

黄土丘陵半干旱区柠条林对土壤物理性质 及有机质的影响^{*}

张飞¹, 陈云明², 王耀凤³, 王琳琳¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;
3. 陕西省西安市农机监理与推广总站, 西安 710065)

摘 要: 在野外调查和室内实验分析的基础上, 研究了黄土丘陵区不同林龄柠条人工林地土壤物理性质和有机质的变化情况。结果表明: 随着柠条林龄的增加, 柠条林可增加土壤粉粒和黏粒含量, 降低土壤容重(50 a 柠条除外), 改善毛管孔隙状况, 促进土壤的正向发育, > 5 mm 土壤水稳性团聚体含量逐渐增加, 而> 0.25 mm 水稳性团聚体和有机质均出现先减小后增大的现象; 在土壤剖面上, 由于表层土壤受到根系和枯落物的共同影响, 柠条林对表层土壤的各项物理性质改善作用最为明显, 随土层深度增加其改善作用逐渐减弱。

关键词: 柠条林; 黄土丘陵区; 物理性质; 有机质

中图分类号: S157.5, S181

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0105-05

Effects of *Caragana korshinskii* Plantation on Soil Physical Properties and Organic Matter in Semi-arid Loess Hilly Region

ZHANG Fei¹, CHEN Yun-ming², WANG Yao-feng³, WANG Lin-lin¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Xi'an Center of Agricultural Machinery Monitoring and Extension, Xi'an 710065, China)

Abstract: Based on field investigation and analysis in lab, the variation of physical properties and organic matter of soil under impacts of *Caragana korshinskii* plantation with different ages in loess hilly region were studied in this paper. The results showed that as age grew, *Caragana korshinskii* plantation could increase silt and clay proportions in soil but lower the bulk density (except 50 years old plantation), besides, improve the soil porosity, promote positive development of the soil. In the aging process of *Caragana korshinskii* plantation, the content of water stable aggregate > 5 mm gradually increased; the content of water stable aggregate > 0.25 mm and organic matter declined at first, then increased. *Caragana korshinskii* plantation had the most obvious improving effect on physical properties of top soil layer. But deeper the soil profile was, the weaker the effect was.

Key words: *Caragana korshinskii* plantation; loess hilly region; physical property; organic matter

土壤是植被生长的基础, 提供着植被生长所需的水分和各种营养元素, 植被同时也参与土壤的形成, 改善土壤的性状^[1]。柠条(*Caragana korshinskii*)是豆科锦鸡儿属多年生落叶灌木, 在黄土高原

地区大面积栽植, 发挥着重要的水土保持和生态保护作用^[2]。有关研究表明: 5 龄柠条林具有降低土壤容重, 改善孔隙状况的作用^[3]; 随着林龄的增大, 柠条林可以促进黏粒和粉粒的增加^[4]; 8 龄、18 龄柠

* 收稿日期: 2010-03-07

基金项目: 陕西省科学院科技计划重点项目“陕北黄土丘陵区植被恢复与动物多样性保护关键技术”(2008K-04); 国家科技支撑重点课题“植被优化配置与可持续建设技术”(2006BAD09B03); 中科院西部行动计划课题“林草植被恢复潜力与生态稳定性”(KZCX2-XB2-05-03)

作者简介: 张飞(1984-), 男, 陕西咸阳人, 在读硕士, 研究方向为人工林恢复。E-mail: zf1002@163.com

通信作者: 陈云明(1967-), 男, 陕西澄城人, 研究员, 研究方向为植被生态。E-mail: ymchen@ms.isw.c.ac.cn

条林可明显提高土壤中有有机质、速效氮和速效钾的含量,明显提高土壤有机质、水稳性团聚体含量,改善土壤结构性能^[5]。也有学者认为,柠条林地土壤养分状况与生长年限关系不大^[6],4 龄以下柠条林地消耗性土壤^[7]。这些研究结果有助于正确认识柠条林的土壤生态功能,也反映了柠条林生长过程对土壤环境影响的复杂性。

为了深入分析柠条林生长对土壤理化性质的影响规律,以黄土丘陵半干旱区安塞纸坊沟流域不同林龄的柠条林为研究对象,研究其土壤物理性质和有机质的变化规律,为客观评价柠条人工林的生态保护作用及科学管理现有的柠条林提供依据。

1 研究区概况

研究区位于陕西省延安市安塞县纸坊沟流域内。流域总面积 8.27 km²,地貌类型属典型黄土丘陵沟壑区;地理位置 109°13′46″–109°16′03″E,36°42′42″–36°46′28″N,海拔 1 100~1 400 m;气候类型属于温带半

干旱气候区,年均气温 8.8℃,干燥度 1.5,无霜期 160 d;全年平均降雨量 542.5 mm,且多集中在 7–9 月三个月;土壤为黄绵土;植被分区属于暖温带森林草原过渡带,天然林因遭破坏已不存在,人工林乔木以刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、小叶杨(*Populus simonii*)等乔木树种为主;灌丛主要有柠条(*Caragana korshinski*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等人工林灌丛,以及封禁后形成的黄刺玫(*Rosa xanthina*)、狼牙刺(*Sophora viciifolia*)等天然灌丛;草本主要为铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、芨蒿(*Artemisia giraldii*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)等形成的草原和干草原。

2 材料与方法

2.1 试验样地概况

在纸坊沟流域内,选取坡度、坡向、坡位等立地条件相对一致的 14 龄、24 龄和 50 龄的柠条林地及 30 a 撂荒地作为对照样地,所选样地概况见表 1。

表 1 试验样地概况

| 林分类型 | 坡度/ (°) | 坡向 | 密度/ (m×m) | 地上生物量/ (g·m ⁻²) | 枯落物量/ (g·m ⁻²) | 地下生物量/ (mg·cm ⁻³) | 地表草本 植被 |
|---------|------------|----|--------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------|
| 14 龄柠条林 | 26 | 阴坡 | 4×1.5 | 189 | 82 | 0.30 | 铁杆蒿+芨蒿 |
| 24 龄柠条林 | 24 | 阴坡 | 2×1.5 | 630 | 109 | 0.44 | 芨蒿+铁杆蒿 |
| 50 龄柠条林 | 26 | 阴坡 | 2×1.5 | 751 | 124 | 0.50 | 芨蒿+铁杆蒿+披苔 |
| 荒坡对照 | 26 | — | — | — | — | 0.79 | 芨蒿+铁杆蒿 |

2.2 样品采集与分析方法

采样于 2007 年 5 月进行。在每个样地内沿对角线选取 5 丛代表性的植株,在每丛植株附近选取一个 1 m×1 m 小样方进行地上地下生物量和枯落物量调查,地上生物量采用收获法,地下生物量采用改进四分之一样圆法^[8]取点,用 9 cm 生物钻取样,采样深度为 0–60 cm,分 0–20 cm、20–40 cm、40–60 cm 各取样一次,生物量和枯落物均在室内烘干称得干重;在 5 丛代表株按照距离根系远近不同多点采集混和土壤样品,采样深度为 0–60 cm(分 0–20 cm、20–40 cm、40–60 cm 三层),并在各株丛附近挖土壤剖面,用环刀分别取土用于容重和孔隙度的测定,三次重复。

土壤物理性质和有机质的测定均参考标准方法进行^[9-10]:土壤机械组成采用 MS2000 激光粒度仪–马尔文法;容重采用环刀法,总孔隙度采用计算法,公式为

$$\text{土壤总孔隙度} = (1 - \text{容重} / \text{比重}) \times 100\%;$$

土壤水稳性团聚体测定采用湿筛法;有机质采用硫酸–重铬酸钾外加热法。

数据处理主要是采用 Excell 和 SPSS 统计分析软件完成。

3 结果与分析

3.1 土壤颗粒组成

土壤颗粒机械组成是土壤最基本的物理属性之一,土壤质地砂粒化是反映土地退化程度的重要指标^[11]。

从图 1(A)可以看出,测定样地的黏粒含量随着土层深度增加而呈增加趋势,但 0–20 cm 土层的黏粒含量显著低于 20–40 cm、40–60 cm 土层,后 2 个土层间的黏粒含量差异较小;14 龄和 24 龄林黏粒含量变化并不明显,50 龄林和 30 龄荒坡显著高于前 2 个林分,0–60 cm 土层的平均黏粒含量分别为 6.6%、6.4%、9.5%、8.3%,说明柠条林在 14 龄、24 龄林阶段,虽然生长旺盛,但对土壤黏粒含量的改善作用有限。测定样地的粉粒含量 50 龄林和 30 龄荒坡随土层深度的增加变化趋势与黏粒相似,14 龄和 24 龄林的变化则不明显(图 1B);随林龄增加,柠条林 0–60 cm 土层的平均粉粒含量分别为 28.9%、26.1%、31.1%,24 龄林低于 14 龄和 50 龄林。图 1(C)中 50 龄林和 30 龄荒坡 20–40 cm、40–60 cm 土层的砂粒含量没有明显差异,但分别较 0–20 cm 土层降

低 7.3%~8.2%、4.4%~4.8%; 14 龄林仅在表层 0~20 cm 土层对砂粒含量具有减小作用, 后 2 个层次间没有明显差异, 但均高于 0~20 cm 土层 3% 左右, 24 龄林随土层深度增加其砂粒含量没有明显变化, 表明柠条林在老龄阶段可以显著改善土壤质地。

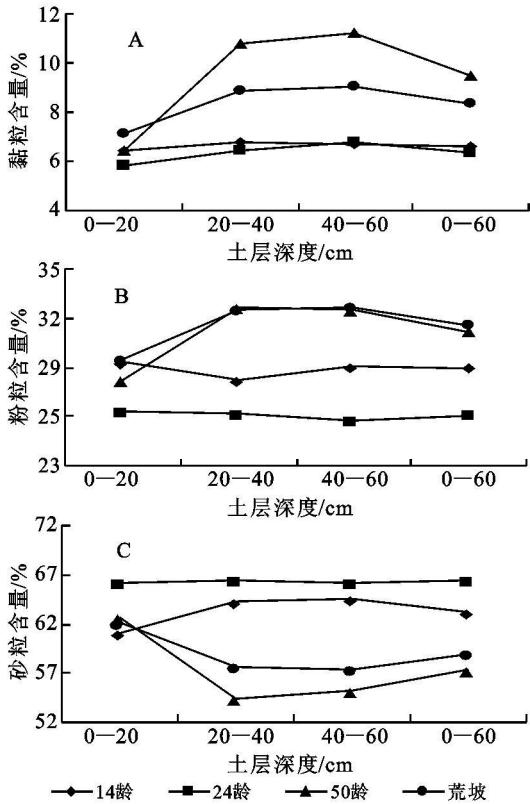


图 1 不同林龄柠条林地土壤颗粒组成

3.2 土壤容重

由表 2 可以看出, 柠条林地 0~60 cm 土层容重

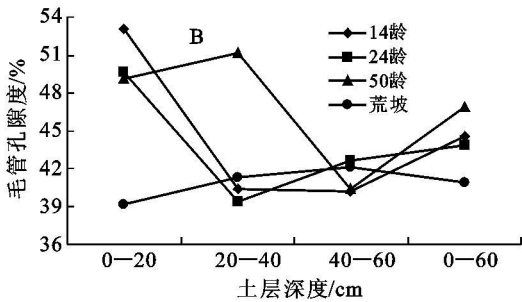
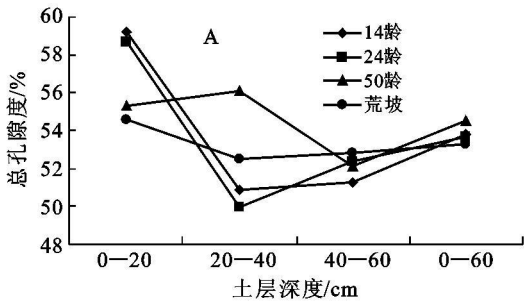


图 2 不同林龄柠条林地土壤孔隙度

3.4 土壤团聚体

土壤团聚体是土壤的重要组成部分, 具有良好水稳性团聚体结构的土壤, 不仅能够满足植物对水分、养分、湿度、空气的需求, 而且具有良好的抗冲抗蚀性能^[13-15]。

在柠条林生长过程中, 土壤水稳性团聚体含量也随之发生变化(表 3)。在 0~60 cm 土层, 随林龄增加, >0.25 mm 水稳性团聚体含量呈“V”字型变化, 14

为 1.04~1.28 g/cm³, 随林龄增加对土壤容重的改善作用趋于显著, 14 龄与 24 龄林对土壤容重的改善作用主要在 0~20 cm 土层, 20 cm 以下土层变化很小, 50 龄林则对 0~40 cm 土层的改善作用较大, 不同林龄柠条林地表层 0~20 cm 土层容重均小于对照地, 说明柠条林对土壤表层容重改善效果明显, 20 cm 以下土层的容重变化对照荒坡与 14、24 龄林相似。

表 2 不同林龄柠条林地土壤容重 g/cm³

| 林分类型 | 0-20 cm | 20-40 cm | 40-60 cm |
|------|---------|----------|----------|
| 14 龄 | 1.04 | 1.26 | 1.25 |
| 24 龄 | 1.06 | 1.28 | 1.22 |
| 50 龄 | 1.14 | 1.12 | 1.28 |
| 荒坡对照 | 1.16 | 1.21 | 1.22 |

3.3 土壤孔隙度

土壤孔隙的组成直接影响土壤通气、透水性和根系穿插的难易程度, 并且对土壤中水、肥、气、热和微生物活性等发挥着重要的调节功能^[12]。由图 2 可以看出, 0~60 cm 土层的总孔隙度和毛管孔隙度平均值以 50 龄林最高, 其值分别为 54.5%、46.9%, 荒坡与 14 龄、24 龄林间的差异不明显, 变化范围分别为 53.3%~53.8%、40.9%~44.5%; 14 龄、24 龄林在 0~20 cm 土层总孔隙度、毛管孔隙度显著高于其它层次, 50 龄林的总孔隙度随深度的增加变化相对平缓, 变化在 52.1%~56.1%, 毛管孔隙度则在 0~40 cm 土层较高, 40~60 cm 土层显著降低; 荒坡总孔隙度随深度增加的变化规律与 50 龄林相似, 毛管孔隙度的变化则随深度增加变化不明显。

龄柠条林含量为 35.4%, 至 24 龄时减少为 20.1%, 到 50 龄时则上升到 54.8%, 其原因可能是: 柠条林在 14~24 龄左右仍处于快速生长期, 林地土壤有机质累积、消耗较快, 影响到水稳性团聚体的形成, 到 50 龄林时, 生长趋缓, 有利于有机质累积和团聚体的形成。由表 4 还可以看出, 随着土层深度的增加, 测定样地 >0.25 mm 水稳性团聚体含量均明显降低。

表 3 不同林龄柠条林土壤团聚体百分含量 %

| 林分 类型 | 土层/ cm | 径级/mm | | | | | | |
|-------------|-----------|-------|--------|--------|--------|-----------|--------|-------|
| | | > 5 | 2.5~ 5 | 1~ 2.5 | 0.5~ 1 | 0.25~ 0.5 | > 0.25 | |
| 14 龄 柠条林 | 0~ 20 | 6.15 | 13.89 | 7.86 | 7.68 | 6.63 | 42.21 | 35.4* |
| | 20~ 40 | 3.74 | 5.80 | 6.66 | 7.90 | 7.98 | 32.08 | |
| | 40~ 60 | 2.15 | 3.39 | 6.30 | 10.36 | 9.81 | 32.01 | |
| 24 龄 柠条林 | 0~ 20 | 12.87 | 5.78 | 4.81 | 5.13 | 4.65 | 33.25 | 20.1* |
| | 20~ 40 | 0.50 | 1.57 | 3.09 | 4.02 | 5.83 | 15.00 | |
| | 40~ 60 | 0.41 | 1.21 | 2.11 | 3.32 | 4.98 | 12.03 | |
| 50 龄 柠条林 | 0~ 20 | 47.02 | 9.49 | 4.06 | 5.61 | 3.59 | 69.76 | 54.8* |
| | 20~ 40 | 24.01 | 6.94 | 7.41 | 8.03 | 7.05 | 53.43 | |
| | 40~ 60 | 5.08 | 9.57 | 8.56 | 11.21 | 6.83 | 41.24 | |
| 荒坡 对照 | 0~ 20 | 41.49 | 12.97 | 5.43 | 3.59 | 3.35 | 66.82 | 44.6* |
| | 20~ 40 | 6.83 | 7.32 | 7.03 | 8.32 | 5.60 | 35.10 | |
| | 40~ 60 | 5.60 | 4.05 | 6.68 | 8.36 | 7.40 | 32.09 | |

注: 带 * 的数据表示 0~ 60 cm 土层> 0.25 mm 水稳性团聚体含量的平均值。

3.5 土壤有机质

由图 3 可以看出,0~ 60 cm 土层平均有机质含量,除 24 龄林较低(值为 4.3 g/kg),其它林龄与荒坡相近,其值变化在 6.0~ 6.2 g/kg;不同林龄柠条林地与荒坡的土壤有机质主要集中在表层 0~ 20 cm 土层,14 龄、24 龄、50 龄及荒坡分别占到 0~ 60 cm 土层平均有机质含量的 171.3%、191.9%、158.4%、160.8%,20~ 40 cm、40~ 60 cm 土层的有机质差异不明显。

3.6 土壤指标之间相关性分析

对柠条林地土壤物理性质及有机质进行相关性分析,结果表明:土壤黏粒和粉粒间达到极显著相关,而与砂粒则是负的极显著相关,这说明柠条人

工林可以促进土壤砂粒向黏粒和粉粒的转化,改善土壤质地;土壤容重与其它各指标(除粉粒和黏粒外)之间均表现为负相关性;而土壤有机质与> 0.25 mm 团聚体呈现显著相关,说明有机质含量与土壤水稳性团聚体的形成关系密切。

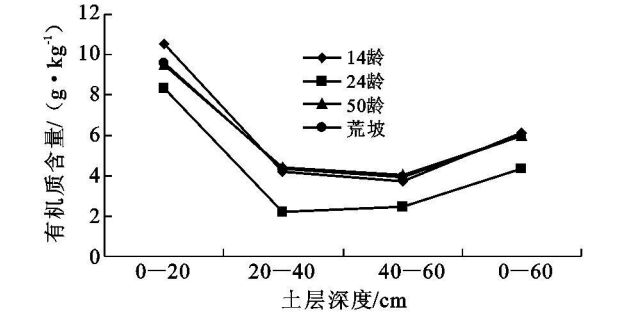


图 3 不同林龄柠条林地土壤有机质含量

表 4 土壤物理性质及有机质相关性分析

| 指 标 | 黏 粒 | 砂 粒 | 容 重 | 总孔度 | 毛管孔度 | > 0.25 mm 团聚体 | 有机质 |
|------------------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|------------------|-----------|
| 粉 粒 | 0.86** | - 0.979** | 0.394 | - 0.347 | - 0.298 | 0.175 | - 0.167 |
| 黏 粒 | | - 0.949** | 0.431 | - 0.346 | - 0.218 | - 0.006 | - 0.409 |
| 砂 粒 | | | - 0.422 | 0.358 | 0.276 | - 0.108 | 0.271 |
| 容 重 | | | | - 0.982** | - 0.879** | - 0.443 | - 0.694** |
| 总孔度 | | | | | 0.880** | 0.455 | 0.709** |
| 毛管孔度 | | | | | | 0.341 | 0.489 |
| > 0.25 mm 团聚体 | | | | | | | 0.623* |

注: ** 表示极显著相关($p < 0.01$); * 表示显著相关($p < 0.05$)。

4 结论与讨论

柠条是黄土丘陵区植被恢复的主要灌木树种,其根系属轴根型分蘖类型,有很强的穿透能力,根系生长过程中可以疏松土壤,物理条件得到改善,有利于柠条的生长^[3]。随柠条林龄的增加,林地内土壤黏粒和粉粒含量逐渐增加,砂粒含量降低;土壤容重

也得到改善(除 50 龄林外),总孔隙度和毛管孔隙度状况得到改善,提高了土壤的持水和透气能力,有利于柠条根系的生长;> 5 mm 土壤水稳性团聚体含量逐渐增加,而> 0.25 mm 水稳性团聚体和有机质均出现先减小后增大的现象,许多学者认为土壤团聚体与有机质含量存在正相关关系,有机质含量对土壤团聚体的形成有很大影响^[16-19],本文也得出土壤

团聚体与有机质具有显著相关性的结论。在土壤剖面上, 柠条林对土壤表层土壤的改善作用最为明显, 表层土壤各物理性质指标和有机质含量均好于下层土壤。由此可见, 在干旱半干旱黄土丘陵区, 柠条可以明显改善林地各项土壤物理性质, 提高有机质含量, 促进土壤的正向发育。

本文虽然选取了较长时间序列的柠条林, 但仍显不足, 如 14 龄以下没有涉及, 24~ 50 龄间隔太长, 因此 14 龄以前以及 24~ 50 龄间的变化趋势我们无从得知, 这样势必造成对柠条幼龄、中龄林的生长状况分析的不够透彻。因此, 笔者建议在以后的研究中尽量选取多的时间序列(包括柠条林的各个生长阶段), 这样更能清楚地分析柠条林各个阶段的生长状况, 有利于揭示柠条林恢复过程的内在机理。

参考文献:

[1] 宋咏昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 171- 173.

[2] 牛西午. 柠条的栽培和利用[M]. 太原: 山西科学教育出版社, 1988.

[3] 牛西午, 张强, 杨治平, 等. 柠条人工林对晋西北土壤理化性质变化的影响研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23 (4): 628- 632.

[4] 张晋爱, 张兴昌, 邱丽萍, 等. 黄土丘陵区不同年限柠条林地土壤质量变化[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26: 136- 140.

[5] 安韶山, 黄懿梅. 黄土丘陵区柠条林改良土壤作用的研究[J]. 林业科学, 2006, 42(1): 70- 73.

[6] 刘增文, 李素雅. 黄土丘陵区柠条林地养分状况及其循环规律[J]. 生态学杂志, 1997, 16(6): 27- 29.

[7] 王生芳, 何世玉. 柠条人工林地土壤肥力的评价[J]. 青海农林科技, 1998(3): 29- 31.

[8] 李鹏, 赵忠, 李占斌, 等. 渭北黄土区刺槐根系空间分布特征研究[J]. 生态环境, 2005, 14(3): 405- 409.

[9] 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.

[10] 鲍世旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1981: 25- 108.

[11] 常庆瑞, 安韶山, 刘京, 等. 黄土高原恢复植被防止土地退化效益研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4): 6- 10.

[12] 田大伦, 陈书军. 樟树人工林土壤水文物理性质特征分析[J]. 中南林学院学报, 2005, 25(2): 54- 61.

[13] 吴承祯, 洪伟. 不同经营模式土壤团粒结构的分形特征研究[J]. 土壤学报, 1999, 36(2): 162- 167.

[14] 王清奎, 汪思龙. 土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 415- 421.

[15] Rattan L. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century [J]. Soil Science, 2000, 165: 191- 207.

[16] 赵世伟, 苏静, 吴金水, 等. 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.

[17] 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.

[18] Oades J M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management [J]. Plant and Soil, 1984, 76(1/3): 319- 337.

[19] 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.

(上接第 104 页)

[8] 龚伟, 颜晓元, 蔡祖聪, 等. 长期施肥对华北小麦- 玉米轮作土壤物理性质和抗蚀性影响研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(3): 520- 525.

[9] Anzen H H. Soil organic matter characteristics after long term cropping to various spring wheat rotations [J]. Canadian J. Soil Sci, 1987, 67: 845- 856.

[10] Gregorich E G, Carter M R, Angers D A, et al. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils[J]. Can. J. Soil Sci., 1994, 74: 376- 385.

[11] 杨越, 曹波, 孙保平, 等. 生态垫对流动沙地土壤温湿度和养分的影响[J]. 水土保持研究, 2008, 15(3): 81- 84.