

# 不同植物篱对石灰性紫色土坡耕地 土壤微生物学特性影响研究<sup>①</sup>

王玉川<sup>1,2</sup>, 陈强<sup>2\*</sup>, 林超文<sup>1\*</sup>, 李浩<sup>3</sup>

(1 农业部“长江上游土地资源利用与保护”重点实验室, 四川省农业科学研究所土壤肥料研究所, 成都 610066;

2 四川农业大学资源环境学院, 四川雅安 625014; 3 成都市农发局农技推广中心, 成都 610041)

**摘要:** 以资阳市长期定位试验(10年)小区土壤为材料,研究了种植香根草植物篱、紫穗槐植物篱处理对紫色土坡耕地土壤微生物数量、微生物生物量碳(SMBC)和微生物生物量氮(SMBN)、土壤氮化强度、亚硝化作用和硝化作用强度、土壤脲酶和碱性磷酸酶活性的影响。结果表明,种植香根草和紫穗槐植物篱处理土壤细菌、放线菌、真菌数量分别比对照土壤增加了63.43%和36.63%,47.87%和71.89%,74.60%和43.65%;SMBC和SMBN分别增加了90.02%和83.32%,24.97%和45.04%;土壤脲酶活性和碱性磷酸酶活性分别增加了45.20%和61.86%,26.68%和38.95%;土壤氮化作用强度分别增加了73.28%和75.65%,而土壤硝化和亚硝化强度则分别降低了26.97%和52.96%,6.46%和22.19%。植物篱处理能够较好地改善土壤微生态环境,增加土壤中微生物数量、SMBC和SMBN,提高土壤氮素和磷素的利用效率。

**关键词:** 植物篱; 坡耕地; 微生物特性; 土壤酶活

**中图分类号:** S154.3

四川地处长江上游,生态地位极为重要,但人均耕地面积小(0.053 hm<sup>2</sup>),土地复种指数高,土地过度耕作严重。四川盆地紫色丘陵土区以坡耕地为主,坡度>6°的耕地占48%,是我国水土流失最严重的地区之一<sup>[1]</sup>。坡耕地植物篱农作具有控制水土流失,改善土壤养分,促进土壤养分循环的优点,在国内外已得到广泛应用<sup>[2]</sup>。国外在植物篱农作控制土壤侵蚀和面源污染,对微地貌影响等方面<sup>[3-6]</sup>进行了较为系统的研究。国内对植物篱的研究主要涉及控制土壤侵蚀、水分利用、以及对土壤养分影响等方面<sup>[7-13]</sup>。

微生物数量及微生物活性是表征土壤肥力的重要指标,常常受耕作制度的影响,林超文等<sup>[14]</sup>的研究表明,紫色土区植物篱能够有效减少坡耕地径流量和泥沙流量,但对不同植物篱紫色土微生物数量、酶活性及微生物生物量碳、氮(SMBC和SMBN)等特性的变化情况,还未见研究报道。本研究以不同植物篱处理定位实验为对象,研究了其对土壤微生物的种群数量、酶活性、SMBC和SMBN的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地点概况

试验地处于资阳市雁江区,东经104°34'12"~104°35'19",北纬30°05'12"~30°06'44"之间,海拔395 m。该区域年均温16.8℃,年均降雨量965.8 mm,降水主要分布在6—9月。供试土壤为紫色红沙土,土层深在50~80 cm之间,土壤层次分化不明显,质地轻,土壤肥力不高<sup>[14]</sup>。

### 1.2 试验设置

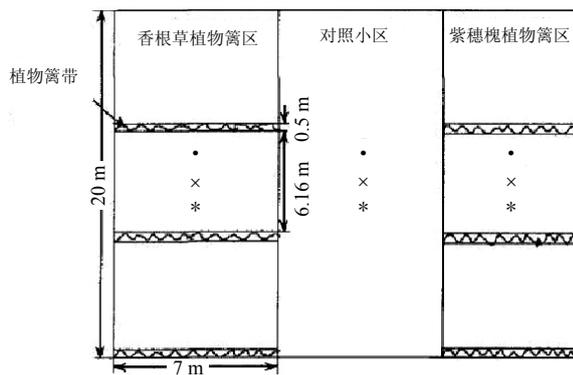
试验种植如图1,小区四周用水泥挡板分隔,小区投影长度20 m,宽7 m,坡度20°。作物轮作方式为麦-玉-苕轮作模式,当季作物为小麦。植物篱带宽0.5 m,带间距6.16 m,每带均种2行,株距0.2 m。植物篱长期定位试验时间为10年(1997—2007年)。

选取坡耕地植物篱中间实验区采样,分别于距植物篱带1、3和5 m处沿横坡等高随机采集5点,取样深度0~20 cm,各取200 g,混匀后四分法取500 g土

①基金项目:国家973计划项目(2006CB100206)和国家支撑计划项目(2007BAD89B15)资助。

\* 通讯作者(qiangchencq@yahoo.cn; linchaowen2002@yahoo.com.cn)

作者简介:王玉川(1982—),男,四川达州人,硕士研究生,主要从事土壤与环境微生物学研究。E-mail: wangchuan119110@163.com



(•, x, \* 为取样点, 分别距植物篱上沿 1、3、5 m)

图 1 试验田间布置图

Fig. 1 Treatment layout of the field experiments

样, 装入无菌塑料袋, 封好袋口并用冰盒保存, 带回实验室备用。

### 1.3 测定项目及方法

**1.3.1 主要微生物类群数量** 土壤细菌、真菌、放线菌数量采用稀释平板测定。细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基; 真菌采用马丁氏培养基; 放线菌采用高氏 1 号培养基<sup>[15]</sup>。

**1.3.2 SMBC 和 SMBN<sup>[16-18]</sup>** SMBC 测定采用氯仿熏蒸-重铬酸钾外加加热法; SMBN 测定采用氯仿熏蒸-紫外比色法。

**1.3.3 土壤氨化和硝化作用强度** 氨化和硝化作用强度的测定, 参照文献<sup>[15]</sup>进行。

**1.3.4 土壤脲酶和碱性磷酸酶活性<sup>[15]</sup>** 脲酶活性采用靛酚蓝比色法测定, 以单位时间单位土壤产生  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  量表示 ( $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ); 碱性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定, 活性以单位时间单位土壤消耗 *p*-Nitrophenol 的量表示 ( $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ )。

**1.3.5 数据处理** 所有处理均设置 3 次重复, 数据统计、相关性分析采用 SPSS10.0 软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同植物篱处理土壤细菌、放线菌和真菌数量变化

土壤微生物数量是土壤质量的重要生物学指标。表 1 结果表明, 不同处理土壤微生物类群数量存在差异, 香根草和紫穗槐植物篱处理土壤细菌、放线菌和真菌数量均高于对照处理, 呈现出相同的变化趋势, 即: 细菌 > 放线菌 > 真菌。

表 1 不同植物篱处理土壤微生物数量

Table 1 Soil microbial amounts of different hedgerow treatments

处理	微生物数量 (cfu/g 干土)		
	细菌 ( $\times 10^5$ )	放线菌 ( $\times 10^4$ )	真菌 ( $\times 10^3$ )
对照	16.46 ± 3.38 Aa	19.03 ± 4.42 Aa	12.6 ± 2.9 Aa
香根草植物篱	26.90 ± 2.23 Ab	28.14 ± 3.15 Ab	22.0 ± 2.4 Aa
紫穗槐植物篱	22.49 ± 2.94 Bb	32.71 ± 5.44 Ab	18.1 ± 8.3 Aa

注: 表中数值为平均值 ± SD, 同列不同小写字母表示数值间差异在  $P < 0.05$  水平显著, 不同大写字母表示数值间差异在  $P < 0.01$  水平显著。下同。

**2.1.1 土壤细菌数量变化** 本研究中, 土壤细菌数量占土壤微生物总数的 86.93% ~ 89.86%, 不同处理土壤细菌数量变化趋势为香根草植物篱 > 紫穗槐植物篱 > 对照。其中, 以香根草植物篱处理土壤细菌数量最多 ( $26.90 \times 10^5$  cfu/g), 对照处理最少 ( $16.46 \times 10^5$  cfu/g); 香根草植物篱和紫穗槐植物篱土壤细菌数量分别比对照处理增加 63.43% 和 36.6%; 方差分析表明, 前者与对照土壤细菌数量差异达极显著水平, 后者与对照土壤细菌数量差异达到显著水平 (表 1)。

**2.1.2 土壤真菌数量变化** 土壤真菌是分解纤维素、半纤维素和木质素等物质重要微生物类群。本研究中, 由于供试土壤为石灰性紫色土, pH 较高, 因而土壤真菌比例较小, 介于 0.68% ~ 0.74% 之间。3 种处理中, 同样以香根草植物篱处理土壤真菌数量最多 ( $22.0 \times 10^3$  cfu/g), 对照最少 ( $12.6 \times 10^3$  cfu/g); 尽管各处理之间土壤真菌数量差异不显著, 但香根草和紫穗槐植物篱处理分别比对照增加了 74.6% 和 43.7%。

**2.1.3 土壤放线菌数量变化** 同细菌、真菌数量相似, 不同处理对土壤放线菌数量的影响存在差异, 其变化规律为紫穗槐植物篱 > 香根草植物篱 > 对照。其中, 以紫穗槐植物篱处理土壤放线菌数量最多 ( $32.71 \times 10^4$  cfu/g), 对照处理最少 ( $19.03 \times 10^4$  cfu/g); 方差分析中 (表 1), 紫穗槐植物篱、香根草植物篱与对照处理土壤放线菌数量差异均达到了显著水平。

### 2.2 不同植物篱处理对土壤微生物生物量碳氮含量的影响

SMBC 和 SMBN 是反映土壤肥力的重要指标。由表 2 可知, 与对照处理相比, 不同植物篱 SMBC 均显著提高, 其变化趋势为香根草植物篱 > 紫穗槐植物篱 > 对照土壤, 分别为 217.12, 209.46 和 114.26 mg/kg, 香根草植物篱和紫穗槐植物篱 SMBC 分别比对照土壤增加了 90.0% 和 83.3%, 且两种植物篱处理 SMBC 与对照差异达极显著水平, 两种植物篱处理间

差异不显著。

不同处理间 SMBN 的变化趋势则表现为: 紫穗槐植物篱 > 香根草植物篱 > 对照土壤, 其数量分别为 32.30、27.83 和 22.27 mg/kg。尽管 3 种处理 SMBN 差异不显著, 但紫穗槐植和香根草植物篱的土壤 SMBN 分别比对照增加了 45.04% 和 24.97%。

表 2 不同处理 SMBC 和 SMBN  
Table 2 SMBC and SMBN of different treatments

植物篱处理	SMBC (mg/kg)	SMBN (mg/kg)
对照	114.26 ± 25.06 Aa	22.27 ± 2.03 Aa
香根草植物篱	217.12 ± 10.85 Bb	27.83 ± 4.35 Aa
紫穗槐植物篱	209.46 ± 49.32 Bb	32.30 ± 11.44 Aa

表 3 不同处理的氨化、硝化和亚硝化作用强度 (μg/(g·h))  
Table 3 Ammonification, nitrosification and nitrification activity of different treatments

处理	氨化作用强度	亚硝化作用强度	硝化作用强度
对照	81.34 ± 1.86 Aa	44.44 ± 6.03 Aa	25.81 ± 10.64 Aa
香根草植物篱	140.95 ± 18.10 Aa	41.57 ± 7.11 Aa	18.85 ± 11.98 Aa
紫穗槐植物篱	142.87 ± 55.26 Aa	34.58 ± 1.16 Aa	12.14 ± 7.89 Ab

## 2.4 不同植物篱处理对土壤脲酶和碱性磷酸酶活性的影响

脲酶是土壤中主要的水解酶类之一, 与土壤中尿素的水解密切相关, 常用于反映土壤中的氮素供应状况。本研究中, 不同处理土壤脲酶活性变化趋势为紫穗槐植物篱 > 香根草植物篱 > 对照, 以紫穗槐植物篱处理最高, 为 27.97 mg/(g·h), 比对照增加了 61.86%, 达到显著性差异水平; 香根草植物篱处理土壤脲酶活性比对照处理增加了 45.20%。

表 4 不同处理的土壤脲酶和碱性磷酸酶活性  
Table 4 urease activity and alkaline phosphate activity of different treatments

处理	脲酶活性 (μg/(g·h))	碱性磷酸酶活性 (μg/(g·h))
对照	17.28 ± 7.68 Aa	37.74 ± 7.2 Aa
香根草植物篱	25.09 ± 6.05 Aab	47.81 ± 4.95 Bb
紫穗槐植物篱	27.97 ± 5.57 Ab	52.44 ± 6.42 Bb

土壤磷酸酶分为酸性磷酸酶、中性磷酸酶和碱性的磷酸酶, 可将土壤中的有机磷矿化, 对提高土壤磷素的有效性具有积极作用。由于定位试验点土壤为石灰性紫色土, 本研究测定了土壤碱性磷酸酶活性。表 4 结果显示, 香根草植物篱和紫穗槐植物篱土壤碱性磷酸酶活性分别比对照提高了 26.68% 和 38.95%, 其

## 2.3 不同植物篱处理对土壤氨化和硝化作用强度的影响

土壤氨化作用和硝化作用强度反映了土壤氮素的转化能力。本研究中, 香根草植物篱、紫穗槐植物篱土壤氨化作用强度分别为 140.95 μg/(g·h) ± 18.10 μg/(g·h) 和 142.87 μg/(g·h) ± 55.26 μg/(g·h), 比对照土壤增加了 73.28% 和 75.65%, 表明植物篱处理可以促进土壤氨化细菌活性。相反, 不同植物篱处理土壤亚硝化和硝化作用强度均有所降低, 香根草植物篱、紫穗槐植物篱处理土壤的亚硝化作用强度分别比对照降低了 6.46% 和 22.19%; 硝化作用强度则分别下降了 26.97% 和 52.96%, 其中, 紫穗槐植物篱处理硝化作用强度与对照处理相比, 差异达显著水平。

中, 紫穗槐植物篱处理土壤碱性磷酸酶活性 52.44 μg/(g·h) ± 6.42 μg/(g·h), 与对照处理的差异达到了显著性差异水平。

## 3 结论与讨论

### 3.1 结论

(1) 植物篱处理能够增加紫色土坡耕地土壤微生物数量。无论土壤细菌、放线菌、真菌数量, 香根草和紫穗槐植物篱处理均比对照处理土壤增加, 其中, 细菌数量达到极显著性差异水平, 放线菌数量达显著性差异水平。同时, 植物篱处理有效地提高了 SMBC、SMBN 含量。其中, 香根草和紫穗槐植物篱处理 SMBC 与对照处理相比, 差异达到了极显著水平, SMBN 差异达到显著水平。

(2) 植物篱处理可以提高土壤脲酶活性和碱性磷酸酶活性。与对照处理土壤相比, 香根草和紫穗槐植物篱处理土壤脲酶活性差异显著, 土壤碱性磷酸酶活性差异极显著。

(3) 植物篱处理可以有效地提高土壤氨化作用强度, 降低土壤硝化及亚硝化作用强度。

### 3.2 讨论

土壤微生物的种类、数量和土壤微生物活性是土

壤肥力的重要指标, 受施肥措施、种植制度等多种因素共同影响。孙辉等<sup>[10]</sup>的研究中, 坡耕地种植新银合欢和山毛豆等高植物篱 3~6 年, 土壤有机质比对照增加 20%~40%, 全氮增加 80%~130%。林超文等<sup>[12]</sup>的结果表明, 与对照处理相比, 植物篱显著提高了紫色土有机质、氮、磷含量, 香根草植物篱和紫穗槐植物篱处理土壤有机质含量分别比对照增加了 13% 和 19%。由于植物篱处理土壤养分的提高为土壤微生物提供了养料, 从而促进土壤微生物的生长, 在本研究中, 香根草和紫穗槐植物篱处理土壤细菌、放线菌、真菌数量分别比对照土壤增加了 63.43% 和 36.63%, 47.87% 和 71.89%, 74.60% 和 43.65%; SMBC 增加了 90.02% 和 83.32%, SMBN 分别增加了 24.97% 和 45.04%。

研究表明, 参与硝化作用的氨氧化细菌细胞内单加氧酶的底物是  $\text{NH}_3$  而不是  $\text{NH}_4^+$ , 因而土壤硝化作用的第一步将  $\text{NH}_4^+$  氧化为  $\text{NO}_2^-$  的过程与土壤中  $\text{NH}_4^+$  转化为  $\text{NH}_3$  的能力紧密相连。亚硝化单孢菌属的细菌 (*Nitrosomonas* sp.) 可参与亚硝化过程, 将  $\text{NH}_4^+$  转化为  $\text{NO}_2^-$ , 硝化杆菌属 (*Nitrobacter* sp.) 的细菌则参与了  $\text{NO}_2^-$  向  $\text{NO}_3^-$  的转化, 若环境中  $\text{NH}_3$  含量过高, 硝化杆菌属细菌活性将受到抑制, 而亚硝化单孢菌属的细菌不受抑制, 从而可能造成土壤亚硝化作用强于硝化作用<sup>[19]</sup>。高 pH、低阳离子代换量土壤较容易释放出  $\text{NH}_3$ , 土壤氨氧化作用较活跃, 硝化细菌的活性受到抑制, 这可能会导致石灰性土壤中  $\text{NO}_2^-$  累积<sup>[20]</sup>。这可能是导致四川盆地部分石灰性紫色土区地下水亚硝酸盐过高的原因之一。

本研究中, 植物篱处理可以有效地提高土壤氨化作用强度, 降低土壤硝化及亚硝化作用强度。香根草和紫穗槐植物篱处理土壤氨化作用强度分别较对照增加了 73.28% 和 75.65%; 土壤硝化和亚硝化强度则分别降低了 26.97% 和 52.96%, 6.46% 和 22.19%。其机理主要在于植物篱处理提高了紫色土的有机质含量, 土壤中氨化细菌数量增多, 氨化作用强度增强; 土壤微生物分解有机物所产生的有机酸则有助于降低土壤 pH; 而土壤阳离子交换量的增加<sup>[10]</sup>, 提高了土壤团粒对  $\text{NH}_4^+$  的吸附能力, 有利于紫色土保肥能力的增强。植物篱处理对土壤亚硝化作用和硝化作用强度的降低, 可减少地下水中硝酸盐含量, 避免硝酸盐进入河流造成水体富营养化, 从而减轻面源污染。

四川盆地石灰性紫色土壤有效磷普遍缺乏, 增加土壤有机质是提高石灰性紫色土壤有效磷含量重要措施<sup>[13]</sup>。本研究中, 植物篱处理有效地提高了土壤碱性

磷酸酶活性, 有助于提高土壤有效磷含量, 从而改善紫色土的磷素营养。

本研究初步揭示了植物篱处理对紫色土坡耕地土壤微生物活性的影响, 但参与这些过程的微生物种群变化尚不清楚, 需要采用相关分子生物学技术进行研究。

#### 参考文献:

- [1] 四川省国土局. 四川省土地资源. 成都: 四川科学技术出版社, 1999: 18-29.
- [2] 陈一兵, 林超文, 何国亚. 经济植物篱对水土流失的影响. 西南农业学报, 2001, 14(增刊): 48-52
- [3] Salvador Blanes, Cornu S, Couturier A, King D, Macaire JJ. Morphological and geochemical properties of soil accumulated in hedge-induced terraces in the Massif Central, France. Soil & Tillage Research, 2006, 85: 62-77
- [4] Cullum RF, Wilson GV, McGregor KC, Johnson JR. Runoff and soil loss from ultra-narrow row cotton plots with and without stiff-grass hedges. Soil & Tillage Research, 2007, 93: 56-63
- [5] Chaubey I, Edwards DR, Daniel TC, Moore PA Jr, Nichols DJ. Effectiveness of vegetative filter strips in controlling losses of surface applied poultry litter constituents. Transactions of the ASAE, 1995, 38(6): 1687-1692
- [6] Dabney, SM, Meyer LD, and McGregor KC. Sediment control and landscape modification with grass hedges // Wang SY, Langendoen EJ, Jr Shields FD. Proceedings of the Conference on Management of Landscapes Disturbed by Channel Incision. Oxford, MS: Univ. of MS, 1997: 1 093-1 099
- [7] 朱远达, 蔡强国, 张光远, 胡霞. 植物篱对土壤养分流失的控制机理研究. 长江流域资源与环境, 2003, 12(4): 346-351
- [8] 陈一兵, 林超文, 朱钟麟, 何国亚. 经济植物篱种植模式及其生态经济效益研究. 水土保持学报, 2002, 16(2): 80-83.
- [9] 许峰, 蔡强国, 吴淑安, 张光远. 坡地等高植物篱带间距对表土养分流失的影响. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(2): 23-29
- [10] 孙辉, 唐亚, 陈克明, 何永华. 固氮植物篱改善退化坡耕地土壤养分状况的效果. 应用与环境生物学报, 1999, 5(5): 473-477
- [11] 孙辉, 唐亚, 陈克明, 何永华. 固氮植物篱防治坡耕地土壤侵蚀效果研究. 水土保持通报, 1999, 19(6): 1-5
- [12] 蔡强国, 黎四龙. 植物篱减少侵蚀的原因分析. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 55-60
- [13] 林超文, 涂仕华, 黄晶晶, 陈一兵. 植物篱对紫色土区坡耕地水土流失及土壤肥力的影响. 生态学报, 2007, 27(6): 2 191-

- 2 198
- [14] 林超文, 庞良玉, 陈一兵, 黄晶晶, 涂仕华. 牧草植物篱对紫色土坡耕地水土流失及土壤肥力空间分布的影响. 生态环境. 2008, 17(4): 1 630-1 635
- [15] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986.
- [16] 林启美, 吴玉光, 刘焕龙. 熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进. 生态学杂志, 1999, 18(2): 63-68
- [17] 赵兰坡, 姜岩. 土壤磷酸酶活性测定方法探讨. 土壤通报, 1986, 17(3): 138-141
- [18] Ross DJ. Measurement of microbial biomass C and N in grassland soils by fumigation-incubation procedures: Influence of inoculum size and control. Soil Boil. Biochemist., 1990, 22: 289-294
- [19] Smith RV, Burns LC, Doyle RM, Stevens RJ. Free Ammonia Inhibition of Nitrification in River Sediments Leading to Nitrite Accumulation. J. Environ. Qual., 1997, 26: 1 049-1 055
- [20] 冉炜, 沈其荣, 郑金伟, 曹志洪. 土壤硝化作用过程中亚硝态氮的累积研究. 土壤学报, 2000, 37(4): 474-481

### Microbial Features of Sloping Farmland Soil in Calcareous Purple Area Affected by Different Hedgerows Treatments in Sichuan Basin

WANG Yu-chuan<sup>1,2</sup>, CHEN Qiang<sup>2</sup>, LIN Chao-wen<sup>1,2</sup>, LI Hao<sup>3</sup>

(1 Key Laboratory of Land Resource Utilization and Protection on the Upper Reach of Yangtze River of Ministry of Agriculture, Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China; 2 College of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China; 3 Chengdu Central Station of Agricultural Technology Extension, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** A fixed field experiment has been established for 10 years in Ziyang, Sichuan Province, and different hedgerows such as *Vetiveria zizanioides* hedgerow (VH) and *Amorpha fruticosa* hedgerow (AH) were used to control the soil and water loss. In this study, we determined soil microbial features affected by the above treatments, the results showed that, compared with the CK, the amount of soil bacteria, actinomycetes and fungi of the VH and AH treatments increased by 63.43% and 36.63%, 47.87% and 71.89%, 74.60% and 43.65% respectively; soil microbial biomass carbon (SMBC) increased by 90.02% and 24.97%; soil microbial biomass nitrogen (SMBN) increased by 83.32% and 45.04%; ammonification activity increased by 73.28% and 75.65%; urase activity and alkaline phosphatase activity increased by 45.20% and 61.86%, 26.68 % and 38.95%; however, nitrosification and nitrification activity decreased by 26.97% and 52.96%, 6.46% and 22.19%, respectively. Thus, hedgerows treatments could improve soil physical and biochemical properties, and increase the microbial quantity, SMBC and SMBN, and reduce the soil nitrogen loss and enhance the utilization efficiency of soil nitrogen and phosphate.

**Key words:** Hedgerow, Sloping farmland, Microbial characteristics, Enzyme activity