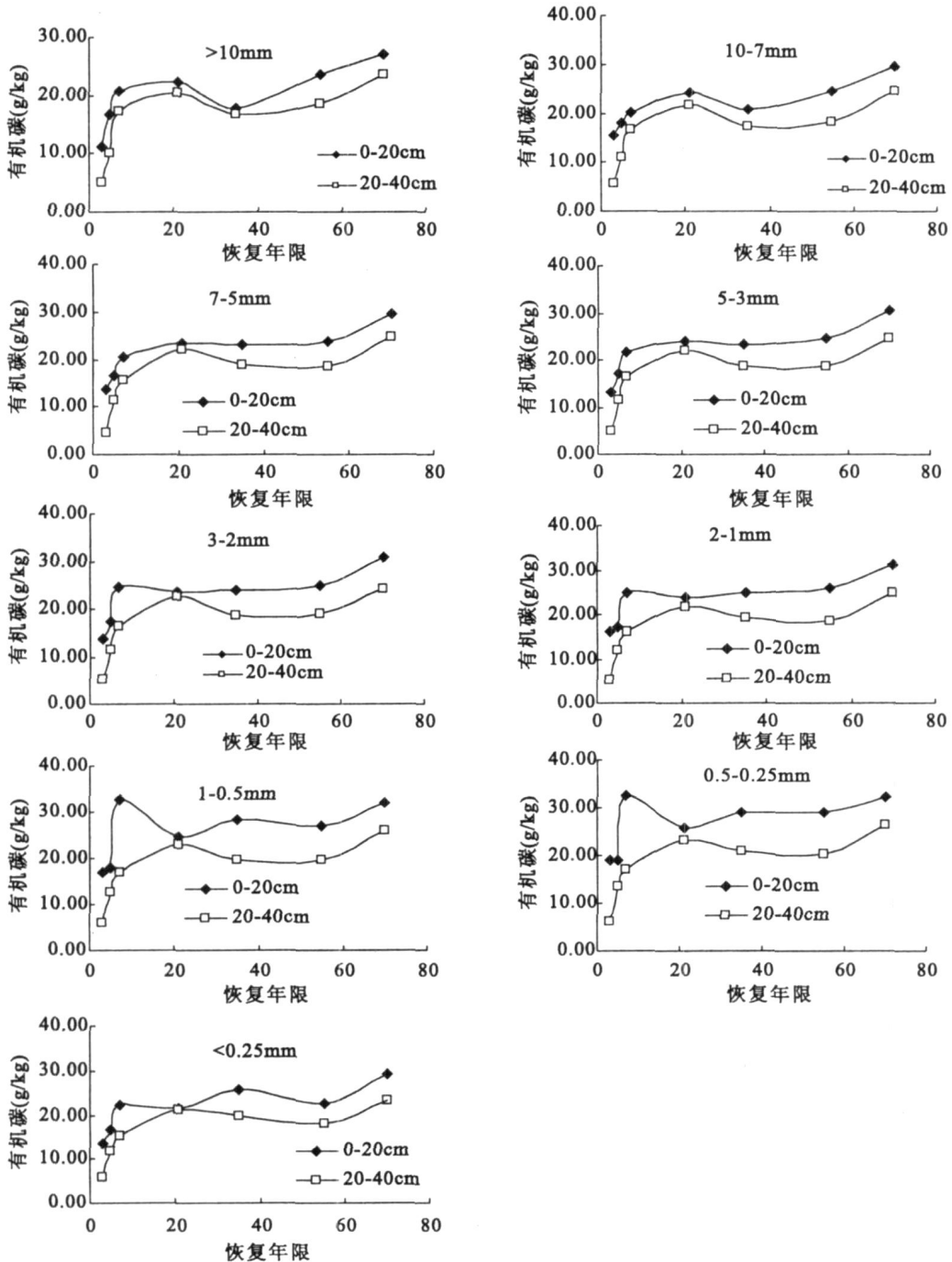


图 2 不同恢复年限植被群落各粒级土壤团聚体中有机碳的分布特征

参考文献:

- [1] Six J, Paustian K, Elliott E T, et al. Soil structure and soil organic matter: Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon[J]. Soil Science Society of America Journal, 2000, 64: 681- 689.
- [2] 彭新华, 张斌, 赵其国. 土壤有机碳库与土壤结构稳定性关系的研究进展[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 618- 623.
- [3] 赵世伟, 苏静, 吴金水. 子午岭植被恢复过程中土壤团聚体有机碳含量的变化[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3): 114- 117.
- [4] 陈恩凤, 关连珠, 汪景宽, 等. 土壤特征微团聚体的组成比例与肥力评价[J]. 土壤学报, 2001, 38(1): 49- 53.
- [5] Oades J M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management [J]. Plant and Soil, 1984, 76(1- 3): 319- 337.
- [6] Jobbagy E G, Jackson R B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation[J]. Ecological Applications, 2000, 10: 423- 436.
- [7] 李恋卿, 潘根兴, 张旭辉. 退化红壤植被恢复中表层土壤微团聚体及有机碳分布变化[J]. 土壤通报, 2000, 31(5): 193- 195.
- [8] 龚森, 张继宏, 须湘成, 等. 棕壤不同粒级微团聚体中有机质特性的研究[J]. 土壤通报, 1992, 23(2): 52- 54.
- [9] 查轩, 唐克丽, 张科利, 等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 52- 58.
- [10] 王国梁, 刘国彬, 许明祥. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复对土壤养分的效应[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 1- 5.
- [11] 常庆瑞, 安韶山, 刘京. 黄土高原恢复植被防止土地退化研究[J]. 水土保持学报, 1999(4): 6- 9.
- [12] 刘毅, 李世清, 邵明安, 等. 黄土高原不同土壤结构体有机碳库的分布[J]. 应用生态学报, 2006, 17(6): 1003- 1008.
- [13] 邹厚远, 关秀琦. 云雾山草原自然保护区的管理途径探讨[J]. 草业科学, 1997, 14(1): 3- 4.
- [14] 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, 1981.

上接第95页

参考文献:

- [1] 韩志萍, 胡正海. 芦竹对不同重金属耐性的研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(1): 161- 165.
- [2] 刘登义, 彭少麟, 等. 香根草和鹅观草对 Cu、Pb、Zn 及其复合重金属的耐性研究[J]. 生物学杂志, 2004, 21(3): 15- 19.
- [3] Verkleij A C, Schat H. Mechanism of metal tolerance in higher plants: Evolutionary Aspects[M]. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1990. 197- 193.
- [4] Liu Donghua, Jiang Wusheng, Liu Changjun, et al. Uptake and accumulation of lead by roots, hypocotyls and shoots of Indian mustard (*Brassica juncea* (L.)) [J]. Bioresource Technology, 2000, 71: 273- 277.
- [5] 张志良. 植物生理学实验指导(第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [6] 韩刚, 李雪梅, 朱颜姝, 等. 环境污染与植物功能[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 廖自基. 环境中微量重金属元素的污染危害与迁移转化[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [8] 李君, 周守标, 黄文江, 等. 马蹄金叶片中铜、铅含量及其对生理指标的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2355- 2358.
- [9] 熊愈辉, 杨肖娥, 叶正钱, 等. 东南景天对镉铅的生长反应及积累特性比较[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(6): 101- 105.
- [10] 孙铁珩, 周启星, 李培军. 污染生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [11] 王松华, 杨志敏, 徐朗莱. 植物铜素毒害及其抗性机制研究进展[J]. 生态环境, 2003, 12(3): 336- 341.
- [12] Liu D Y, Xie J C, Yang S Y, et al. Effects of copper mine tailings on growth and development and physiological function of wheat[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2001, 12(1): 126- 128.

上接第108页

参考文献:

- [1] 吉林省土壤肥料总站. 吉林土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 145- 162.
- [2] 赵兰坡, 等. 不同耕作施肥条件下玉米连作对黑土有机无机复合体性状的影响[J]. 吉林农业大学学报, 1993, 15(3): 49- 55.
- [3] Van Gestel M, Merck X R, Vlassak K, et al. Spatial distribution of microbial biomass in microaggregates of a silty-loam soil and the relation with the resistance of microorganisms to soil drying [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1996, 28: 503- 510.
- [4] 熊毅, 陈家访. 土壤胶体的性质[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 487- 513.
- [5] 王杰, 赵兰坡. 两种培肥措施对黑钙土有机无机复合体腐殖质组成的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 53- 56.
- [6] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988. 34- 41.
- [7] 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 105- 107.
- [8] Tsutsuki K, Kuwatsuka S. Characterization of soil organic matter in particle size fractions obtained from different types of soils[J]. Transactions of 14th ICSS, 1990, 5: 242- 247.
- [9] 关连珠, 张佰泉, 颜丽. 不同肥力土壤微团聚体形成与胶结特性的研究[J]. 土壤学报, 1991, 28(3): 15- 19.