

# 等高植物篱控制紫色土坡 耕地侵蚀的特点\*

许 峰<sup>†</sup> 蔡强国 吴淑安

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

张光远 蔡崇法 一树文 史志华 黄 丽

(华中农业大学资源环境与农业化学系)

**摘 要** 应用等高植物篱能在较低投入下有效控制坡地土壤侵蚀和养分流失。三峡库区紫色土 25° 坡地的大雨强模拟降雨实验表明, 香根草等高植物篱能减少相当于对照坡耕地的 82.2% 的侵蚀量(1997 年 11 月), 通过施肥促进植物篱生长密闭能进一步提高对流失土壤的拦截效率, 效果不逊于带间覆盖。经过 31 个月的侵蚀过程, 各植物篱小区最明显的坡形变化是篱带处及其前部堆淤成接近水平的淤积带。由于植物篱的阻滞和坡形的变缓, 径流和表土作用的时间延长, 由径流携带的养分损失成为坡面养分流失的重要途径, 控制径流损失是控制养分流失的重要方式之一, 同时也有助于减少坡面侵蚀。

**关键词** 等高植物篱, 土壤侵蚀控制, 紫色土, 三峡库区

**中图分类号** S157.1

近年诸多研究表明, 应用等高植物篱能有效地减轻坡地土壤侵蚀和减少养分流失, 成本远低于工程措施。其典型形式是在坡面沿等高线布设密植的植物篱带, 带间布置农作物。三峡库区耕地土壤的 78.7% 是紫色土, 且大部分分布在坡地, 25% 的旱地坡度在 25° 以上, 土壤侵蚀严重; 推广等高植物篱技术将有助于在较经济的投入下减轻库区坡地侵蚀, 减少未来三峡水库的泥沙淤塞和减轻水体污染。国外近 20 余年来在植物过滤带控制土壤侵蚀<sup>[1]</sup>、面源污染<sup>[2]</sup>及对微地貌的影响<sup>[3]</sup>等领域已有不少报道。但植物过滤带在应用目的、侵蚀控制机理、坡形变化等方面与国内应用的等高植物篱均有所不同<sup>[4]</sup>。国内近年对等高植物篱控制侵蚀的效果、机理已有一些研究, 如孙辉等讨论了等高植物篱控制侵蚀的效果<sup>[5]</sup>, 蔡强国等分析了等高植物篱控制侵蚀的原因, 认为机械拦阻是植物篱减少侵蚀的主要原因<sup>[6]</sup>。然而目前对不同耕作措施下等高植物篱—农作系统土壤和养分流失、微地貌演变及其关系的研究尚较缺乏。要有效利用等高植物篱控制侵蚀和面源污染, 还需进一步研究其各方面的侵蚀控制特点。

\* 国家自然科学基金项目(49871053)、黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室资助项目(98W008)和国务院三峡工程建设委员会移民开发局项目(9809)

<sup>†</sup> 现通讯地址: 100053 北京市宣武区白广路二条二号水利部水土保持监测中心。E-mail: xufeng@mwr.gov.cn

收稿日期: 2000-02-29; 收到修改稿日期: 2000-12-28

# 1 研究方法

植物篱试验区设立在库区秭归县王家桥流域。当地经度  $110^{\circ}47'E$ 、纬度  $31^{\circ}05'N$ ，距长江干流 4km，年均降雨量 1013.1 mm，年均温 16.7℃，海拔 240m。土壤为侏罗纪上统逢莱镇组紫色砂页岩发育的石灰性紫色土，坡面土壤平均流失量  $3464 \text{ t km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。试验区 4 号地共有 6 个每个标准径流小区(表 1)，每个小区坡度均为  $25^{\circ}$ ，水平投影长度 10m，宽 2m，小区四边均砌水泥围墙。植物篱品种为近年在南方山区普遍应用的香根草(*Vetiveria zizanioides*)。除对照坡耕地 4-1 小区外，其他小区均在 1996 年 3 月等高定植了三带香根草植物篱，坡面间距 2.8m(上带植物篱距小区上边围墙亦为 2.8m)；每带两行，行距 20cm，株距 20cm，篱带间种植黄豆(每年 5 月至 10 月前后)和冬小麦。定植植物篱前各小区均整成平直坡面。夏季所有小区植物篱均定高剪裁并将裁枝及麦秆横置篱前。1998 年 11 月对各小区纵轴剖面均进行了相对高度测量，并根据坡面相对高度变化计算了 31 个月间植物篱带间的净堆积/侵蚀量。研究区坡地的年侵蚀模数主要取决于年内的几次暴雨，故各小区侵蚀特点通过大雨强模拟降雨进行实验研究。模拟降雨器采用美国 SPRACO 锥形喷头，喷头距地面垂直高度 4.75m，供水压力 0.08MPa，雨滴动能等于天然降雨的 90%，降雨均匀度约 0.90，每小区沿长边相对布置 8 套立式模拟降雨器，降雨时间一般控制在 60min 左右，雨强和雨量相当于当地的大暴雨。雨前测定 0~2cm 表土养分含量，径流、表土及泥沙中养分含量测定均采用常规方法。模拟降雨时在小区下方集水口每隔 3min 采取径流样本，测量径流量及径流含沙量。坡面径流流速测定采用染料法。

表 1 各小区处理

Table 1 The treatments of each plot

小区 Plot	处理 Treatment	小区 Plot	处理 Treatment
4-1	对照坡耕地	4-4	香根草植物篱 施用无机肥
4-2	香根草植物篱	4-5	香根草植物篱 施用有机肥
4-3	香根草植物篱一带间覆盖/施用无机肥	4-6	香根草植物篱一带间覆盖/配合施用无机、有机肥

注：覆盖指用麦秆覆盖植物篱带间坡面，覆盖度 50%；有机肥指每小区面施猪粪 88kg；无机肥指每小区面施尿素 0.75kg、过磷酸钙 1.5kg；施肥均在上年 6 月播种时施作基肥；施肥量以当地平均施肥量折算

# 2 结果与讨论

## 2.1 坡形变化及坡面径流

了解植物篱—农作系统的微地貌演化特点有助于从动力学角度分析侵蚀控制的物理过程。经过 31 个月的侵蚀过程，各植物篱小区的坡形发生明显变化。典型植物篱小区(4-6 小区)与对照坡耕地 4-1 小区 1998 年 11 月坡形(纵坡中轴线剖面)对比见图 1。

4-1 小区坡形变化不大，小区上部 0~1m、小区下部 5.3~8.5m 左右纵剖面较 1996 年 11 月为低。天然降雨条件下当地  $25^{\circ}$  紫色土坡地的细沟发生临界坡度为 6m 左右，在此坡长后坡面侵蚀量将明显增加，故小区下部坡面侵蚀较为严重；而由于局部侵蚀基准面(小区底边)的存在，接近小区底边的坡面纵剖面略为堆积。小区上部 0~1m 纵剖面的侵蚀则为小区上边水泥围墙形成跌水，加大了降雨时小区上部水流侵蚀力所致。各植物篱小区坡形的最明显变化是在植物篱条带所在位置由植物篱及其基部横置麦秆拦蓄的泥沙

形成高 0.19~ 0.46m 左右的篱坎, 篱带所在位置和篱前形成接近水平的宽 0.09~ 0.28m 的淤积带(表 2)。

表 2 植物篱上下各带间的坡形变化

Table 2 Variation in slope shape of the plots between hedgerows

小区 Plot	带间平均坡度 Average slope of cropping strip (Degree)			净侵蚀/堆积量 Net soil loss/stock (m <sup>3</sup> )		
	上带 Up strip	中带 Middle strip	下带 Down strip	上带 Up strip	中带 Middle strip	下带 Down strip
4-2	21.8	22.7	19.6	-0.023	-0.358	-0.934
4-3	22.9	23.5	21.4	-0.017	-0.146	-0.536
4-4	21.1	23.3	24.7	-0.022	-0.082	-0.521
4-5	21.4	23.2	21.8	-0.099	+0.054	-0.340
4-6	20.8	22.7	21.4	-0.023	-0.154	-0.540

小区 Plot	篱坎高度 Height of hedgerow band (m)			淤积带宽度 Width of blocked strip (m)		
	上带 Up strip	中带 Middle strip	下带 Down strip	上带 Up strip	中带 Middle strip	下带 Down strip
4-2	0.401	0.334	0.219	0.090	未成形	0.270
4-3	0.331	0.322	0.194	0.090	0.181	0.272
4-4	0.317	0.371	0.307	0.271	0.271	0.272
4-5	0.241	0.401	0.329	0.181	0.263	0.272
4-6	0.212	0.461	0.281	0.181	0.262	0.283

注: 带间平均坡度指篱前淤积带以上至上—一篱坎底部(或小区上边)的平均坡度; 净侵蚀/堆积量指篱坎外缘至上—一篱坎底部(或小区上边)的植物篱带间坡面与原坡面的纵剖面相比较, 土壤净侵蚀或堆积的体积, “-”表示侵蚀, “+”表示堆积

植物篱带间的侵蚀和堆积也降低了带间原有的坡度, 减缓的幅度在 0.4~ 5.4° 之间。上下各带间的变化也有差异。带间作物的必要耕作对坡形变化也有一定影响, 但有理由认为上下各带间的耕作并无甚差异, 因此上下各带间坡形变化的差异主要是土壤侵蚀造成的。由表 2 可见, 除 4-5 小区外各小区植物篱带间与原坡面相比较的净侵蚀/堆积量(据坡形剖面测量值与原剖面计算)的大小顺序是上带> 中带> 下带, 这表明了带间的坡面侵蚀程度从上带向下带增加的基本趋势。各小区下带的淤积带宽度最大且较接近, 对比各小区下带的净侵蚀量均为最大, 可以认为, 随着带间侵蚀、堆积过程的进一步发展, 下带香根草植物篱以上的来沙最多(净侵蚀量最大), 淤积带也最宽; 但其草本茎秆将难以支撑篱坎的进一步淤高, 大雨强时的坡面侵蚀来沙将有相当部分不易拦截, 篱前淤积带将难以再发展而保持在一定的宽度。植物篱截断连续坡面, 降低了坡面径流动能, 坡面径流观测和流速测定可以反映这一点(表 3)。1998 年 11 月模拟降雨过程的观测表明, 4-2 小区下带坡面出现肉眼可辨明的坡面层流; 而其他植物篱小区的上、中、下带均无明显坡面层流出现。4-1 小区在坡长 6.5m 处的坡面层流十分明显, 且已有多条侵蚀细沟出现, 4-2 小区在该坡长由于逾带径流汇集后从篱坎跌落造成的冲刷而局部产生纹沟, 沟内流速亦明显低于 4-1 小区。由于流速的降低, 径流的侵蚀和搬运能力也降低了。但由于局部纹沟的

产生, 4-2 小区下带的侵蚀程度也较其他小区大。因此, 植物篱截断连续坡面, 防止和减少细沟发生是其减轻大雨强降雨侵蚀的一个重要原因<sup>[6]</sup>。

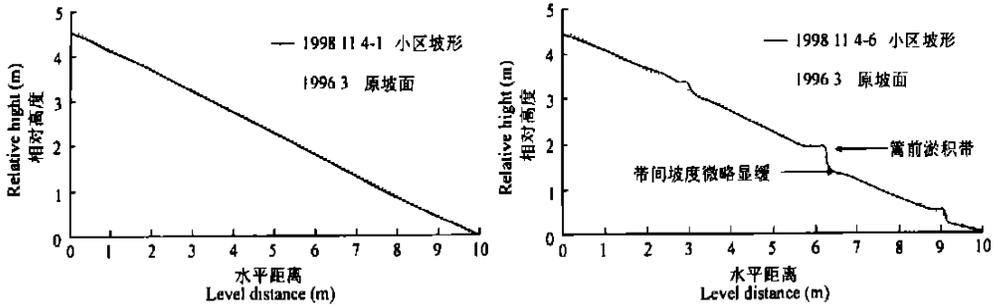


图 1 典型植物篱小区(4-6 小区)与对照坡耕地小区 1998 年 11 月坡形对比

Fig. 1 Comparison between typical hedgerow plot and cultivated plot

表 3 坡面径流最大表层流速

Table 3 The highest velocity of the surface runoff over the slopes

项目 Item	4- 1			4- 2(下带)
	层流	细沟内径流	细沟(纹沟)内径流	
	Sheet flow	Flow in rills	Flow in rills	
斜边坡长 6.5m 处平均流速( $\text{m s}^{-1}$ )	0.055	0.169	0.099	
斜边坡长 7.5m 处平均流速( $\text{m s}^{-1}$ )	0.057	0.194	0.089	

注: 由于观测困难, 4-2 小区坡面层流流速未测

## 2.2 坡面侵蚀

历次模拟降雨中在雨强及雨量接近的情况下, 植物篱小区各处理的土壤侵蚀量较对照坡耕地 4-1 小区均有明显的减少, 产流时间延迟(表 4)。如 1997 年 11 月实验, 各小区带间作物覆盖度均为 0, 4-2 小区与 4-1 小区雨强、雨量接近, 侵蚀量相当于对照小区的 17.8%, 径流量相当于 24.8%(1996 年 11 月在带间作物覆盖率、雨强、雨量接近的条件下这两个比例分别是 37.5%、61.8%, 1998 年 11 月在带间作物覆盖率为 0 的条件下是 5.2%、45.1%。4-1 小区侵蚀量较大, 主要系雨前表土远高于前两次实验之故, 但各小区含水量差异不大, 不影响同年小区间对比)。这表明等高植物篱对减少坡面侵蚀和径流有着明显的作用, 但减流效果逊于减沙。

笔者认为, 植物篱减少侵蚀量与径流量的作用主要包括植物篱及篱带基部前置茎秆的机械阻滞作用<sup>[6]</sup>和坡形变缓的影响。前者截断连续坡面, 直接减低了坡面水流流速与冲刷力; 后者则包括带间坡度的变缓和篱前淤积带的形成和发展。这两个因素都削弱了水流的动能, 同时后者还增加坡面水流的入渗时间, 使其不易于纵向汇集和加速, 从而降低单位面积坡面上水流的侵蚀能力。由表 2 可见, 淤积带前带间坡度有所变缓, 但减少的坡度对水流侵蚀动能的影响有限(以满宁公式及公式: 径流深  $h = \text{单宽流量 } q / \text{流速 } v$  推算, 水流侵蚀动能约与坡降的 0.6 次方正相关), 而接近水平的篱前淤积带则能明显减缓径流流速, 对带间土壤及养分流失有着重要作用<sup>[4]</sup>。随着植物篱带的成长密闭, 植物篱对

径流的阻滞拦截能力进一步增加, 促进篱前淤积带的发展。后者和带间坡度的变缓则进一步减轻了带间径流的侵蚀力, 增强植物篱的减沙、减流效果。1997年11月模拟降雨4-3、4-4、4-5小区的雨强相近、雨量较4-2小区更大, 土壤侵蚀量仅相当于单纯植物篱处理的4-2小区的15.8%、8.5%、0.6%、0.3%; 径流量相当于31.3%、50.4%、20.3%、16.8%, 减少侵蚀量的比率也较径流量为小。4-4小区施用无机肥, 植物篱长势好于不施肥的4-2小区, 植物篱的拦沙效果更好; 4-5小区施用有机肥, 不仅植物篱长势好, 而且土壤持水性、渗透性得到改善, 在相近的雨强下径流量小于4-4小区。4-3小区带间覆盖麦秆, 减少了雨滴的溅蚀作用, 侵蚀量远小于4-2小区, 但高于4-4、4-5小区。因此, 通过施肥促进植物篱生长、改善土壤物理特性对减轻侵蚀的效果不逊于带间覆盖。混施有机、无机肥配合带间覆盖麦秆的4-6小区侵蚀量远小于植物篱带间单覆盖处理的4-3小区, 1998年11月实验在接近上一年的雨量、雨强下径流量、侵蚀量进一步减至6个小区之最小。这可能是由于连续配合施用有、无机肥, 促进了植物篱生长密闭, 同时土壤持水性、渗透性进一步改善所致, 但这还需要对土壤抗蚀性等物理性质的进一步研究。

表4 各小区模拟降雨土壤侵蚀状况

Table 4 Date of each plot on soil loss under simulated rainfall

降雨时间 Rainfall Date	小区 Plot	雨量 Rainfall (mm)	雨强 Rainfall intensity (mm min <sup>-1</sup> )	起始产流时间 Flow generation	径流量 Runoff (mm)	侵蚀量 Soil loss (t km <sup>-2</sup> )
1996. 11	4-1	90.18	1.48	4 00''	42.90	282.1
	4-2	84.68	1.41	3 00''	25.10	105.7
	4-3	93.52	1.52	19 50''	6.44	0.6
	4-4	88.86	1.48	5 00''	6.81	2.0
	4-5	80.76	1.35	8 00''	4.02	2.3
	4-6	119.94	2.01	8 30''	3.31	0.5
1997. 11	4-1	56.64	1.29	2 08''	25.02	231.9
	4-2	51.80	1.40	19 00''	6.82	41.7
	4-3	95.98	1.18	27 00''	2.13	6.6
	4-4	68.10	1.45	10 30''	3.43	3.6
	4-5	83.98	1.50	11 00''	1.42	0.3
	4-6	87.50	1.20	15 30''	1.11	0.6
1998. 11	4-1	104.58	1.49	3 17''	58.57	1395.8
	4-2	88.16	1.47	5 53''	26.44	73.0
	4-3	100.62	0.87	16 45''	2.69	1.9
	4-4	95.16	1.59	8 13''	3.47	1.3
	4-5	135.86	2.20	8 00''	4.35	2.3
	4-6	91.68	1.25	35 39''	0.23	0.2

注: 1997年11月、1998年11月模拟降雨时作物收获、植物篱带间裸露, 1996年11月带间黄豆覆盖度为: 4-1小区3%、4-2小区4%、4-3小区17%、4-4小区8%、4-5小区20%、4-6小区72%

### 2.3 坡面养分流失

1996年11月模拟降雨时所有小区径流中氮、磷养分均未检出。1997年11月模拟降雨时4-1小区仍未检出,而各植物篱小区径流中氮、磷、钾养分均有检出。根据雨前表土及侵蚀泥沙养分富集度计算携带的养分损失量,根据径流中养分含量计算径流携带的养分损失量,结果见表5。实验区紫色土裸坡地、坡耕地养分流失以侵蚀泥沙携带的养分为主<sup>[7]</sup>,近期康玲玲等的模拟降雨实验也表明在黄土性土壤上养分主要随泥沙迁移<sup>[8]</sup>。但在不同的耕作措施下植物篱-农作系统中坡地养分流失表现出不同的特点。参比表3、表4、表5,4-2小区除全氮略高,全磷、有效磷高于4-1小区外,雨前表土其他养分含量相近,在雨强、雨量相近条件下4-2小区坡面养分损失量中总氮(不包括径流中有机氮)、总磷、有效磷、总钾、有效钾分别相当于对照坡耕地4-1小区的61.9%、18.4%、28.5%、100.0%、99.9%。这表明单纯植物篱处理在控制氮、磷流失方面效果明显,但对于钾流失的控制无甚效果。这可能是植物篱对坡面径流的阻滞作用使土壤中易溶钾的淋溶增加(4-1小区径流中钾未检出,而4-2小区氮、磷、钾均有检出)的原因。同样,其他小区的施肥或带间覆盖措施在减少坡面产流产沙的同时由于延长了径流与表土混合的时间,溶

表5 1997年11月模拟降雨各小区的坡面养分损失

Table 5 Nutrient loss on the slope of each plot under simulated rainfall, Nov., 1997

小区 Plot	总氮损失量 Total N loss (kg km <sup>-2</sup> )	径流无机氮损失/ 侵蚀泥沙有效氮损失 Inorganic N loss in runoff / Available N loss in sediment	总磷损失 Total P loss	
			损失量 Loss amount (g km <sup>-2</sup> )	径流损失 所占比例 Loss in runoff(%)
4-1	119	—	12500	—
4-2	74	7.8	22941	1.5
4-3	11	1.5	3364	3.4
4-4	38	21.5	1859	3.1
4-5	20	599.3	89	22.3
4-6	10	59.4	267	7.0

小区 Plot	有效磷损失 Available P loss		总钾损失 Total K loss		有效钾损失 Available K loss	
	损失量 Loss amount (g km <sup>-2</sup> )	径流损失 所占比例 Loss in runoff(%)	损失量 Loss amount (g km <sup>-2</sup> )	径流损失 所占比例 Loss in runoff(%)	损失量 Loss amount (g km <sup>-2</sup> )	径流损失 所占比例 Loss in runoff(%)
	4-1	1064	—	7972	—	30
4-2	303	11.3	7992	0.3	30	67.9
4-3	992	11.4	1217	5.6	70	97.4
4-4	468	12.5	205	5.6	13	90.0
4-5	32	62.8	19	68.6	13	99.3
4-6	39	57.6	27	38.9	11	96.7

注: 泥沙中养分损失根据泥沙平均养分富集度与雨前表土养分含量估算。总氮损失量不包括径流中的有机氮(未测)损失量,4-1小区因径流中养分均未检出,不进行径流/泥沙养分损失比计算

质溶解交换的过程更充分; 另一方面由于施肥增加土壤养分和覆盖物的淋溶, 土壤中易溶养分的淋溶增加, 明显提高了径流携带的养分损失占坡面养分损失总量, 尤其有效养分损失量的比例。如坡面侵蚀量较小的4-4、4-5、4-6小区径流携带的无机氮远远超过侵蚀泥沙携带的有效氮损失。而径流携带的无机氮以 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 为主: 除4-3、4-4小区径流携带的 $\text{NH}_4^- \text{N}$ 占径流无机氮损失的10.8%、3.1%外, 其他小区径流 $\text{NH}_4^- \text{N}$ 均未检出。这符合中-弱碱反应下土壤胶体对阳离子的 $\text{NH}_4^- \text{N}$ 和阴离子的 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 不同的吸附特性。由于多雨条件下陡坡 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 相对 $\text{NH}_4^- \text{N}$ 长期严重流失的影响, 表土 $\text{NH}_4^- \text{N}$ 含量高于 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 。另外三峡库区雨热同季, 矿化和氧化形成 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 的活跃期亦为侵蚀严重期, 对 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 的严重流失也有一定影响。径流携带的磷素损失占坡面总磷损失量的比例不大, 但占有效磷的比例明显增加, 侵蚀量较小的4-5、4-6小区该比例超过50%。这两个小区径流携带的钾素占坡面总钾损失量的比例也较大。各植物篱小区径流携带的钾素均占坡面有效钾损失量的大部分, 这与钾易迁移的地球化学性质是一致的。在这些小区中, 径流携带的养分流失成为土壤有效养分的重要流失途径。而这部分养分(尤其是氮、磷)易于为生物利用, 对作物养分供应和水质影响最直接。除4-4小区无机氮、4-3小区有效磷、有效钾的养分损失量较大(可能与秸秆淋溶有关)外, 4-3、4-4、4-5、4-6小区养分损失均小于4-2小区; 施用有机肥的4-5小区、带间覆盖秸秆并配施有、无机肥的4-6小区虽然增加了对植物篱-农作系统的养分输入, 但养分流失量尤小, 控制养分流失的处理效果最好。

表6 1997年11月模拟降雨前表土养分状况

Table 6 Nutrient content in surface soil of each plot before the simulated rain, Nov., 1997

小区 Plot	有机质	全氮	有效氮			全磷	有效磷	全钾	速效钾	pH
	Organic material (g kg <sup>-1</sup> )	Total N (g kg <sup>-1</sup> )	Available N (mg kg <sup>-1</sup> )	$\text{NO}_3^- \text{N}$ (mg kg <sup>-1</sup> )	$\text{NH}_4^- \text{N}$ (mg kg <sup>-1</sup> )	Total P (g kg <sup>-1</sup> )	Available P (mg kg <sup>-1</sup> )	Total K (g kg <sup>-1</sup> )	Available K (mg kg <sup>-1</sup> )	
4-1	9.89	0.51	41.83	0.64	22.8	0.51	4.36	30.51	101.87	8.06
4-2	10.47	0.63	40.98	0.37	21.7	1.18	7.50	25.03	98.47	8.10
4-3	11.62	0.62	195.61	1.21	50.8	1.07	90.00	26.64	118.86	7.77
4-4	11.56	1.06	210.71	2.57	180.5	1.09	77.87	29.62	153.99	7.73
4-5	13.49	0.87	68.69	0.99	24.0	0.60	31.69	21.28	158.62	7.80
4-6	12.34	1.02	131.30	1.46	25.6	1.07	66.68	24.87	259.76	7.76

## 2.4 坡形变化与坡面侵蚀

等高植物篱带间坡形的变化和坡地侵蚀的特点是相联系的。对比表2、表3, 随着植物篱的成长和密闭, 篱前淤积带逐步形成发展, 植物篱对流失泥沙和径流的拦截作用增强, 能进一步减少小区侵蚀量。同时由于拦截作用增强、坡形变缓, 径流与表土的混合、养分的溶解作用时间增加, 径流携带的养分损失也有增加。植物篱带未密闭前, 部分带间径流难以拦截, 逾过上、中两带的部分径流和少部分从上一篱坎基部渗出坡面的径流汇入下带; 加之逾带径流从篱坎上缘落下, 向下一坡面冲刷, 加强了下带的侵蚀作用。各小区上下带间的净侵蚀/堆积量体现了从上向下侵蚀作用增强的基本趋势(上带净侵蚀量小还有

无上坡来水来沙的因素),其中4-2小区下间作带的净侵蚀量最大,在相近的模拟降雨雨强、雨量条件下的径流量、侵蚀量也大于其他植物篱小区。而各小区的累积径流量和累积侵蚀量有着良好的相关关系<sup>[9]</sup>,提高植物篱带对径流的拦截作用、减少坡面径流能进一步减轻侵蚀,同时减少坡面养分的径流损失。在植物篱带前密置麦秆等能直接提高对径流泥沙的拦截作用;在耕作上人为垫平植物篱带前部位,促成淤积带发展,有利于延缓径流在带间流动和增加其下渗的时间。当上一间作带径流不汇入下一带时,较窄的水平淤积带即足以拦截绝大部分流失泥沙<sup>[4]</sup>。但若植物篱对上一间作带径流拦截效果不理想时,水平淤积带阻滞径流泥沙的效率也将降低;表2的各带间净侵蚀量也体现了这一点。因此,除了增强植物篱的机械阻拦作用和人为改缓坡形外,还应提高坡面土壤入渗和持水性能。库区紫色土坡地虽质地多偏轻,但2-1型粘土矿物含量较多,土壤有机质偏低,吸水后透水孔隙易阻塞,渗透性不良<sup>[10]</sup>。增施有机肥能改善土壤结构,有助于提高入渗和持水性能,增强土壤抗蚀性。

随着带间侵蚀过程的发展,香根草植物篱的草本茎秆将难以支撑篱坎的进一步淤高,篱坎及篱前淤积带将难以再发展,大雨强降雨时植物篱对径流泥沙的阻滞作用有限,必须提高篱带的拦截效率(如在茎秆支撑力允许的条件下增加篱带内及带前横置稿秆的密度,横置稿秆则有利于分散香根草直立叶片拦截雨滴而汇聚形成的茎秆流)或采取其他措施(如在篱带内夹植茎秆支撑力较强的灌木篱、或在原篱前再补植新的植物篱),以减少坡面来沙。

### 3 结 论

在三峡库区紫色土25°坡耕地的大雨强模拟降雨实验表明,应用等高植物篱能有效减少坡耕地土壤侵蚀和养分流失,而不同耕作措施的径流小区控制侵蚀的特点和效果有所不同。

1. 1997年11月模拟降雨单纯植物篱处理的径流小区的侵蚀量仅相当于相近的雨强、雨量条件下对照坡耕地的17.8%,径流量相当于24.8%。(通过施肥促进植物篱生长、密闭能明显提高植物篱对径流泥沙的拦截作用,效果不逊于带间覆盖。施用有机肥的4-5小区、施用无机肥的4-4小区控制土壤侵蚀的表现较好。

2. 随着植物篱对径流阻滞作用的增强和坡形变缓的影响,表土养分向径流溶解的作用更加充分,坡面养分流失的形态中径流携带的养分流失可能越加重要。但施肥处理增加了表土养分、覆盖处理也增加了覆盖物的养分淋溶,对径流养分的损失也有影响。区分植物篱和耕作措施的影响还须进一步的机理模拟实验研究。在相近的雨强下施用有机肥的4-5小区、施用有、无机肥并配合带间覆盖稿秆的4-6小区控制土壤养分流失的效果较好。

3. 植物篱带间坡形变化的主要特点是篱带所在位置和篱带前形成接近水平的淤积带。淤积带以上至上一篱坎基部的坡面坡度有所减缓,但幅度有限。由于逾越篱带径流等的影响,各小区普遍存在下间作带侵蚀程度较大的趋势。因此通过促进植物篱带密闭、改善土壤渗透、持水特性来减少带间径流是有必要的,特别是在坡地配置等高植物篱时必须

须考虑浅层壤中流渗出部位、逾带径流的累积可能造成的不利影响, 可以考虑缩短带间距离, 覆盖带间、施用有机肥以改善土壤渗透性等措施。减少带间径流不仅有助于减少坡面侵蚀, 还有利于减少植物篱- 农作系统有效养分流失和减轻对库区水体影响。

### 参 考 文 献

1. Raffaele Jr. J B, McGregor K C, Foster G R et al. Effect of narrow grass strips on conservation reserve land converted to crop land. Transactions of the ASAE, 1997, 40( 6) : 1581~ 1587
2. Chaubey I, Edwards D R, Daniel T C et al. Effectiveness of vegetative filter strips in controlling losses of surface applied poultry litter constituents. Transactions of the ASAE, 1995, 38( 6) : 1687~ 1692
3. Dabney S M, Meyer L D, McGregor K C. Sediment control and landscape modification with grass hedges. Proceeding of the Conference on Management of Landscapes Distributed by Channel Incision. 1997, 1093~ 1099
4. 许峰, 蔡强国, 吴淑安等. 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
5. 孙辉, 唐亚, 陈克明等. 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
6. 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
7. 黄丽, 丁树文, 董舟等. 三峡库区紫色土养分流失的试验研究. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4( 1) : 8~ 13, 21
8. 康玲玲, 朱小勇, 王云璋等. 不同雨强下黄土性土壤养分流失规律研究. 土壤学报, 1999, 36( 4) : 536~ 543
9. 蔡强国, 吴淑安. 紫色土坡地不同土地利用对水土流失过程的影响. 水土保持通报, 1998, 18( 4) : 1~ 8
10. 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土( 上篇). 北京: 科学出版社, 1991. 176~ 202, 277~ 300

# CHARACTERISTICS OF EROSION CONTROL BY CONTOUR HEDGEROWS ON CULTIVATED SLOPE LAND OF PURPLISH SOIL

Xu Feng Cai Qiang-guo Wu Shu-an

(*Institute of Geography Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Zhang Guang-yuan Cai Chong-fa Ding Shu-wen Shi Zhi-hua Huang Li

(*Department of Resources & Environment and Agricultural Chemistry, Huazhong Agriculture University*)

## Summary

Growing contour hedgerows on slopelands is an effective way to control soil erosion and nutrient loss. The experimental data of simulated rainfalls on a slope land ( $25^{\circ}$ ) of purplish soil in the Three Gorge Reservoir Region indicated that the *Vetiveria zizanioides* contour hedgerow plots decreased 82.2% in soil loss as compared with the cultivated plot. Fertilization did good to the growth of hedgerows and hence the effect of erosion control; which was comparable to the mulching treatment. The most distinct variation in slope shape between hedgerows was the formation nearly alluvial strips. With changing slope shape and increasing interception by hedgerows, the interacting time between soil and runoff was prolonged. As nutrient loss in runoffs, is an important way, hedgerows' function of controlling runoff loss is helpful in decreasing soil erosion and nutrient loss by hedgerows.

**Key words** Contour hedgerows, Soil erosion control, Purplish soil, The Three Gorge Reservoir Region