

川中丘陵区边坡防护林对农田土壤有机碳的影响 ——以盐亭县为例

李亚琴, 李 梁, 黄 蓉, 张益凡, 何海洋, 杨占彪^① (四川农业大学资源环境学院, 四川 成都 611130)

摘要: 通过边坡防护林和轮作措施的区组对比分析, 研究川中丘陵区典型的边坡防护林——柏木林对农田土壤有机碳和微生物量碳含量分布的影响。结果表明, 有边坡防护林的 2 种农田(油菜-玉米轮作和玉米单作)土壤有机碳和微生物量碳含量明显高于无防护林同类农田。有防护林的农田土壤有机碳和微生物量碳含量呈与防护林距离减小而下降的变化趋势; 而无防护林农田内, 不同距离土壤有机碳和微生物量碳含量无显著差异。多因素方差分析表明, 防护林对土壤有机碳和微生物量碳含量的影响均达显著水平, 轮作措施仅对浅层土壤微生物量碳含量的影响达显著水平。总体上看, 柏木防护林能增加农田土壤有机碳含量, 但同时近距离农作物存在一定的胁迫作用, 应该对纯柏木防护林的结构和组成进行改造。

关键词: 川中丘陵区; 防护林; 土壤有机碳; 土壤微生物量碳; 轮作

中图分类号: S158.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673 - 4831(2012)03 - 0255 - 05

Effect of Shelterbelt on Soil Organic Carbon in Farmland in Hilly Area of Central Sichuan Basin: A Case Study of Yanting. LI Ya-qin, LI Liang, HUANG Rong, ZHANG Yi-fan, HE Hai-yang, YANG Zhan-biao (College of Resource and Environment, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: Farmland shelterbelt has an important ecological effect on agroecosystem. A comparative analysis was conducted of soil organic carbon(SOC) and soil microbial biomass carbon(C_{mic}) in field with shelterbelt and fields under crop rotation in the hilly region of central Sichuan basin, to study effects of cypress shelterbelt on two parameters. Results show that SOC and C_{mic} contents in the farmlands (under rapeseed-maize rotation and monocropping of maize) with shelterbelt were significantly higher than that in the farmlands without shelterbelt, and declined with the increasing distance from the shelterbelt. However, in the fields without shelterbelt, the distribution of SOC and C_{mic} did not vary much. According to the multifactor variance analysis, shelterbelt had significant effects on both SOC and C_{mic} , while crop rotation had such effect only on soil C_{mic} in the shallow soil layer. The experiment showed that on the whole the cypress shelterbelt can improve SOC content in the farmland, but it does somewhat affect growth of the crop in its vicinity. It is, therefore, advisable to alter the composition or restructure the pure cypress shelterbelt.

Key words: hilly area of central Sichuan basin; shelterbelt; soil organic carbon; soil microbial biomass carbon; crop rotation

农田防护林作为一种再生资源性林种,可以降低风速、控制土壤侵蚀、塑造农田景观、创建生物栖息环境,对保护农田生态系统以及维护农业生态平衡具有重要意义^[1]。目前,中国已经成为世界上规模最大的林业生态工程建设国家^[2],其中包括著名的“三北”防护林和长江中上游防护林建设。川中丘陵区为典型浅状丘陵地貌,该区的防护林是长江中上游防护林的组成部分,主要以柏木(*Cupressus funebris*)为主体。已有研究表明,防护林对风沙的控制作用显著,并且能改善农田微环境^[3]。目前,国内对防护林研究的主要目的已经从防风固沙转变为改良土壤和改善农业生态系统^[2,4]。防护林在

增加农田生态系统生态效益的同时,也具有一定的胁迫作用^[5-6]。

由于受土壤生物生命活动和人类生产活动的影响,土壤有机碳(SOC)数量处于不断变化中,是陆地生态系统中最活跃的部分之一^[7]。目前关于防护林的研究多集中在干旱和沿海地区,讨论重点集中在防护林建设、防护效应及其对小气候的影响等方面^[8-9],对于林下农田土壤有机碳的研究相对较少。笔者就川中丘陵区典型农田土壤有机碳及其

收稿日期: 2011 - 12 - 14

基金项目: 国家科技支撑计划(2008BAD98B05)

① 通信作者 E-mail: yzb195@126.com

分布特征进行研究,探讨柏木防护林对农田土壤有机碳的影响,为川中丘陵区农田边坡防护林的建设

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于四川盆地中北部的盐亭县(北纬 30° 58' 31" ~ 31° 29' 40",东经 105° 12' 17" ~ 105° 43' 20")。该县地貌以丘陵和低山为主,海拔 400 ~ 600 m,气候类型属亚热带季风气候,年均气温 17.3 °C,极端最高气温 40 °C,极端最低气温 -5.1 °C,多年平均降水量 825.5 mm。土壤以紫色土和水稻土为主,分别占全县耕地面积的 72.8% 和 23.26% [10]。农作物以水稻、玉米、小麦和油菜为主,其中旱地多实行油菜-玉米轮作。盐亭县于 1970 年代大规模灭荒造林,并采用初植密度 6 000 ~ 12 000 株 · hm⁻² 的高密度方式,以解决用材烧柴问题。最初营造的林分为桉柏混交林,后期由于各种环境因素和柏木生长的绝对优势,混交树种中桉木大部分死亡,全县 90% 以上为纯柏木林。

1.2 试验设计

在盐亭县林山乡金线村小流域内选择有柏木防护林和无柏木防护林的旱地为试验样地,在 2 种样地中同时选择 2 种不同种植制度(油菜-玉米轮作和玉米单作)进行区组配对试验,共计 4 种处理:有边坡防护林的油菜-玉米地(A)、有边坡防护林的玉米地(B)、无边坡防护林的油菜-玉米地(C)和无边坡防护林的玉米地(D)。样地采用同样的施肥

制度,即在每年春季种植时施肥,施肥量折合为 N 150.0 kg · hm⁻², P₂O₅ 90.0 kg · hm⁻², K₂O 54.1 kg · hm⁻²,前茬留田。农田土壤平均 pH 值 8.83,全氮 0.62 g · kg⁻¹,全磷 0.64 g · kg⁻¹,全钾 18.42 g · kg⁻¹,碱解氮 42.29 mg · kg⁻¹,有效磷 4.16 mg · kg⁻¹,速效钾 71.39 mg · kg⁻¹。

于 2011 年 4 月 20 日,在样地 A 和 B 中,从防护林到农田中央 0、2 和 5 m 处进行样点布设;在样地 C 和 D 中,从农田边缘到农田中央 0、2 和 5 m 处进行样点布设。每块样地不同距离样点设 3 个重复,每个样点分别采集 0 ~ 10 和 > 10 ~ 20 cm 深度土样。2011 年 9 月 20 日再次以同样的方式采集土样,此时样地 A 和 C 在油菜收获后改种玉米,样地 B 和 D 进行玉米留茬。对所采集的土壤样品分别测定有机碳和微生物量碳(C_{mic})含量。土壤有机碳含量采用重铬酸钾容量法(外加热法)测定 [11],微生物量碳含量采用熏蒸提取(容量分析法)测定 [12]。

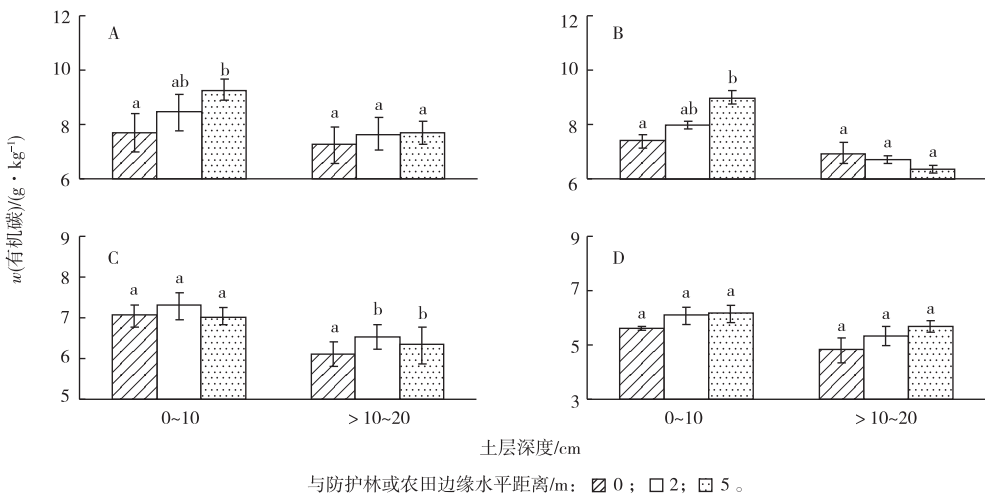
1.3 数据处理

采用单因素方差分析(ANOVA)对不同处理、不同距离样点土壤有机碳和微生物量碳含量进行比较,采用多因素方差分析比较防护林和轮作措施对土壤有机碳和微生物量碳含量的影响。所有数据采用 SPSS 13.0 软件处理,采用 Excel 2003 软件作图。

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳含量的分布特征

图 1 为 2011 年 4 月 20 日 4 种样地土壤有机碳含量的分布情况。



A—有防护林的油菜-玉米轮作地; B—有防护林的玉米地; C—无边坡防护林的油菜-玉米轮作地; D—无边坡防护林的玉米地。同一组直方柱上方英文小写字母不同表示与防护林或农田边缘不同水平距离处土壤有机碳含量差异显著(P < 0.05)。

图 1 4 月 20 日川中丘陵区有无边坡防护林农田土壤有机碳含量分布

Fig. 1 Distribution of soil organic carbon in farmlands with and without shelterbelt (April 20)

从图1可以看出,样地A和B土壤有机碳含量高于样地C和D。土壤有机碳含量的垂直变化明显,总体上0~10 cm土层有机碳含量高于>10~20 cm土层。水平方向上,轮作之前(4月20日),样地A和B土壤表层(0~10 cm)有机碳含量随着与防护林距离的缩短而减小,距柏木防护林0 m处土壤有机碳含量显著低于5 m处($P < 0.05$)。对于>10~20 cm土层而言,与防护林不同距离土壤有机碳含量无显著差异($P > 0.05$)。对于没有边坡防护林的样地C和D,水平方向上土壤有机碳含量变化趋势不明显,除样地C>10~20 cm土层以外,与

农田边缘不同距离处土壤有机碳含量差异均未达显著水平($P > 0.05$)。

由图2可见,样地A和B土壤有机碳含量随着与柏木防护林距离缩短而减少,距防护林5 m处0~10 cm土层有机碳含量分别为9.85和9.46 $g \cdot kg^{-1}$,显著高于0和2 m处;距防护林0 m处>10~20 cm土层有机碳含量显著低于5 m处($P < 0.05$)。样地C和D中,与农田边缘不同距离处土壤有机碳含量差异均未达显著水平($P > 0.05$)。总体来看,边坡防护林对农田土壤有机碳含量的水平分布具有显著影响。

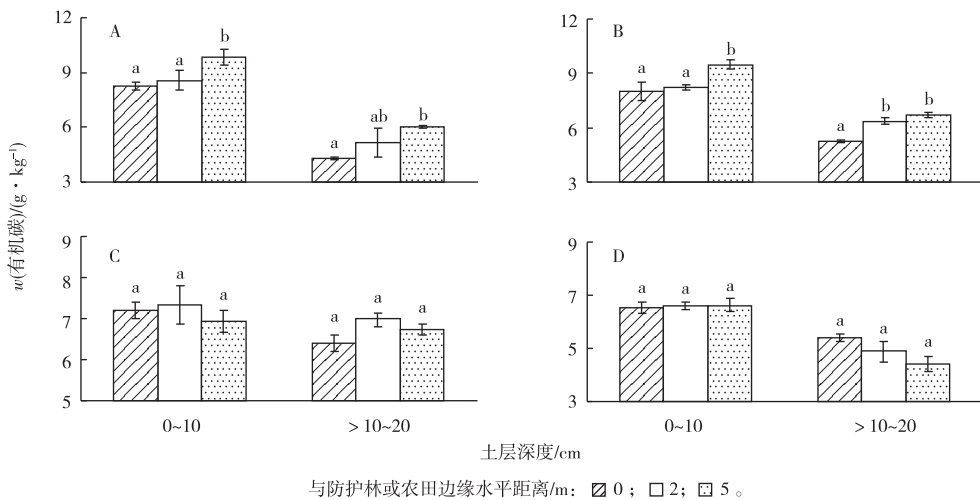


图2 9月20日川中丘陵区有无边坡防护林农田土壤有机碳含量分布
A—有防护林的油菜-玉米轮作地; B—有防护林的玉米地; C—无防护林的油菜-玉米轮作地; D—无防护林的玉米地。
同一组直方柱上方英文小写字母不同表示与防护林或农田边缘不同水平距离处土壤有机碳含量差异显著($P < 0.05$)。

图2 9月20日川中丘陵区有无边坡防护林农田土壤有机碳含量分布

Fig. 2 Distribution of soil organic carbon in farmlands with and without shelterbelt (September 20)

2.2 土壤微生物量碳含量的分布特征

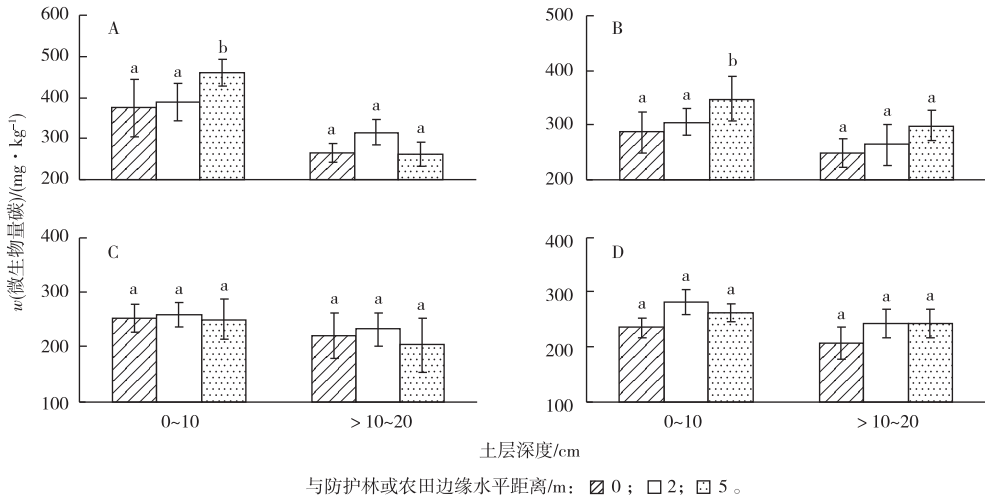
图3为4月20日不同处理样地土壤微生物量碳含量的分布情况。从图3可以看出,样地A和B中,0~10 cm土层微生物量碳含量随着与柏木防护林距离的缩短而减小,距防护林5 m处土壤微生物量碳含量显著高于0和2 m处($P < 0.05$);但对于>10~20 cm土层,与防护林不同距离处土壤微生物量碳含量无显著差异($P > 0.05$)。说明边坡防护林对表层土壤微生物量碳含量的影响较大。无防护林的样地C和D中,与农田边缘不同距离处土壤有机碳含量差异均未达显著水平($P > 0.05$)。

由图4可见,9月20日,由于土壤温度等因素的影响,各样地土壤微生物量碳含量均有不同程度增加。总体来看,样地A和B土壤微生物量碳含量高于样地C和D。样地A和B中,0~10和>10~

20 cm土层微生物量碳含量总体表现为随与边坡防护林距离缩短而降低,距防护林5 m处土壤微生物量碳含量显著高于0 m处($P < 0.05$)。样地C和D中,与农田边缘不同距离处土壤有机碳含量差异均未达显著水平($P > 0.05$)。

2.3 边坡防护林和轮作措施对土壤有机碳和微生物量碳的影响

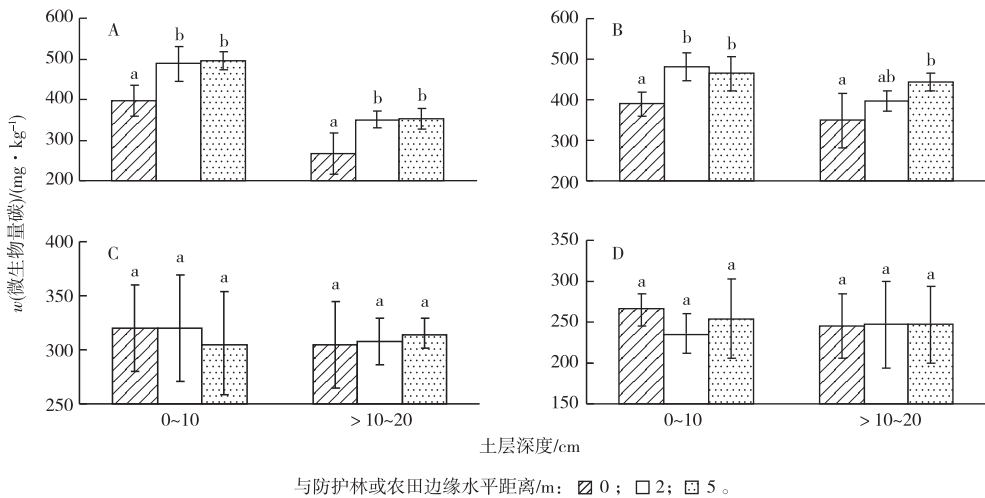
通过多因素方差分析(表1)得出,无论是否进行轮作,边坡防护林对农田土壤有机碳和土壤微生物量碳含量都有显著影响($P < 0.05$);而轮作仅对农田表层(0~10 cm)土壤微生物量碳的影响达显著水平($P < 0.05$),对农田土壤有机碳和>10~20 cm土层微生物量碳的影响均未达显著水平,这可能是由于轮作措施只对农田表层土壤的微生物活性造成影响。



A—有防护林的油菜-玉米轮作地；B—有防护林的玉米地；C—无防护林的油菜-玉米轮作地；D—无防护林的玉米地。同一组直方柱上方英文小写字母不同表示与防护林或农田边缘不同水平距离处土壤微生物量碳含量差异显著 ($P < 0.05$)。

图3 4月20日川中丘陵区有无边防护林农田土壤微生物量碳含量分布

Fig. 3 Distribution of soil microbial biomass carbon in farmlands with and without shelterbelt (April 20)



A—有防护林的油菜-玉米轮作地；B—有防护林的玉米地；C—无防护林的油菜-玉米轮作地；D—无防护林的玉米地。同一组直方柱上方英文小写字母不同表示与防护林或农田边缘不同水平距离处土壤微生物量碳含量差异显著 ($P < 0.05$)。

图4 9月20日川中丘陵区有无边防护林农田土壤微生物量碳含量分布

Fig. 4 Distribution of soil microbial biomass carbon in farmlands with and without shelterbelt (September 20)

表1 边坡防护林和轮作措施对土壤有机碳和微生物量碳的影响

Table 1 Effects of shelterbelt and crop rotation on soil microbial biomass carbon and soil organic carbon

土层深度/ cm	有机碳					土层深度/ cm	微生物量碳				
	因素	自由度	均方	F 值	Sig. 值		因素	自由度	均方	F 值	Sig. 值
0 ~ 10	防护林	1	22.45	64.91	0.000	0 ~ 10	防护林	1	111 682.96	40.85	0.000
	轮作	1	1.48	4.27	0.052		轮作	1	15 855.81	5.80	0.047
	防护林,轮作	1	0.10	0.30	0.592		防护林,轮作	1	1 052.98	0.39	0.542
	误差	20	0.35				误差	20	2 733.76		
> 10 ~ 20	防护林	1	3.47	4.89	0.039	> 10 ~ 20	防护林	1	26 514.22	10.02	0.005
	轮作	1	1.71	2.41	0.136		轮作	1	46.90	0.018	0.895
	防护林,轮作	1	1.78	2.51	0.129		防护林,轮作	1	4 717.73	1.78	0.197
	误差	20	0.71				误差	20	2 646.08		

Sig. 值表示显著性,置信区间为95%。

3 讨论

可以看出,川中丘陵区柏木防护林对农田土壤有机碳和微生物量碳含量有明显的增加作用,这主要是因为农田土壤中有有机碳主要来源于以各种形式进入土壤的有机物质^[13],防护林产生大量的枯枝落叶进入土壤,从而增加了土壤有机质含量。以往研究也证明,增加地表植被盖度,如退耕还林^[14]和人工造林^[15]等措施均能明显增加土壤有机质含量,笔者的研究结果与其一致。土壤有机碳含量不同会造成土壤微生物群落组成和活性的差异^[15]。4种不同类型的样地中,有防护林农田土壤微生物量碳含量总体高于无防护林农田,这主要是因为防护林导致农田小气候改变和土壤有机碳含量提高,进而增强土壤微生物活性,提高土壤微生物量碳含量。

有防护林农田土壤有机碳总体表现为随与防护林距离缩短而降低的变化趋势,这可能有2个方面的原因:一是乔木对土壤养分的大量吸收^[15]。柏木为浅根系物种,其根系主要集中分布于上层土壤中,细根和吸收根较多,粗根较少,根系的吸收面积较大,吸收能力强^[16]。二是防护林对近距离农作物的胁迫作用^[17]。乔木通过遮挡光照,和农作物竞争水分、养分等途径对农作物生长造成一定胁迫,导致作物减产,秸秆还田量相对减少。

有防护林农田土壤微生物量碳含量也总体表现为随与防护林距离缩短而降低的变化趋势,这与毛谔等^[18]的研究结果相似。这是因为林下土壤有机碳含量降低导致微生物代谢活动减弱;此外,柏木能分泌一种挥发性物质,即植物杀菌素,可能对细菌、真菌及原生动物有较大的杀灭作用,进而影响土壤微生物的数量及其分解能力,导致土壤微生物量碳含量下降。

总之,柏木边坡防护林能够明显增加农田土壤有机碳含量,但在营建农田防护林的过程中,应该考虑到防护林的种植密度和防护林树种的多样性,以减轻对农作物的胁迫作用,增加枯落物,从而达到进一步改善农田土壤的目的。

4 结论

(1)总体而言,柏木边坡防护林对农田土壤有机碳和微生物量碳有明显的增加作用。

(2)随与防护林的距离缩短,土壤有机碳和微

生物量碳含量呈下降趋势。

(3)轮作措施仅对农田表层土壤微生物量碳含量影响显著,对土壤有机碳影响不明显。

参考文献:

- [1] 范志平,宋轩,孔正红,等. 农田防护林多样性结构配置方式研究[J]. 河南农业大学学报,2004,38(1):73-76.
- [2] 董莉莉,于雷,韩素梅. 我国农田防护林研究进展[J]. 西南林业大学学报,2011,31(4):89-93.
- [3] 王岩,魏忠平,潘文利. 辽河三角洲泥质海岸防护林小气候效益研究[J]. 水土保持研究,2011,18(4):65-68.
- [4] 朱波,彭奎,高美荣,等. 川中丘陵区土地利用变化的生态环境效应:以中国科学院盐亭紫色土农业生态试验站集水区为例[J]. 山地学报,2001,19(增刊1):14-19.
- [5] 范志平,曾德慧,朱教君,等. 农田防护林生态作用特征研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):130-133.
- [6] 刘康,陈一鹏. 农田防护林效益及其对农作物产量的影响[J]. 水土保持通报,1993,13(5):39-43.
- [7] 张志丹,杨学明,李春丽,等. 土壤有机碳固定研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(21):8-12.
- [8] 王岩,魏忠平,潘文利,等. 辽河三角洲泥质海岸防护林小气候效应研究[J]. 水土保持研究,2011,18(4):65-68.
- [9] 杜鹤强,韩致文,颜长珍,等. 西北防护林防风效应研究[J]. 水土保持通报,2010,30(1):117-120.
- [10] 罗怀良,王慧萍,陈浩. 川中丘陵地区近25年来农田土壤有机碳密度变化:以四川省盐亭县为例[J]. 山地学报,2010,28(2):212-217.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000:30-34.
- [12] 吴金水,林启美,黄巧云,等. 土壤微生物生物量测定方法及其应用[M]. 北京:气象出版社,2006:57-59.
- [13] 李小涵,郝明德,王朝辉. 农田土壤有机碳的影响因素及其研究[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(3):176-181.
- [14] POST W M, KWON K C. Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and Potential[J]. Global Change Biology, 2000, 6(3):317-328.
- [15] 张秀玲,李君剑,石福臣. 速生杨人工林对土壤碳氮含量及微生物生物量的影响[J]. 生态与农村环境学报,2008,24(2):32-35.
- [16] 石培礼,钟章成,李旭光. 桉柏混交林根系的研究[J]. 生态学报,1996,16(6):623-631.
- [17] 黄宗文,孙凤华,肖立国. 农田防护林胁地机理分析与调控[J]. 林业科技,2002,27(2):18-21.
- [18] 毛谔,崔强,赵琼. 不同林龄杨树林农田防护林土壤微生物生物量碳、氮和微生物活性[J]. 应用生态学报,2009,20(9):2079-2084.

作者简介:李亚琴(1990—),女,四川成都人,本科生,主要从事生态学研究。E-mail:994507287@qq.com