

# 稻草覆盖和草篱对红壤缓坡旱地水土流失及作物产量的影响<sup>①</sup>

范洪杰<sup>1</sup>, 黄欠如<sup>2</sup>, 秦江涛<sup>3</sup>, 章新亮<sup>2</sup>, 刘满强<sup>1\*</sup>

(1 南京农业大学资源与环境科学学院土壤生态实验室, 南京 210095; 2 江西红壤研究所, 江西南昌 331717;

3 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

**摘要:**以红壤缓坡旱地为对象, 研究稻草覆盖和香根草篱对水土流失及花生产量的影响。2011—2012 两年的研究表明, 不同处理产生的径流量大小排序为: 对照 > 稻草覆盖、草篱 > 草篱 + 稻草覆盖。水土保持效果最好的是草篱 + 稻草覆盖处理, 与对照相比, 径流量显著减少了 47.1% ~ 79.8% ( $P < 0.05$ ), 土壤侵蚀量显著减少了 79.2% ~ 99.5% ( $P < 0.05$ )。2011—2012 年作物产量最高的分别是稻草覆盖和草篱 + 稻草覆盖处理, 与对照相比, 这两种处理可分别增产 26.6% ~ 50.9%、15.5% ~ 37.7% ( $P < 0.05$ )。因此稻草覆盖、草篱 + 稻草覆盖结合是红壤缓坡旱地水土保持的有效措施。

**关键词:** 稻草覆盖; 香根草篱; 径流量; 泥沙量; 产量

中图分类号: S157.1

坡地红壤是指发育于基岩风化壳的山地丘陵红壤, 我国的坡地红壤面积约占红壤总面积的 53%, 广泛分布于我国南方 14 个省区。江西省水土流失面积占国土面积的 21%, 而大部分水土流失面积为红壤坡地<sup>[1]</sup>。水土流失可导致土壤孔隙结构恶化, 土层变薄, 抗蚀能力减弱<sup>[2]</sup>, 土壤肥力下降和地力衰退, 对农业生产十分不利, 因此发展红壤缓坡旱地水土保持技术是该区改善农业生产力的重要措施<sup>[3]</sup>。

相对于传统水保模式来说, 生物水保措施具有经济、长效及可持续发展的优点<sup>[4]</sup>。其中, 等高植物篱是防治坡耕地水土流失的常用的生物工程措施<sup>[5]</sup>。在热带及亚热带地区, 香根草篱具有抗逆性强、生长迅速及根系发达等特性, 因而在水土保持中具有较强的应用潜力<sup>[6]</sup>。此外, 稻草覆盖作为一种增强土壤肥力、调节土壤温度和水分的农艺措施早已被广泛应用。最近的研究表明, 稻草覆盖在南方红壤坡地的水蚀阻控和土壤保水方面具有较强的优势<sup>[3]</sup>。然而, 作为红壤缓坡旱地的两项重要水保生物工程措施, 稻草覆盖和香根草篱组合的水保效果却鲜见报道。

本文针对我国南方红壤缓坡旱地地区的农耕特点, 对两种典型生物工程措施配置技术的水保效果及其对作物生产力的影响展开研究, 以探索出适宜该区推广的利于水土保持和作物产量提高的技术措施。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

2009 年 4 月在江西省红壤研究所内建立标准径流小区观测场, 监测红壤缓坡旱地水土流失情况。试验地地处江西进贤(116°20'24"N, 28°15'30"E), 雨量丰富, 日照充足, 无霜期长, 属于中亚热带湿润季风气候区。平均海拔高度 26 m, 年均气温 17.7°C ~ 18.5°C, 月平均最高气温与最低气温分别为 29.9°C 和 5.5°C, 年均降雨量 1 537 mm, 年蒸发量 1 100 ~ 1 200 mm; 干湿季节明显, 3—6 月为雨季, 降雨量占全年降雨量的 61% ~ 69%; 7—9 月为旱季, 蒸发量占全年蒸发量的 40% ~ 59%。地形为典型低丘, 土壤为第四纪黏土母质发育的黏壤土, 肥力等基本性质参见文献[7]。

### 1.2 试验设计与田间管理

径流场建成后撂荒 1 年, 待土层充分沉降稳定后进行试验研究。小区坡度为 10°, 投影面积 24 m × 5 m, 小区之间及四周筑深入地下 10 cm, 高 15 cm, 厚度 40 cm 的水泥矮墙。小区顶部修排水沟 30 cm × 20 cm 防止上部坡面径流流入小区, 底部修导流沟 30 cm × 20 cm, 下端修建集流池 50 cm × 50 cm × 50 cm 和分流池 1 m × 2 m × 1 m<sup>[8-10]</sup>。试验设置 4 个处理,

基金项目: 国家科技支撑项目(2009BAD6B01, 2011BAD31B04)资助。

\* 通讯作者(liumq@njau.edu.cn)

作者简介: 范洪杰(1986—), 女, 吉林德惠人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持。E-mail: 2010103111@njau.edu.cn

完全随机排列,3次重复,处理分别为等高花生常规种植的对照、草篱、稻草覆盖、草篱+稻草覆盖。供试花生品种为粤油“991”,种植密度为32 cm×20 cm。不同处理间花生每一行均对应种植,对照小区和稻草覆盖小区种植72行,草篱小区和草篱+稻草覆盖小区种植66行。香根草每隔8 m双行种植,种植面密度为37 cm×15 cm,按农民经验施加三元复合肥375 kg/hm<sup>2</sup>,每条施0.15 kg,试验期间确保香根草定期刈割至30~50 cm。土地翻耕后均匀播撒石灰1 875 kg/hm<sup>2</sup>,播种前施三元复合肥416.7 kg/hm<sup>2</sup>,钙镁磷肥525 kg/hm<sup>2</sup>,除草剂为抑草胺。有覆盖稻草的处理,在花生播种后,每个微小区均匀无间覆盖干稻草约7 500 kg/hm<sup>2</sup>。

本试验主要在作物生育时期4—8月进行观测,每次降雨后24 h内监测降雨量、径流量、泥沙量。2011年和2012年4月12日按规格播种花生,8月13日收获,测花生产量及其主要经济性状。

### 1.3 测定项目及方法

**1.3.1 降雨量测定** 采用北京澳作生态仪器有限公司生产的HOBO U30监测仪测定,其工作原理为:内置翻斗式,不锈钢轴承式雨量传感器,可自动监测降雨量大小并精确记录(校准精度为±1.0%)。

**1.3.2 径流量和泥沙量测定** 降雨时产生的地表径流分别导入集流池和分流池,在降雨产流停止后,用刻度尺分别测得集流池和分流池水位高度,已知他们的底面积,可推求各池径流量<sup>[8]</sup>。试验中的集流池和分流池处于露天状态,因此校正径流量=降水量×受雨平面面积;浑水径流总量=量测得出的浑水径流量-校正径流量;清水径流总量=浑水径流总量-浑水中泥沙体积。降雨产流结束后,将集流池内的径流和泥沙混合物充分搅拌均匀,取混合水样至少500 ml,静置分层20 h以上,后经过滤、105℃烘箱中烘干24 h、冷却后称重,可计算泥沙量<sup>[8]</sup>。

**1.3.3 花生产量及农艺性状测定** 在收获期,实际测定各个小区的花生产量。农艺性状测定<sup>[11]</sup>:在各小区内,随机采摘10株植株样品并编号,使用干净抹布擦拭掉植株上的泥土和其他杂物。在烘箱中105℃杀青15 min,60℃烘干约24 h。取出样品后迅速测定样品的结果总数、荚果重量、出仁数、果仁重量和总重量。

### 1.4 统计分析

用SPSS17.0数据处理软件进行方差分析及相关性分析,Origin8.5进行结果作图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 降雨量分析

图1显示花生生长季节的月降雨变化。2011年

4—8月降雨总量为702.7 mm,占全年总降雨量的81%;其中4—5月全省降水总体异常偏少,6月降雨量在作物生育期内降雨量最多且降雨相对集中,并伴有4次强降雨过程,达到全年降雨量的46.4%。2012年4—8月降雨总量为842.8 mm;其中5月份降雨量为全年最高值,达到366.5 mm,占全年降雨总量的43.5%;其次是6月份,占全年降雨量22.2%。

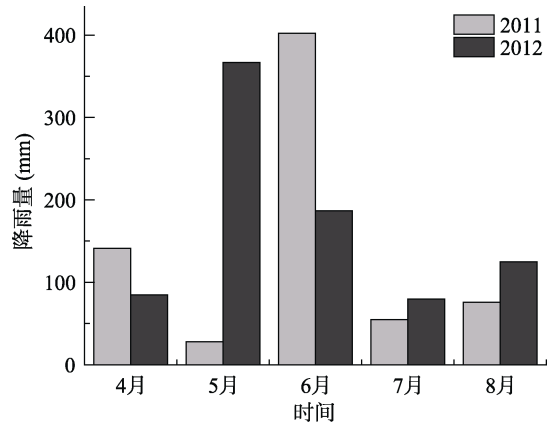


图1 2011—2012年作物生育期间月降雨量分析  
Fig. 1 Rainfall during crop growth period in year 2011 and 2012

### 2.2 不同稻草覆盖和香根草篱处理对径流量与泥沙量的影响

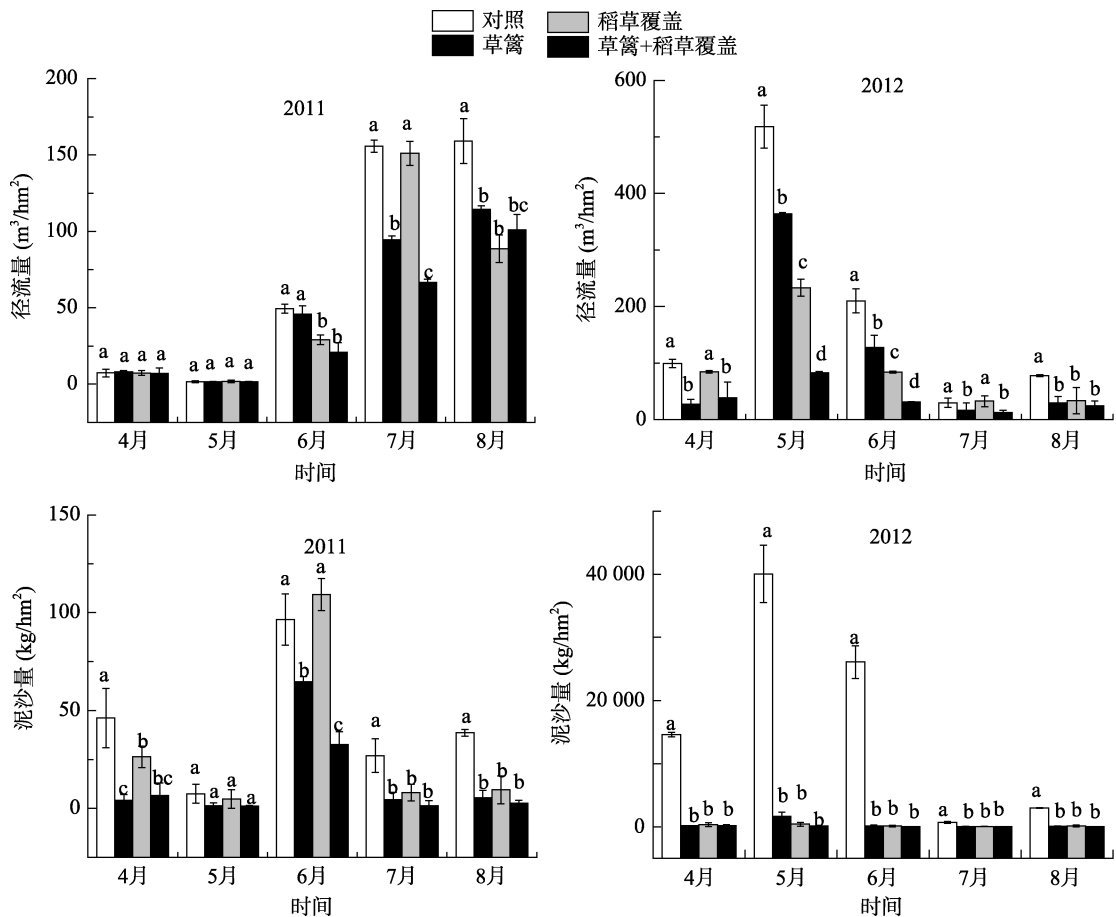
由图2可知,2011年,与对照处理相比,草篱+稻草覆盖处理在花生生育期内最多可减少径流量47.1%,6—8月的径流量可达显著性差异( $P<0.05$ );草篱、稻草覆盖处理最多可减少径流量分别为29.0%、25.5%,但是总体差异不显著。2012年,与对照处理相比,草篱+稻草覆盖处理在花生生育期内最多可减少径流量79.8%,差异达显著水平( $P<0.05$ );草篱、稻草覆盖处理最多可减少径流量分别为39.5%、50.0%,总体差异亦可达到显著水平( $P<0.05$ )。稻草覆盖一方面可以遮荫散热,涵养水分,减少水分蒸发;另一方面由于其覆盖在地表,可以起到降低雨滴打击的作用,减弱对土壤的击溅侵蚀和对土壤结构的破坏,防止溅散的土粒堵塞土壤孔隙,增加雨水入渗速率,从而减少径流量<sup>[12]</sup>,因此可以起到良好的水土保持效果。香根草篱可增加地面覆盖度,其茎叶对地表径流的机械阻挡作用降低了地表径流速度,减弱了径流的挟沙能力<sup>[13]</sup>。延长降水的入渗时间,增加了地表水分的入渗量,从而降低了径流量<sup>[13-14]</sup>。草篱和稻草覆盖处理的保水效果相当,稻草覆盖处理中稻草覆盖面积约是草篱处理中草篱栽种面积的52倍,香根草篱有效截流面积远远小于稻草覆盖面积,因此可以看出香根草篱表现出很好的截水能力。而草篱+稻草覆盖处理结合了稻草覆盖与香根草篱的保水

能力,综合连续 3 年试验结果都说明这种处理的保水效果最佳<sup>[7]</sup>。

2011 年不同处理产生的泥沙量大小顺序依次为对照 > 稻草覆盖 > 草篱 > 草篱 + 稻草覆盖,与 2011 年各处理产生的径流量大小顺序相同,与对照处理相比,草篱 + 稻草覆盖处理在花生生育期内最多可减少泥沙量 79.2%,草篱、稻草覆盖处理可分别减少泥沙量 62.8%、26.8%,总体上皆可达到显著性差异( $P < 0.05$ )。2012 年各处理在花生生育期产生泥沙量大小顺序为对照 > 草篱 > 稻草覆盖 > 草篱 + 稻草覆盖,与 2012 年各处理产生的径流量大小顺序一致,由此可见,产流量与产沙量密切相关。2012 年,与对照处理相比,在花生生育期内草篱 + 稻草覆盖处理可减少泥沙量多达 99.5%,草篱、稻草覆盖处理亦可减少泥沙量分别达 97.4%、98.7%,皆达到显著性差异( $P <$

0.05)。结合钟义军等<sup>[7]</sup>的研究结果可知,经过 3 年成篱后,草篱拦截泥沙效果便可稳定且优于稻草覆盖,这可能是由于香根草经过一段时间形成篱笆后,其根部可以阻挡水流,降低地表径流速度,减弱径流的挟带的泥沙,也不易形成细沟,减少土壤侵蚀<sup>[13]</sup>。因此草篱保土效果日渐优于稻草覆盖,而连续 3 年的试验结果表明草篱+稻草覆盖处理拦截泥沙的效果最好<sup>[7]</sup>。

2012 年各处理径流量、泥沙量皆大于 2011 年,这可能是由降雨产生侵蚀量的原因复杂。有研究表明,降雨时间、降雨强度是影响地表径流特征的主导因素,降雨动能大则产流产沙较多<sup>[15]</sup>。本试验缺少对降雨类型、降雨强度、下垫面等与红壤缓坡旱地产生径流的关系的研究<sup>[16]</sup>,因此,本试验仅分别对 2011 年、2012 年,草篱、稻草覆盖、草篱 + 稻草覆盖处理与对照处理产流产沙差异进行比较。



(柱图上方不同小写字母表示同一时间不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平显著)

图 2 2011—2012 年稻草覆盖及草篱处理对径流量和泥沙量的影响(平均值±标准误)

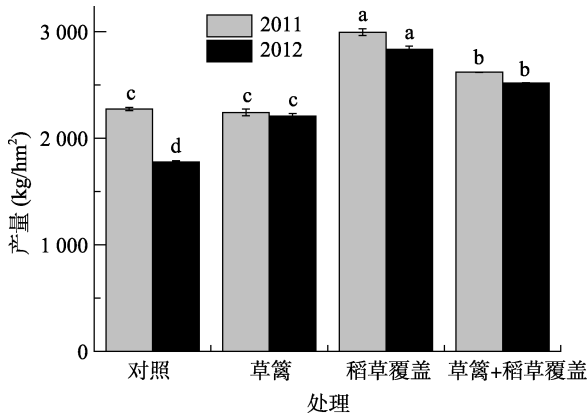
Fig. 2 Influence of straw mulching and vetiver hedge on runoff and sediment in year 2011 and 2012

### 2.3 不同稻草覆盖和香根草篱处理对花生产量和农艺性状的影响

由图 3 可以看出,2011 年花生产量大小顺序依次为稻草覆盖 > 草篱+稻草覆盖 > 对照 > 草篱,相较

之对照处理,稻草覆盖处理显著增产 31.7% ( $P < 0.05$ ),草篱+覆盖处理可显著增产 15.2%,而草篱处理使花生减产 1.4%。2012 年花生产量的趋势与 2011 年结果基本一致。稻草覆盖及草篱 + 稻草覆盖处理分别比对

照处理显著增产 50.9% 和 37.7% ( $P < 0.05$ )。稻草覆盖不仅可以有效地减少水土流失,也可以增加作物产量<sup>[17]</sup>,草篱+稻草覆盖处理在连续 3 年的试验中也表现出了良好的增产效果<sup>[7]</sup>。由于草篱、草篱+稻草覆盖处理中花生的种植面积小于对照、稻草覆盖处理,因此,也有可能造成这两种处理的作物产量较小,



(柱图上方不同小写字母表示同一年份不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平显著)

图 3 稻草覆盖和香根草篱在 2011 和 2012 年对红壤缓坡旱地花生产量的影响(平均值±标准误)

Fig. 3 Influence of straw mulching and vetiver hedge on peanut yield in year 2011 and 2012

甚至低于对照处理。

由表 1 可知,2011 年,不同处理的花生主要农艺性状大小差异为稻草覆盖 > 覆盖+草篱 > 对照 > 草篱,这个趋势与产量大小的趋势一致。与对照处理相比,稻草覆盖处理可使花生百果重、百仁重、结果数、出仁数增加 9.4%~27.6%,覆盖+草篱处理可增加 3.0%~11.5%,草篱处理则减少 5.0%~9.2%;2012 年,稻草覆盖处理的增量最多,与对照相比,可增加 5.0%~49.1%,草篱、覆盖+草篱处理分别为 -9.4%~14.1%、-6.3%~24.5%。花生产量受多个农艺性状的影响,由灰色关联度得出花生百果重、百仁重、单株生产力是影响花生产量最重要的农艺性状指标<sup>[17]</sup>。因此,从花生百果重、百仁重、单株生产力的差异性可以看出,稻草覆盖处理可以有效增加花生的百果重、百仁重、结果数以及出仁数,即可有效增加花生产量。结合水土流失的结果,稻草覆盖在保持水土和提高作物产量均有明显的优势。以往的研究证实,稻草覆盖可在酷暑高温季节遮荫,降低土壤温度,减少水分蒸发<sup>[17]</sup>;同时稻草分解可释放和保蓄养分,增加土壤养分有效性,提高作物产量<sup>[18]</sup>。

表 1 稻草覆盖和香根草篱处理对花生农艺性状的影响  
Table 1 Influence of straw mulching and vetiver hedge on hypogaea agronomic characteristics

考种项目	对照		草篱		稻草覆盖		草篱+稻草覆盖	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
结果数(a)	156.0 bc	145.3 a	145.9 c	157.4 b	191.8 a	216.7 a	174.0 ab	157.2 a
百仁重(g)	112.0 bc	122.9 b	106.5 c	111.4 c	130.7 a	131.0 b	122.0 ab	116.4 d
出仁数(a)	185.6 bc	157.2 a	168.5 c	179.4 a	236.8 a	222.3 a	206.3 b	195.7 a
百果重(g)	166.0 bc	149.1 a	156.8 c	142.3 b	181.6 a	156.6 b	171.0 ab	139.7 c

注：表中同行不同小写字母表示同一年份不同处理间差异在  $P < 0.05$  水平显著(邓肯多重比较法)。

### 3 结论

(1) 在红壤缓坡旱地的生物水保措施中,降低径流量的最佳处理为草篱+稻草覆盖,可减少径流 47.1%~79.8%;持土能力最佳的处理亦是草篱+覆盖,可减少泥沙 79.2%~99.5%。到 2012 年,草篱和稻草覆盖的持土能力相当,可分别减少泥沙 97.4%、98.7%。

(2) 稻草覆盖不仅可以发挥水保效果,也可以有效提高作物产量且效果明显,可增产 31.7%~59.4%,各处理的花生农艺性状大小差异与花生产量大小顺序基本相同,说明稻草覆盖亦可较好地改善花生的农艺性状;其次是草篱+稻草覆盖处理,可增产 15.2%~

41.7%。

(3) 综合水土保持效果及花生产量增产的研究结果,建议江西省红壤缓坡旱地区可根据实际情况选择水保措施为稻草覆盖或草篱+稻草覆盖。

### 参考文献：

[1] 范淑英, 吴才君. 野葛对红壤坡地水土保持和改良土壤效应的研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 141-143

[2] 梁音, 张斌, 潘贤章, 史德明. 南方红壤丘陵区水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 22-27

[3] 林丽蓉, 陈家宙, 曾涛, 宋州俊, 魏强. 稻草覆盖和聚丙烯酰胺对坡地红壤水蚀的阻控作用[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 14-18

- [4] 赵雨森, 魏永霞. 坡耕地保护性耕作措施的水土保持效应[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(3): 86–90
- [5] 杨洁, 谢颂华, 喻荣岗, 郭晓敏. 红壤侵蚀区水土保持植物配置模式[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(1): 40–45
- [6] 喻定芳, 戴全厚, 王庆海, 肖波. 北京地区等高草篱防治坡耕地水土及氮磷流失效果研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(6): 11–15
- [7] 钟义军, 叶川, 黄欠如, 章新亮, 武林, 孙永明, 秦江涛. 红壤缓坡花生地不同水土保持措施效果分析[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(3): 71–74
- [8] 郭索彦. 水土保持监测理论与方法[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 202–205
- [9] 朱青. 坡耕地退化机理及侵蚀退化防治措施研究[D]. 浙江杭州: 浙江大学, 2007
- [10] 黄欠如, 章新亮, 李清平, 余喜初, 贺湘逸, 周慕卿. 香根草篱防治红壤坡耕地侵蚀效果的研究[J]. 江西农业学报, 2001, 13(2): 40–44
- [11] 李清华. 不同生境下花生农艺产量性状的因子分析[J]. 花生学报, 2009, 38(3): 36–40
- [12] 刘柳松, 史学正, 于东升, 王洪杰, 任红艳, 孙维侠, 张黎明. 秸秆覆盖对干湿态红壤坡面流体力学参数的影响[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(6): 20–25
- [13] 黄传伟, 牛德奎, 黄顶, 武菊英, V.Sardo. 草篱对坡耕地水土流失的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(6): 40–43
- [14] Mohammad AG, Adam MA. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses[J]. Catena, 2010, 81(2): 97–103
- [15] 谢小立, 王凯荣. 红壤坡地雨水地表径流及其侵蚀[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(5): 839–845
- [16] 彭娜, 谢小立, 王开峰, 王凯荣, 胡实. 红壤坡地降雨入渗、产流及土壤水分分配规律研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3): 17–20
- [17] 金建猛, 谷建中, 刘向阳, 任丽, 范君龙. 花生农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 种子科技, 2009(5): 31–33
- [18] 黄伟生, 黄道友, 汪立刚, 肖和艾, 苏以荣, 吴金水. 稻草覆盖对坡地红壤培肥及作物增产的效果[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 102–104

## Effects of Straw Mulching and Vetiver Hedge on Runoff, Soil Erosion and Crop Yield on Red Soil Sloping Land

FAN Hong-jie<sup>1</sup>, HUANG Qian-ru<sup>2</sup>, QIN Jiang-tao<sup>3</sup>, ZHANG Xin-liang<sup>2</sup>, LIU Man-qiang<sup>1\*</sup>

(1 Soil Ecology Lab, College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2 Red Soil Institute of Jiangxi Province, Nanchang 331717, China; 3 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** In this paper, the effects of biological engineering measures such as straw mulching and vetiver hedge on runoff, soil erosion and crop yield were studied. The results showed that runoff in the years 2011–2012 were followed by order of control > straw mulching, vetiver hedge > straw mulching + vetiver hedge. Among all the treatments, as compared with the control treatment, vetiver hedge + straw mulching showed the highest capability in reducing runoff by 47.1%–79.8% ( $P < 0.05$ ). The minimum amount of soil erosion was observed in the vetiver hedge + straw mulching, which reduced 79.2%–99.5% of erosion of the control ( $P < 0.05$ ). The maximum crop (hypogaea) yield was from straw mulching and vetiver hedge + straw mulching in 2011 and 2012. Compared with the control, these two kinds of treatment could increase 26.6%–50.9%, 15.5%–37.7% ( $P < 0.05$ ). We concluded that the straw mulching or combining with vetiver hedge are the optimal practices for promoting both soil and water conservation, and crop yield on the red soil sloping land.

**Key words:** Straw mulching, Vetiver hedge, Runoff, Sediment, Yield