

# 物种配置植物篱对坡耕地营养元素拦截效应

田 潇, 周运超, 刘晓芸, 马礼平, 蔡先立

(贵州大学 林学院, 贵阳 550025)

**摘 要:**通过坡耕地 21 个径流小区、1 个空白对照、6 个不同处理方式植物篱(Hedgerow)组合模式,探讨了不同物种配置植物篱对耕地营养元素的拦截效应。结果表明:灰毛豆×紫花苜蓿植物篱对坡耕地营养元素的拦截效果最明显,其中,氮相对拦截总量为 181.82 g/hm<sup>2</sup>,相对拦截率为 79.08%;磷相对拦截总量为 84.81 g/hm<sup>2</sup>,相对拦截率 90.31%;钾相对拦截总量 11.37 g/hm<sup>2</sup>,相对拦截率 83.84%。灰毛豆×黄花菜对氮的拦截效应最小,氮相对拦截总量为 117.30 g/hm<sup>2</sup>,相对拦截率为 51.02%;灰毛豆×香根草对磷、钾的拦截效应最小,磷相对拦截总量为 55.43 g/hm<sup>2</sup>,相对拦截率 59.02%;钾相对拦截总量 6.62 g/hm<sup>2</sup>,相对拦截率 48.86%。不同物种配置植物篱对坡耕地营养元素均具有明显的拦截作用,灰毛豆×紫花苜蓿组合模式的拦截作用最为显著。

**关键词:**植物篱;坡耕地;营养元素;相对拦截率

中图分类号:S157.4<sup>+</sup>33

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0089-05

## Effects of Hedgerow of Species Configuration on the Interception of Nutrition Elements in the Sloping Cultivated Lands

TIAN Xiao, ZHOU Yun-chao, LIU Xiao-yun, MA Li-ping, CAI Xian-li

(College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** Through 21 runoff plots in the sloping cultivated lands including a control treatment, six combination patterns of hedgerows of different treatments, the effects of hedgerows of species configuration on the interception of nutrition elements in the sloping cultivated lands were discussed. The results showed that the hedgerows of *Tephrosia purpurea* L. Pers. and *Medicago sativa* L., have the significant effects on interception of nutrition elements, of which relative interception of total nitrogen, phosphorus, potassium are 181.82 g/hm<sup>2</sup>, 84.81 g/hm<sup>2</sup> and 11.37 g/hm<sup>2</sup> and relative interception rates are 79.08%, 90.31% and 83.84%, respectively, which is the best combination pattern than others in terms of effects of interception of nutrition elements in the sloping cultivated lands. However, the hedgerow of *Tephrosia purpurea* L. Pers. and *Hemerocallis citrina* Baroni, total relative interception of nitrogen is 117.30 g/hm<sup>2</sup> and relative interception rate is 51.02%, which is worse than others with regard to effect of interception of nitrogen element, and the hedgerow of *Tephrosia purpurea* L. Pers. and *Vetiveria zizanioides* L., relative interception of total phosphorus, potassium of is 55.43 g/hm<sup>2</sup> and 6.62 g/hm<sup>2</sup>, and relative interception rates are 59.02% and 48.86%, which is worse than others in terms of effects of interception of phosphorus, potassium elements. The results also show that all hedgerows of species configuration are obvious on the interception of nutrition elements in the sloping cultivated lands, but the combination of *Tephrosia purpurea* L. Pers. and *Medicago sativa* L. is the best combination pattern.

**Key words:** hedgerow; sloping cultivated land; nutrition element; relative interception rate

随着坡耕地水土不断流失,不仅导致了坡耕地的土地退化、土地生产力下降等问题,而且还使得耕地

营养元素以悬移质或推移质的形式被地表径流带到下游的水库、湖泊等,从而使其因营养元素的富集而

导致水质的恶化。为了从源头上控制农业面源污染,必须根据土壤生物热力学原理,以土壤为中心,大力治理坡地<sup>[1]</sup>。

植物篱水土保持技术自 20 世纪 90 年代引入中国以来,得到广泛而深入的研究。我国植物篱水土保持技术研究区域差异明显<sup>[2]</sup>。对贵州旱坡地水土保持植物篱措施进行效益研究表明,植物篱种植措施与横坡种植相比可减少地表径流  $345.3 \text{ m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ , 土壤流失  $21.0 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ <sup>[3]</sup>。目前,植物篱的研究大多针对单一的物种,主要集中于植物篱与土壤侵蚀、营养元素、土壤理化性质、土壤动物、经济效益等方面的关系的研究<sup>[4-9]</sup>。而关于不同物种配置植物篱对坡耕地营养元素的拦截效应的研究尚无报道。

因此,为了探讨研究不同物种配置植物篱对坡耕地营养元素的拦截效应,在贵州省清镇市红枫湖镇大冲村的坡耕地上设置径流小区,在等高种植玉米的基础上,配置不同物种植物篱,通过监测对比分析,对不同物种植物篱的拦截效应进行初步的研究。以期在今后在我国生态农业建设过程中推广植物篱水土保持技术以防治水土流失,减轻坡耕地营养元素在下游水库、湖泊等富集程度,从而保护水土资源提供理论依据。

## 1 研究区概况

研究区位于贵州省清镇市红枫湖镇大冲村,地理坐标  $106^{\circ}43'13''\text{E}$ ,  $26^{\circ}52'12''\text{N}$ , 海拔  $1\,246 \text{ m}$ , 属黔中山原地貌, 径流小区坡度  $15^{\circ}$ 。属亚热带高原季风湿润气候, 位于红枫湖上游, 故具有独特的小气候, 属冬无严寒, 夏无酷暑, 有效积温较高的温暖高原山地气候, 年平均气温  $13.6^{\circ}\text{C}$ , 最冷月(1 月)平均气温  $3.7^{\circ}\text{C}$ , 最热月(7 月)平均气温  $22.5^{\circ}\text{C}$ , 无霜期平均  $275 \text{ d}$ , 年降雨量为  $1\,093.4 \sim 1\,415.7 \text{ mm}$ , 且降雨量随着温度回升而逐渐增加, 雨热同期, 利于农作物和林木的生长, 同时雨日多, 多夜雨, 蒸发量小, 湿度大。能减少水分损失, 提高了热量和水分的有效性。试验地土壤类型为沙壤土, 酸性, 立地类型为低中山砂页岩缓坡厚层土(类型代号为 5114)。

## 2 研究方法

### 2.1 试验设计

本试验是在坡耕地上设计的不同物种配置植物篱拦截坡面营养元素的单因素实验, 利用灰毛豆(*Tephrosia purpurea* L. Pers.)、香椿(*Toona sinensis*, A. Juss.)分别与香根草(*Vetiveria zizanioides* L.)、黄花菜(*Hemerocallis citrina* Baroni)、紫花苜

蓿(*Medicago sativa* L.)进行两两配置处理, 即灰毛豆×香根草(灰×草)、灰毛豆×黄花菜(灰×菜)、灰毛豆×紫花苜蓿(灰×蓿)、香椿×香根草(椿×草)、香椿×黄花菜(椿×菜)、香椿×紫花苜蓿(椿×蓿), 另设计 1 个无植物篱的空白对照(CK)。试验设计 7 个处理, 3 次重复, 共 21 个径流小区, 每个小区的面积为  $20 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 。

### 2.2 试验方法

2.2.1 野外采集径流水样 每降一次一定强度的雨, 径流小区所产生的地表径流便流入小区下方的集流池或分水桶。采集径流水样时, 将事先收集、清洗、编号的矿泉水瓶, 即取样瓶, 先用集流池或分水桶中的降水对号清洗一下, 待测定、记录径流量以后, 用取样瓶按编号采集径流水样约  $500 \text{ ml}$ 。在试验期间共采集径流水样 5 次, 但由于降雨较小, 仅 2010 年 7 月 19 日及 2010 年 9 月 9 日降雨有泥沙。

2.2.2 室内测定水样指标 将径流水样带到实验室, 先过滤适量, 用滤液测定水样中总氮、铵态氮、硝态氮、总磷、总钾的含量, 并将土壤烘干用以测定土壤中的全氮、全磷、全钾。用开氏法测定总氮, 用靛酚蓝比色法测定铵态氮, 用酚二黄酸比色法测定硝态氮, 用硫酸—高氯酸氧化—钼蓝比色法测定总磷, 用火焰光度计法测定总钾<sup>[10]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同处理方式径流量分析

通过 2010 年 7 月至 2010 年 10 月对试验基地的监测, 共有 5 次降雨产生了地表径流, 其间偶有降雨而不产生地表径流, 降水直接渗透在径流小区的土壤中被植被吸收。由表 1 可知, 不同物种配置植物篱条件下的径流量均不同程度的低于 CK 条件下的径流量。地表径流在各处理间的差异显著性如图 1 所示。这说明不同物种配置植物篱均具有拦截径流的作用, 且各处理的拦截功能存在一定的差异。研究指出植物篱具有保水的作用, 进而降低地表径流<sup>[4,8,11]</sup>。由图 1 可知, 监测期间各处理总径流量大小依次为:  $\text{CK} > \text{灰毛豆} \times \text{黄花菜} > \text{灰毛豆} \times \text{香根草} > \text{香椿} \times \text{黄花菜} > \text{香椿} \times \text{紫花苜蓿} > \text{香椿} \times \text{香根草} > \text{灰毛豆} \times \text{紫花苜蓿}$ 。在不同处理中, 次径流量的大小关系与总径流量的大小关系不尽相同。在不同物种配置植物篱条件下总径流量分别减少了  $31.47\%$ ,  $23.26\%$ ,  $65.96\%$ ,  $53.63\%$ ,  $36.99\%$ ,  $39.40\%$ 。不同物种配置植物篱总径流量的降低比率几乎比秸秆覆盖+植物篱<sup>[11]</sup>的降低比率大得多。这证实了不同物种配置植物篱具有更强的拦截作用, 是防治坡耕地水土流失的更佳方法。

通过对地表径流与降雨量的相关关系的分析,如图 2 所示,在 CK、灰毛豆×黄花菜、灰毛豆×香根草、香椿×黄花菜、香椿×紫花苜蓿处理条件下,地表径流与降雨量相关极显著( $P<0.01$ ),在香椿×香根

草处理条件下,地表径流与降雨量相关显著( $P<0.05$ ),在灰毛豆×紫花苜蓿处理条件下,地表径流与降雨量相关不显著,该处理对地表径流作用最好,具体拦截机理有待研究。

表 1 径流小区次降雨地表径流分析结果

时间	降雨量/ mm	不同处理径流量/L						
		CK	灰×草	灰×菜	灰×苜	椿×草	椿×菜	椿×苜
2010-07-19	55.5	454.5	314.1	305.0	56.2	324.8	195.8	241.2
2010-09-07	20.1	44.6	26.7	15.7	13.3	14.0	17.1	15.8
2010-09-09	45.4	216.3	161.9	193.1	125.9	56.6	197.0	177.0
2010-09-22	26.8	191.0	113.6	173.7	99.1	39.1	157.6	123.9
2010-10-09	21.3	116.9	84.9	97.9	53.9	39.9	77.4	62.3

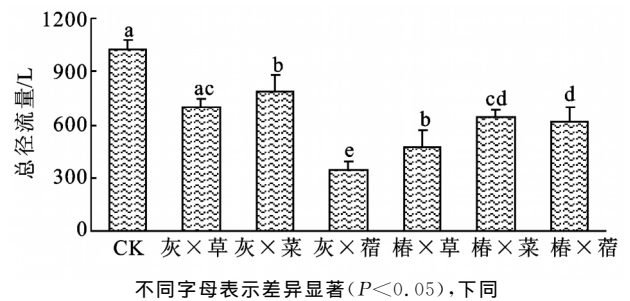


图 1 不同处理方式总径流量

3.2 不同处理方式营养元素流失与拦截效果分析

由图 3 可知,CK 处理在径流期间氮、磷、钾的流失总量比不同物种配置植物篱氮、磷、钾的流失总量都大,说明植物篱具有拦截、吸收营养元素的功能,在坡耕地配置可以减少营养元素的流失,进而降低营养元素的面源污染。营养元素流失总量在各处理间的差异显著性如图 3 所示。根据对氮、磷、钾流失总量分析可知,氮的流失总量最高,且 CK 比其它处理氮流失总量要高得多。

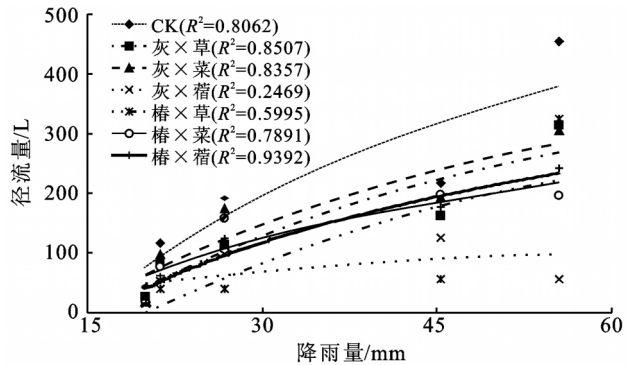


图 2 地表径流与降雨量的相关关系

由表 2 可知,不同物种配置植物篱对氮、磷、钾具有不同程度的拦截效果。不同物种配置植物篱对氮的相对拦截总量及相对拦截率大小为:灰毛豆×紫花苜蓿>香椿×香根草>香椿×紫花苜蓿>香椿×黄花菜>灰毛豆×香根草>灰毛豆×黄花菜,与总径流量排序相反,植物篱对氮的拦截效果与径流成反相关。研

究表明,红叶石楠、全森女贞和柳叶蜡梅 3 种植物篱植物均可明显降低土壤中的速效氮<sup>[11]</sup>。而该项研究可知不同物种配置植物篱对氮的相对拦截率达 51% 以上,最高达到 79.08%,说明灰毛豆×紫花苜蓿这种以灌草结合的复合植物篱的对氮的吸收能力更强。

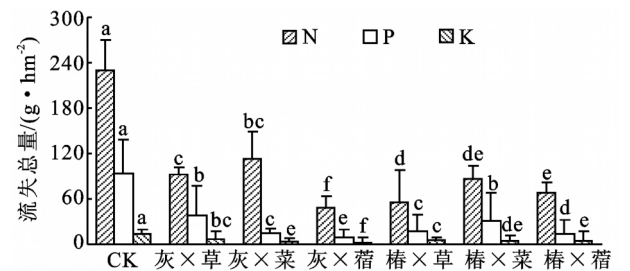


图 3 不同处理方式营养元素流失总量

由表 2 可知,不同物种配置植物篱对磷的相对拦截总量及相对拦截率大小为:灰毛豆×紫花苜蓿>香椿×紫花苜蓿>灰毛豆×黄花菜>香椿×香根草>香椿×黄花菜>灰毛豆×香根草。不同物种配置植物篱对磷的相对拦截率达 59% 以上,最高达到 90.31%,说明灰毛豆×紫花苜蓿对磷的拦截吸收能力也极强。在 6 种植物篱组合模式中,灰毛豆×黄花菜对氮的吸收能力最差,但对磷的吸收能力却排第 3 位,说明植物篱对营养元素的拦截吸收存在一定的差异性。研究表明,红叶石楠、全森女贞和柳叶蜡梅 3 种植物篱均可明显降低速效磷水平,金森女贞对降低土壤速效磷最好<sup>[12]</sup>。这也更加证实了植物篱对营养元素的拦截吸收功能,且存在差异性。

曾有不少关于植物篱对氮、磷吸收情况的研究<sup>[5-6,11]</sup>,但都未研究其对钾的吸收情况,本研究对此进行了试验分析。由表 2 可知,不同物种配置植物篱对钾的相对拦截总量及相对拦截率大小为:灰毛豆×紫花苜蓿>灰毛豆×黄花菜>香椿×紫花苜蓿>香椿×黄花菜>香椿×香根草>灰毛豆×香根草。不同物种配置植物篱对磷的相对拦截率达 48% 以上,

最高达到 83.84%，说明灰毛豆×紫花苜蓿对钾的拦截吸收能力也很强，灰毛豆×黄花菜对钾的拦截吸收能力也很强，灰毛豆×香根草对钾的拦截吸收能力也很强，灰毛豆×香根草对钾的拦截吸收能力相对最差。

表 2 不同处理方式营养元素拦截效应分析结果

处理方式	相对拦截总量/(g·hm <sup>-2</sup> )			相对拦截率/%		
	氮	磷	钾	氮	磷	钾
灰×草	137.56	55.43	6.62	59.83	59.02	48.86
灰×菜	117.30	78.91	10.04	51.02	84.03	74.03
灰×苜	181.82	84.81	11.37	79.08	90.31	83.84
椿×草	174.57	76.17	8.11	75.92	81.11	59.82
椿×菜	143.44	63.04	8.40	62.38	67.12	61.98
椿×苜	162.40	80.13	9.44	70.63	85.32	69.63

相对拦截量(g/hm<sup>2</sup>)=CK 营养元素流失量-不同处理营养元素流失量;相对拦截率(%)= $\frac{\text{CK 营养元素流失量}-\text{不同处理营养元素流失量}}{\text{CK 营养元素流失量}} \times 100\%$

综上所述,6 种不同物种配置植物篱对坡耕地营养元素均有明显的拦截吸收作用,具有良好的水土保持功能,而对照处理营养元素的流失量最大。其中,灰毛豆×紫花苜蓿处理相对拦截率最大,对氮、磷、钾的拦截吸收能力最强;灰毛豆×香根草对磷、钾的拦截吸收能力相对最差;灰毛豆×黄花菜对氮的拦截吸收能力相对最差。另外,香椿与香根草、黄花菜、紫花苜蓿两两配置植物篱模式对坡耕地营养元素的拦截吸收能力均居中,这可能是试验阶段时间较短,加之降雨量较小,而香椿根系扎根较深从而无法更多吸收养分的缘故。但是如果有足够的时间监测,且降雨量大,降水大量渗入土层形成壤中流,香椿根系可能会拦截吸收大量降水及营养元素,故其拦截吸收能力有待进一步研究。

### 3.3 不同处理方式泥沙量分析

由图 4 可知,CK 泥沙总量最多,其他各处理的泥沙总量均有不同程度的减少,说明植物篱具有较好的拦沙减沙效应。泥沙总量在各处理间的差异显著性如图 4 所示。对黄荆、新银合欢、马桑不同植物篱模式下的土壤物理变化特征及减流减沙效果表明,不同植物篱模式均有较明显的减流减沙效果<sup>[7]</sup>。各种处理泥沙总量的大小为:CK>灰毛豆×黄花菜>灰毛豆×香根草>香椿×紫花苜蓿>香椿×黄花菜>灰毛豆×紫花苜蓿>香椿×香根草。不同物种配置植物篱对泥沙的相对拦截率依次为 25.25%、5.05%、60.61%、66.67%、58.59%、42.42%。在各植物篱组合模式中,灰毛豆×黄花菜产沙量最大,香椿×香根草产沙量最小,灰毛豆×紫花苜蓿略多一点,这与其对营养元素的拦截效应不一致,可能主要是由于降雨较小,营养元素随降水渗透深度较浅,而香椿是乔木,根系扎根较深,从而对营养元素吸收较少。这说明香椿×香根草对泥沙的拦截作用最好,灰毛豆×紫花苜蓿次之。

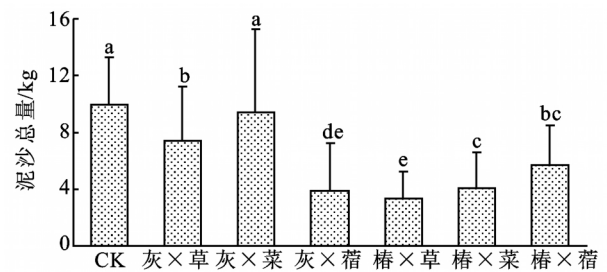


图 4 不同处理方式泥沙总量

通过对不同处理方式下地表径流、营养元素流失与拦截效果以及泥沙量分析得知,灰毛豆×紫花苜蓿组合模式的拦截效果最佳,主要有以下两个方面的原因。

(1) 物种的生物学特性存在一定的差异。① 养分的差异。灰毛豆、紫花苜蓿均属于豆科植物,固氮能力很强,对养分的需求相对较大。另外,紫花苜蓿是一种常绿草本,生长旺盛,且在监测期间,灰毛豆枝叶繁茂,这说明在不同监测时段灰毛豆和紫花苜蓿都需要大量养分供应自身的生长。虽然香根草也是常绿草本,但是是禾本科植物,其对养分的需求相对较少。在监测中后期,黄花菜地上部分枯死,香椿逐渐落叶,两者对养分的需求在逐渐减少。② 生长特性的差异。香根草、紫花苜蓿及黄花菜的根状茎的分蘖能力很强,从而增强了其对泥沙的拦截能力,其中,黄花菜的地上部分在监测中后期因枯死导致拦截能力降低。香椿是乔木,茎生长较为粗大,对泥沙的拦截效果较好。通过研究香椿、桑树、胡枝子、紫花苜蓿、灰毛豆、黄花菜及香根草等植物篱对坡耕地营养元素的拦截作用,结果表明草本植物篱的拦截效果最明显,其中灰毛豆植物篱的拦截效果最佳<sup>[13]</sup>。③ 由于最佳组合是两种豆科植物,具有固氮能力,能够更大幅度地增加土壤的氮素供应,促进了农作物的生长及营养元素的吸收。因此,从物种的生物学特性来讲,灰毛豆×紫花苜蓿组合模式的拦截效果相对最佳。

(2)土壤因素。实验基地土壤质地为沙壤土,土层较厚,较为疏松,有利于植物根系的生长及地表径流的下渗;但是,可能由于不同物种根系对土壤特性的影响存在一定的差异,导致地表径流在篱前的下渗量不同,从而使得不同植物篱组合模式对地表径流及其中营养元素的拦截吸收效果不同。各植物篱物种根系对土壤特性的影响机理有待研究。另外,监测期间的降雨相对较小,地表径流的下渗深度可能有限,所以,估计植物篱物种的深层根系对下渗径流中营养元素的拦截吸收作用很小。

## 4 结论

(1)不同物种配置植物篱对地表径流均有明显的拦截作用,其中,灰毛豆×紫花苜蓿组合模式效果最佳,它是一种良好的水土保持措施。

(2)不同物种配置植物篱对坡耕地营养元素均有明显的不同程度的拦截作用,灰毛豆×紫花苜蓿植物篱的拦截作用最为显著;灰毛豆×黄花菜对氮的拦截效应相对最差;灰毛豆×香根草对磷、钾的拦截效应相对最差。

(3)不同物种配置植物篱均有较好的拦沙减沙效应,其中,香椿×香根草的对泥沙的拦截作用最好,灰毛豆×紫花苜蓿次之。

## 5 讨论

不同物种配置植物篱对坡耕地营养元素具有显著的拦截吸收作用,对今后的相关研究和推广运用起到一定的指示性作用。本次研究对不同植物篱组合模式的拦截吸收机理尚未搞清楚,有待今后研究。以上研究的6种植物篱组合模式均能较好地拦截吸收坡耕地营养元素,特别是灰毛豆×紫花苜蓿植物篱组合模式能更好地防治水土流失,降低坡耕地营养元素的流失,减缓坡耕地营养元素在下游水库、湖泊富集,从而保障人类的饮水安全。目前,如何将植物篱在实际生产中推广应用是最关键的问题,这不仅需要广大农民

群众的积极参与,而且也需要科学界对其进行更深入的研究。因此,该项研究具有深刻的理论和现实意义。

### 参考文献:

- [1] 张建锋,单奇华,钱洪涛,等.坡地固氮植物篱在农业面源污染控制方面的作用与营建技术[J].水土保持通报,2008,28(5):180-185.
- [2] 董有浦.南方丘陵山地不同植物篱处理下水土流失研究[D].合肥:安徽大学,2009.
- [3] 朱青,王兆骞,尹迪信.贵州坡耕地水土保持措施效益研究[J].自然资源学报,2008,23(2):219-228.
- [4] 陈明霞,查轩.生草覆盖和植物篱措施对红壤坡地土壤侵蚀调控效应研究[J].亚热带资源与环境学报,2009,4(1):32-37.
- [5] 刘建香,贾秋鸿,田树,等.种植和施肥方式对云南坡耕地氮素流失的影响[J].云南农业大学学报,2009,24(4):590-595.
- [6] 郭忠录,钟诚,蔡崇法,等.等高植物篱/大豆间作根系相互作用对生长和氮素吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):59-64.
- [7] 彭熙,李安定,李苇洁,等.不同植物篱模式下土壤物理变化及其减流减沙效应研究[J].土壤,2009,47(1):107-111.
- [8] 张洪生,刘金铜,刘慧涛,等.植物篱模式下土壤水分特征变化研究[J].华北农学报,2009,24(增刊):173-175.
- [9] 吴玉红,蔡青年,林超文,等.地埂植物篱对大型土壤动物多样性的影响[J].生态学报,2009,29(10):5320-5329.
- [10] 全国农业技术推广服务中心.土壤分析技术规范[M].北京:中国农业出版社,2006:40-67.
- [11] 杨皓宇,赵小蓉,曾祥忠,等.不同农作制对四川紫色丘陵区地表径流氮、磷流失的影响[J].生态环境学报,2009,18(6):2344-2348.
- [12] 王卫国,童根平,徐温,等.3种常见速生灌木吸收红壤氮磷能力的比较[J].浙江林学院学报,2009,26(3):346-350.
- [13] 马礼平.不同物种植物篱对耕地营养元素的拦截作用[D].贵阳:贵州大学,2011.