

草篱对坡耕地水土流失和土壤养分的影响

牛德奎¹, 黄传伟², 武菊英^{*}

(1. 江西农业大学国土资源与环境学院, 江西南昌 330045; 2. 北京农林科学院草业与环境研究发展中心, 北京 100097)

摘要 [目的] 研究不同草篱对坡耕地水土流失和土壤养分的影响。[方法] 采用人工模拟降雨法研究狼尾草和野古草2种草篱对坡耕地水土流失和土壤养分的影响。[结果] 与对照相比, 在坡耕地上狼尾草的水土保持效果优于野古草, 平均减少地表径流52%, 减少土壤侵蚀量为76%。在0~60 cm土壤中野古草和狼尾草处理的铵态氮含量接近, 均超过对照; 0~100 cm土壤中野古草处理的确态氮和速效磷的平均含量分别为11.51和5.30 ng/kg, 均显著高于狼尾草和对照处理; 各处理土壤各层次全量养分含量随土壤深度增加而降低, 但差异不大。草篱对土壤各层次全量养分含量的影响不明显, 但对土壤速效养分含量及其分布的影响显著。[结论] 草篱能有效地减少坡耕地地表径流和土壤侵蚀量。

关键词 草篱; 坡耕地; 水土流失; 土壤养分

中图分类号 S154.4, S157.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)07-03079-03

Effects of Grass Hedgerow on the Soil and Water Loss and Soil Nutrient of Slope Land

NU De-kui et al (College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract [Objective] The aim was to study the effects of different grass hedgerows on the soil and water loss and soil nutrient of slope land. [Method] The artificially simulated rainfall was used to study the effects of 2 grass hedgerows, i.e. Pennisetum alopecuroides and Arundinella hirta on the soil and water loss and soil nutrient of slope land. [Result] Compared with CK, P. alopecuroides showed better effect on soil and water conservation than A. hirta, with the runoff reduced by 52% and soil loss decreased by 76% averagely. The contents of ammonium-N in 0-60 cm soil profile were similar in the treatments with P. alopecuroides and A. hirta hedgerows, both of which were higher than that in CK. The average contents of nitrate nitrogen and available phosphorus in 0-60 cm soil profile were 11.51 and 5.30 ng/kg resp in the treatments with A. hirta, both of them were significantly higher than that in treatment with P. alopecuroides and CK. The whole nutrient contents in every soil layer in all the treatments were decreased with the soil depth increasing, but there was little difference. Grass hedgerows had little influence on soil total nutrient contents, but it affected the content and distribution of soil available nutrient in soil remarkably. [Conclusion] The grass hedgerows could effectively reduce the runoff and soil loss of slope land.

Key words Grass hedgerow; Slope land; Soil and water loss; Soil nutrient

沿坡地等高线建植植物篱是当前坡地复合经营的重要形式之一^[1]。针对黄土高原和南方丘陵地区植物篱的水土保持效果和机理的大量研究表明, 等高植物篱通过地表覆盖和地下发达根系系统, 可以改善土壤理化性质, 降低坡度, 促进水流渗透, 有效拦截沙土, 减少水土侵蚀量^[2-4]。国内外学者研究了等高植物篱对坡耕地土壤养分的影响, 认为植物篱起到“养分泵”的作用, 可促进养分循环, 提高土壤有机质、全N和有效磷的含量^[5-7]。但有关等高植物篱对北京地区坡耕地水土流失和土壤养分影响的研究较少, 而且采用的植物篱大多是木本固氮类。笔者选择抗逆性强的狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)草篱和野古草(*Arundinella hirta*)草篱, 研究不同草篱对坡耕地水土流失和土壤养分的影响, 旨在为该地区坡耕地水土保持和土壤培肥提供理论依据。

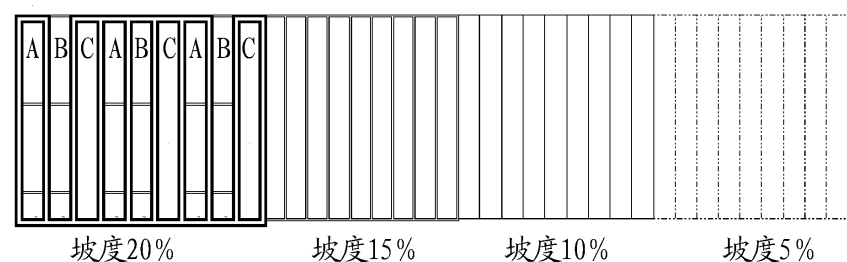
1 材料与方法

1.1 试验区概况 试验场地位于北京市农林科学院国家精准农业示范基地(40°10'N, 116°26'E), 该地属华北平原, 为暖温带半湿润大陆季风气候区, 年平均气温11.5℃, 平均无霜期190 d, 年均降水量640 mm, 其中夏季(6~8月)降水量占年降水量的70%。试验地土壤为砂壤土, 容重为1.51 g/cm³, 稳定渗透率为13 mm/h(双环法), 表层土壤(0~10 cm)有机质含量为8.33 g/kg, 全氮含量为2.46 g/kg。

1.2 试验材料 草篱带: 试验选择适合华北地区气候条件, 具有直立、发达的茎叶且分蘖能力较强的狼尾草和野古草沿等高线建植草篱带, 草篱带于2005年6月采用移苗的方式建

植, 位置分别位于坡耕地底部和中部, 带宽50 cm, 带间种植苜蓿。紫花苜蓿(*Medicago sativa*): 试验区紫花苜蓿于2007年6月10日沿坡耕地等高线采取条播的方式进行播种, 行距40 cm, 播种量40 kg/hm²。生长期适时进行灌溉和中耕除草工作, 确保紫花苜蓿正常生长。

1.3 试验设计 试验区总面积为667 m², 设4个坡度(5%、10%、15%和20%), 每个坡度3个处理, 即野古草草篱带(T1)、狼尾草草篱带(T2)和未种植草篱带(CK), 小区四周用塑料挡板分隔, 每处理3个重复。每个小区面积为1.6 m×11.0 m, 小区的布置如图1所示。试验地采取人工模拟降雨, 设3个降雨强度(22、36、63 mm/h, 即小雨、中雨和大雨)。



注: A. 狼尾草; B. 野古草; C. 对照。

Note: A, *Pennisetum alopecuroides*; B, *Arundinella hirta*; C, Control.

图1 试验小区的布置(每个坡度含9个小区)

Fig.1 The layout of the experimental plots (9 plots in each slope)

1.4 测定项目与方法 2007年12月从草篱带取回土壤样品。土壤样品取样方法: 在每小区中部和底部的草篱带处分层(0~10、10~30、30~60、60~100 cm)取样, 将中部和底部草篱带取得的土样按层次分别混合, 在对照区相同位置取样作为对试样, 采用常规方法分析样品土壤全N、全P、全K、速效N、速效P的含量, 通过对比分析草篱处理与对照的土壤养分空间分布差异, 研究植物篱对土壤养分的影响规律。

径流泥沙测定方法: 每次降雨后通过测定集流桶内水深

基金项目 中-意政府间科技合作专项(Sna-Italy 2006-2009); 农业部社会公益研究项目(2060302); 北京市农委农业科技示范项目(20070614)。

作者简介 牛德奎(1957-), 男, 江西南昌人, 教授, 从事水土保持及生态研究。* 通讯作者, E-mail: wujuying@grass-env.com。

收稿日期 2008-11-25

计算地表径流量(mm)。将集流桶的水和泥沙充分搅拌,从中取出3瓶泥沙含量均匀的水样(500 ml)进行过滤,然后把过滤出来的泥沙放入烘箱(105℃)烘干至恒重,称量并计算土壤流失量(kg/hm²)。

1.5 数据分析 采用SAS 8.0和Excel 2003对所得数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 草篱对水土流失的影响 在保持其他水土侵蚀因子相同的条件下,研究了不同降雨强度和不同坡度条件下,草篱的水土保持效果。不同降雨强度和坡度条件下,草篱对坡耕地水土保持效果不同(表1)。各雨强在不同坡度条件下,草篱和对照处理径流深的大小关系表现为:T2 < T1 < CK。从统计学意义上看,各雨强、各坡度处理下T2的径流深均小于CK,并达到差异显著水平;在5%和10%坡度条件下,T1径流

深也低于CK,但其差异在统计学意义上有的显著,有的则不显著;在15%和20%坡度下,T1与CK的径流深均无显著差异,T1与T2之间有的差异显著,有的不显著。总体上T1比CK径流减少了7%~50%,T2比CK减少了28%~82%,说明2种草篱均能有效地减少径流的产生。与地表径流相似,草篱和对照处理在各雨强、各坡度条件下土壤侵蚀量的大小关系为:T2 < T1 < CK。除小雨5%坡度处理之外,T2与CK土壤侵蚀量均达到差异显著水平;而T1与T2之间、T1与CK之间的差异有的显著,有的不显著。总体上,T1比CK的土壤侵蚀量减少了6%~72%,T2比CK减少了40%~92%。以上统计结果说明,狼尾草和野古草草篱均可以在一定程度上减少坡耕地地表径流和侵蚀泥沙量,其中狼尾草的减流减沙效果优于野古草。

表1 各处理径流深和土壤侵蚀量

Table 1 The runoff depth and soil erosion amount under different treatments

降雨强度 mm/h Rainfall depth	处理 Treatment	5%坡度5% slope		10%坡度10% slope		15%坡度15% slope		20%坡度20% slope	
		径流深 Runoff depth mm	泥沙量 Sediment quantity kg/hm ²	径流深 Runoff depth mm	泥沙量 Sediment quantity kg/hm ²	径流深 Runoff depth mm	泥沙量 Sediment quantity kg/hm ²	径流深 Runoff depth mm	泥沙量 Sediment quantity kg/hm ²
22	CK	1.34 a	3.88 a	1.79 a	5.09 a	3.31 a	7.29 a	6.30 a	48.10 a
	T1	0.67 b	3.66 a	1.37 ab	3.69 ab	2.62 ab	5.52 ab	4.20 a	17.60 b
	T2	0.53 b	2.32 a	1.28 b	1.99 b	1.39 b	3.34 b	1.80 b	4.20 c
36	CK	12.40 a	50.65 a	11.86 a	130.87 a	18.95 a	258.65 a	19.50 a	847.00 a
	T1	7.20 b	24.62 ab	10.45 a	71.78 ab	17.24 a	99.15 b	18.20 a	342.60 b
	T2	2.21 c	14.88 b	5.49 b	11.94 b	7.38 b	21.85 c	10.30 b	125.30 b
63	CK	20.27 a	124.43 a	26.21 a	197.80 a	29.22 a	661.97 a	33.10 a	1615.70 a
	T1	17.00 ab	79.26 a	20.55 b	86.10 b	22.87 ab	182.44 b	26.00 ab	764.70 ab
	T2	9.12 b	17.17 b	14.35 c	44.74 b	18.24 b	80.71 b	23.63 b	351.30 b

注:同列不同字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下表同。

Note: Different letters in the same column mean significant difference among different treatments (P<0.05). The same as below.

2.2 草篱对土壤养分的影响

2.2.1 草篱对土壤全量养分的影响。表2说明了草篱对不同土壤层全量养分含量的影响。T1、T2和CK处理的全N含量在0~30cm土壤中按层次分异特征不明显,而在10~100cm土壤中随土层深度的增加而减少;在0~100cm土壤中,各处理全P含量随着土层深度增加而递减;各处理不同土层的全K含量接近,分布均匀,处理之间无显著差异。除T2在0~10cm土层中全N含量高于CK外,0~60cm土壤中T1、T2处理的全N含量均低于对照处理,且差异显著。在60~100

cm土壤中T1和T2处理的全N均显著高于CK。在0~100cm土壤中,T2的全P含量略微低于对照,但并未达到差异显著水平;T1处理在0~10cm和30~60cm土壤中显著低于CK,与T2无显著差异。在60~100cm土层中,T1处理全P含量显著高于CK和T2,这种分布特征可能与T1草篱根系短在土壤中分布较浅,T2草篱和苜蓿根系长、扎根深以及植物根系对氮、磷的吸收利用特点有关。统计结果表明,种植野古草和狼尾草草篱对全N和全P在土壤中的分布有一定的影响,而对全K几乎没有影响。

表2 不同土层全量养分分布情况

Table 2 The distribution of total nutrients at different layers

处理 Treatment	全氮 Total nitrogen				全磷 Total phosphorus				全钾 Total potassium			
	0~10 cm	10~30 cm	30~60 cm	60~100 cm	0~10 cm	10~30 cm	30~60 cm	60~100 cm	0~10 cm	10~30 cm	30~60 cm	60~100 cm
T1	986 b	990 b	870 b	596 a	684 b	648 a	550 b	425 a	1.59 a	1.63 a	1.60 a	1.75 a
T2	1092 a	998 b	882 b	535 a	731 ab	658 a	589 ab	384 b	1.67 a	1.57 a	1.65 a	1.78 a
CK	1002 b	1060 a	1005 a	462 b	764 a	673 a	630 a	385 b	1.61 a	1.59 a	1.68 a	1.82 a

2.2.2 硝态N的空间分布。由图2可见,T1、T2和CK处理在0~100cm土壤中硝态N平均含量分别为11.51、2.36和2.27ng/kg。除5%坡度下,60~100cm土层中T2和CK的硝态N含量差异较大外,其他各坡度处理的各层土壤中硝态N含量相差均不大,且具有相同的变化趋势。4种坡度条件下,T1处理在各层土壤中的硝态N含量都明显高于T2和CK处

理。T1处理硝态N在土壤剖面中的分布特点也与T2和CK不同,在5%和10%坡度条件下,随着土壤深度的增加,除在10%坡度下10~30cm略有下降外,T1处理硝态N含量均呈递增趋势;在15%和20%坡度下,T1处理硝态N在0~30cm土层呈现上升趋势,而在60~100cm土层明显下降。结果表明,种植野古草可以显著增加各土层土壤硝态N含量,而狼

尾草作用不明显。不同处理各土层土壤硝态 N 呈现出不同的分布特点,这可能是由于坡度较小时部分硝态 N 随着地表径流和壤中流移动到草篱带,由于草带的拦截使其入渗并固

持在土壤中;在坡度较大时,由于径流流速增大的原因,使其伴随径流和泥沙而大量流失。

2.2.3 铵态 N 与全 N 的空间分布。由图3 可见,总体上,各

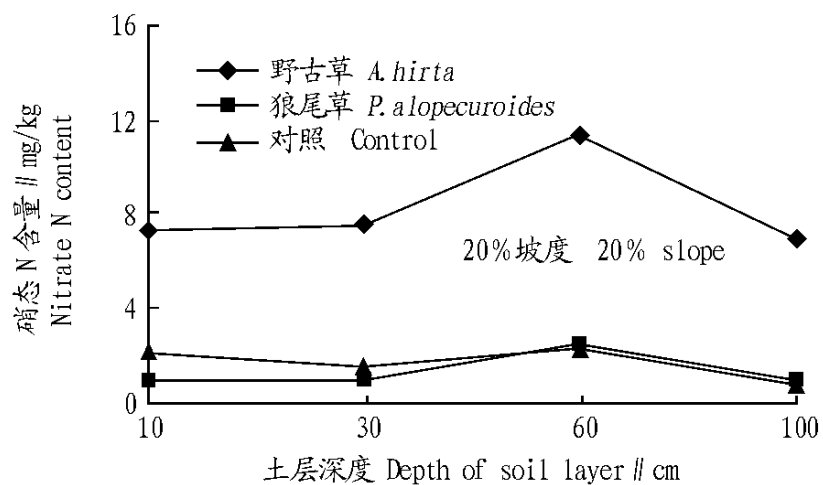
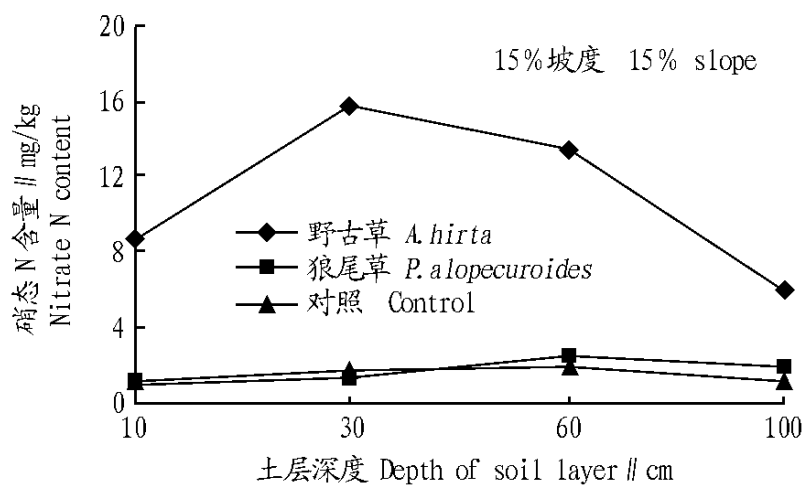
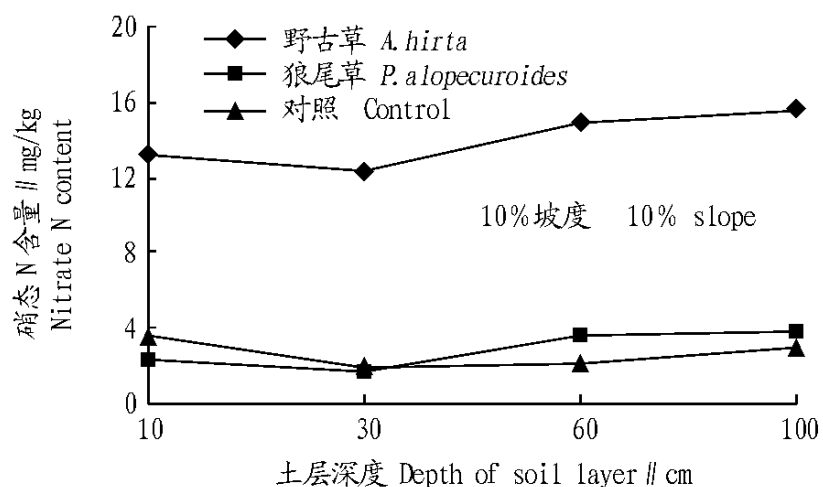
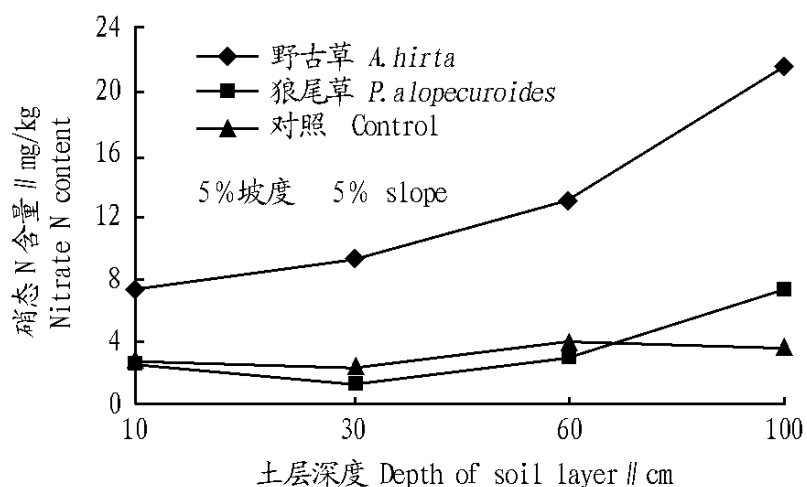


图2 不同处理对不同土层硝态 N 分布的影响

Fig.2 The effects of different treatments on the distribution of nitrate N at different layers

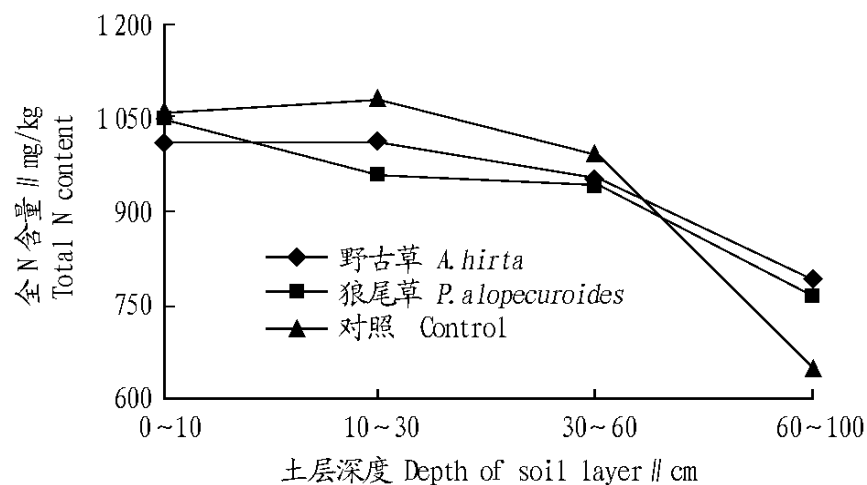
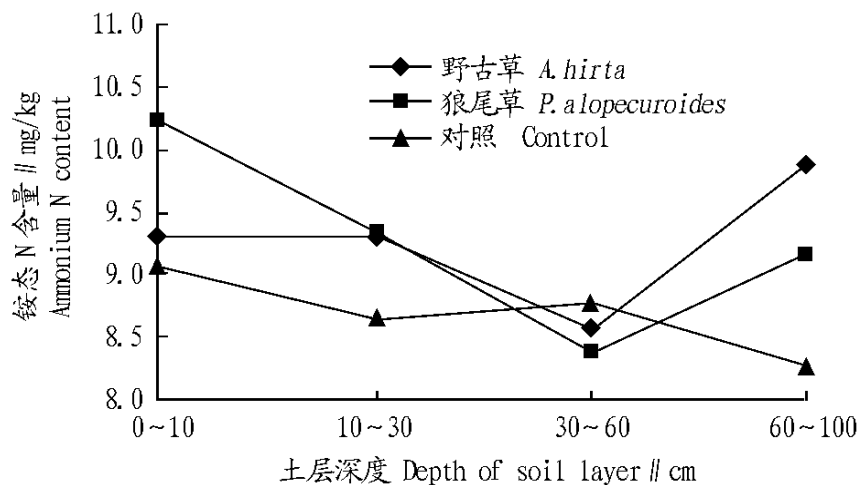


图3 不同处理对不同土层铵态 N 和全 N 分布的影响

Fig.3 The effects of different treatments on the distribution of ammonium N and total N at different layers

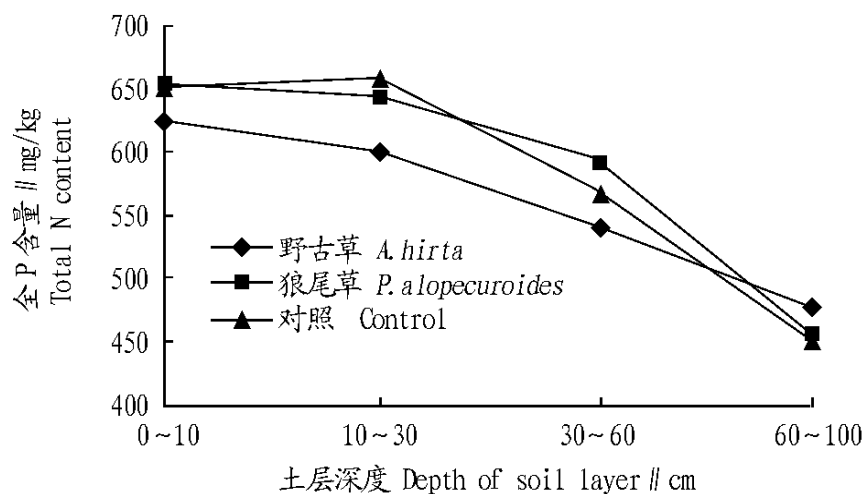
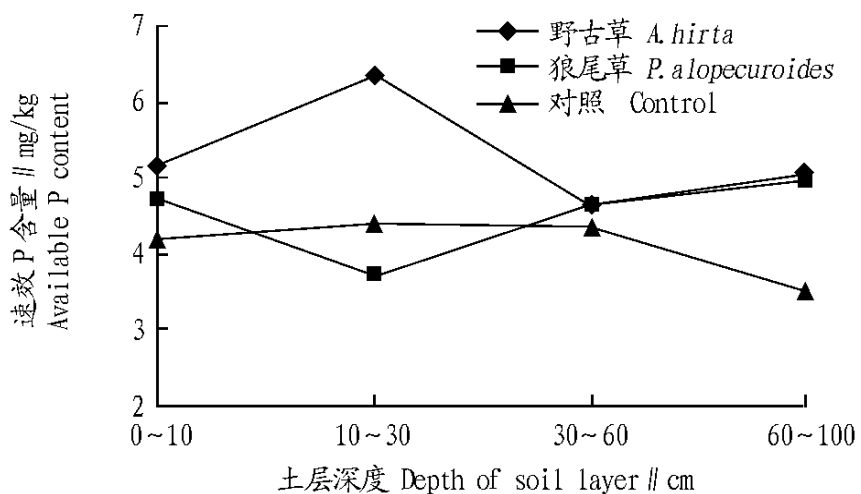


图4 不同处理对不同土层速效 P 和全 P 分布的影响

Fig.4 The effects of different treatments on the distribution of available P and total P at different soil layers

处理全 N 含量随着土壤深度增加呈下降趋势,在 0 ~60 cm 土层中微弱下降,在 60 ~100 cm 土层急剧减少,其中 T1 和 T2 变化过程相似,均比 CK 要平缓。处理 T1 和 T2 在 0 ~30 cm

土层中铵态 N 含量明显高于 CK,同时随着土壤深度增加其含量逐渐降低,在 30 ~60cm 土层急剧降低到 CK 以下,而在

时,地表径流量随降雨量增加而增多的效果不显著,因为雨水一部分下渗,一部分形成地表径流。

雨水下渗,土壤吸收速度与土壤的孔隙度和最大持水量有关,喜树+吊丝竹样地土壤的总孔隙度比其他2个样地小,而最大持水量比其他2个样地大,其保持水土的效果比其他2个样地要好,这就是喜树+吊丝竹样地的年平均地表径流量比其他2个样地小[喜树人工林(2.52 mm) > 玉米地(2.17 mm) > 喜树+吊丝竹人工林(0.84 mm)]的缘故。

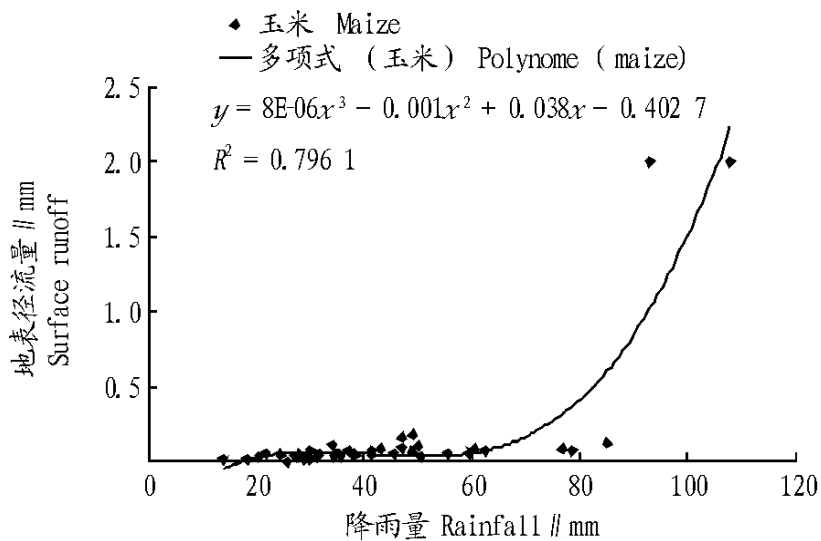


图5 玉米样地径流量与降雨量的关系

Fig.5 The relationship between runoff and rainfall in maize plot

4 结论

(1) 3个样地年平均地表径流量为:喜树人工林(2.52

mm) > 玉米地(2.17 mm) > 喜树+吊丝竹人工林(0.84 mm),说明喜树+吊丝竹样地的地表径流量较小,其保持水分效果比喜树和玉米样地好,是较好的退耕还林模式。

(2) 不同植被类型地表径流量与降雨量的关系为:地表径流量与降雨量存在一定的线性关系,总体的趋势是地表径流量随着降雨量的增加而增大,两者呈正相关,但是地表径流量与降雨量不是正比关系,两者相关不显著。

参考文献

- [1] 余新晓,张志强,陈丽华,等.森林生态水文[M].北京:中国林业出版社,2004.
- [2] 刘世荣,温远光,王兵,等.中国森林生态水文生态功能规律[M].北京:中国林业出版社,1996.
- [3] BONELL M. Progress in the understanding of runoff generation dynamics in forest [J]. *J Hydrol*, 1993, 150: 217-275.
- [4] PETERS DL. Runoff production in a forested, shallow soil, Canadian Shield basin [J]. *Water Resour Res*, 1995, 31(5): 1291-1304.
- [5] 张喜,薛建辉,许效天,等.黔中喀斯特山地不同森林类型的地表径流及影响因素[J].*热带亚热带植物学报*, 2007, 15(6): 527-537.
- [6] 张金池,卢义山,康立新.苏北海堤主要防护林类型的防护效益研究[J].*土壤侵蚀与水土保持学报*, 1996, 2(4): 41-47.
- [7] 天峨县志编纂委员会.天峨县志[M].南宁:广西人民出版社,1994.
- [8] 广西壮族自治区人民政府.广西年鉴2000[M].南宁:广西年鉴出版社,2000.
- [9] 中国气象局.地面气象观测标准[M].北京:中国气象出版社,1979.
- [10] 邵崇斌.概率论与数理统计[M].北京:中国林业出版社,2004: 257-263.

(上接第3081页)

60~100 cm 土层逐渐回升。这可能由于狼尾草和野古草均具有发达的根系,且主要分布在0~75 cm 土壤中,因此在30~60 cm 土层铵态N被草篱大量吸收;在深层土壤由于根系分布减少,被吸收利用的铵态N变少,加之草篱带本身对坡面物质的拦截作用,铵态N逐渐积累,使其含量显著超过CK处理。

2.2.4 草篱对土壤速效P和全P分布的影响。由图4可见,总体上,T1、T2和CK处理的全P含量随着土层深度的增加而减少;在0~60 cm 土壤中T1处理的全P含量低于T2和CK处理,但速效P均值达到5.30 ng/kg,明显高于T2和CK处理。说明种植野古草草篱,土壤全P处于亏损状态,但速效P大量富集。

3 结论

(1) 种植草篱能有效减少坡耕地地表径流和土壤侵蚀量,且狼尾草草篱对坡耕地水土保持效果优于野古草草篱,狼尾草草篱处理与对照相比,地表径流减少52%,土壤侵蚀量减少76%。

(2) 草篱对土壤各层次的全量养分(N、P、K)的空间分布

影响不明显,其中野古草处理的土壤全N和全P含量略微降低,全K不受植物篱影响。然而草篱对土壤速效养分含量及其分布的影响作用明显,在0~100 cm 土壤中野古草处理硝态N、速效P的平均含量分别为11.51和5.30 ng/kg,均显著高于狼尾草和对照处理;0~60 cm 土壤中野古草和狼尾草处理的铵态N含量也高于对照。

参考文献

- [1] GERALD E S. Risks and returns from soil conservation: evidence from low-income farms in the Philippines [J]. *Agricultural Economics*, 1999, 21(1): 53-67.
- [2] 李新平,王兆骞,陈欣,等.红壤坡耕地人工模拟降雨条件下植物篱带水土保持效应及机理研究[J].*水土保持学报*, 2002, 16(2): 36-40.
- [3] 焦菊英.黄土高原沟沿线的廊道防蚀效应探析[J].*水土保持通报*, 2006, 26(5): 108-118.
- [4] 郭雨华,赵廷宁,孙保平,等.草地坡面水动力学特性及其阻延地表径流机制研究[J].*水土保持研究*, 2006, 13(4): 264-267.
- [5] 孙辉,唐亚,陈克明,等.固氮植物篱改善退化坡耕地土壤养分状况的研究[J].*应用与环境生物学报*, 1999, 5(5): 473-477.
- [6] KANG B T, REYNOLDS L. Aka-Krah Alley cropping [J]. *Advances in Agronomy*, 1990, 43: 315-319.
- [7] LAL R. Myths and scientific realities of agroforestry as a strategy for sustainable management for soil in the tropics [J]. *Advances in Soil Science*, 1991, 15: 91-137.