

等高植物篱在南方湿润山区坡地的应用^{*} ——以三峡库区紫色土坡地为例

许 峰 蔡强国 吴淑安

(中国科学院地理研究所 北京 100101)

提 要 针对南方湿润山区易受侵蚀的特点,以三峡库区紫色土为例,从防止细沟的侵蚀、树篱与带间作物的竞争、坡地的土地利用率等基本方面探讨了等高植物篱的适合带间距,并推导了可实际应用的估算公式。

关键词 南方湿润山区 坡地 等高植物篱 适合带间距 三峡库区

分类号 《中图法》P 935, S 157.4 **文献标识码** A

坡地等高植物篱(contour hedgerow)是当前坡地农林复合经营(slopland agroforestry)的最重要应用方式之一,其主要形式是在坡面沿等高线布设密植的灌木或灌化乔木、灌草结合的植物篱带,带间布置作物。合适的等高植物篱带间距、带内结构(行、株距及排列方式)能使植物篱有效地拦蓄沙土,又有利于水流渗透而不对植物篱形成的土坎造成破坏,同时获得最大的坡面利用空间。其中又以带间距最为重要,因为带间距很大程度上决定了坡面利用空间结构,因而决定了系统的土地利用效率。各国对平坦地区的农林复合系统带间距研究已有不少,如利用一些模型计算系统中林木的防风效果、不同林木树荫对带间作物的遮光影响^[1]等,但对根系相互竞争的影响范围多以实验或简化模型确定^[2]。南方坡地易受水力侵蚀,坡地农林复合经营与平坦地区在系统设计基本考虑上有很大的区别。对于主要利用植物措施减轻土壤侵蚀的坡地农林复合系统,选择减轻侵蚀效果最佳的带间距,国外仍主要以经验和小区实验确定为主^[3,4],从理论上综合探讨合适带间距的研究并不多见,国内的理论研究为数亦少。本文针对我国南方湿润山区的特点,以三峡库区紫色土坡地为例,对坡地等高植物篱系统合适带间距作了初步探讨,以期对等高植物篱技术推广提供理论参考。三峡库区地处中、北亚热带湿润地区,山地丘陵面积占97%左右,耕地大部份分布在坡地,紫色土占库区耕地面积的78.7%。当地人多地少,农业发展水平不高,坡地侵蚀严重,坡面土壤平均流失量 $3\ 100\ t/km^2\cdot a$ ^[5],坡地等高植物篱技术的应用在该地区具有巨大潜力。实验地为中国科学院地理研究所、华中农业大学、香港中文大学等单位在库区秭归县王家桥流域设立的实验区所在地。该地纬度约为 $31^{\circ}5'36''N$,距长江干流约4 km,坡度 $22^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。多年平均降雨量1 013.1 mm,年均温16.7℃。土壤为中性、石灰性紫色土,质地多为轻壤到中壤,抗蚀性差。实验区布设了新银合欢(*Leucaena leucocephala*)等多种等高植物篱,篱带间种植冬小麦、黄豆等。

1 带间距设计的基本思路

A. Youg 提出的最大简化带间距经验公式^[4]是:植物篱带间最大坡面距离 $L=100/\alpha$,其中 α 为坡度(下同)。此式仅考虑坡度,适用范围难免十分有限。常见的简化最大带间距设计理论公式^[6]为: $L=4H/\sin 2\alpha$ 。式中 H 为坡地土层平均厚度。公式的理论前提是植物篱可拦截全部带间泥沙并最终形成水平梯田(图1)。该式在土层较薄、成土速度较慢的地区有一定意义,但实际上由于拦截效率有限及植

^{*}国家自然科学基金资助项目(编号:49871053)。

收稿日期:1998—11—30;改回日期:1998—12—30

物篱一定高度以上枝条分叉,不可能拦截全部泥沙,多数情况下难以最终形成梯田。一般而言,若带间距设计仅考虑形成梯田,在降雨侵蚀力较强的我国多数南方湿润山区可能引起严重的土壤侵蚀,导致坡地土壤退化。而植物篱与带间作物的竞争也不能忽视。我们认为,带间距设计至少应考虑四方面的基本要求:1. 有效减轻侵蚀。在南方湿润山区,这应是等高植物篱的主要作用。尤其在国内外等高植物篱技术的推广都是针对应用地区人多地少、侵蚀严重、而工程措施耗费甚巨的特点开展的,有效地减轻侵蚀应是当地坡地利用保护的基本出发点;2. 尽量减少植物篱与带间作物的竞争;3. 便于耕作;4. 土地利用效率最高。因此,合适的带间距应在保证防止侵蚀效果的基础上尽可能取最大值,以减轻植物篱胁地效应,方便耕作,达到提高土地利用效率的目的。

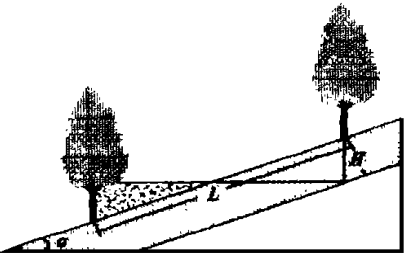


图 1 公式 $L=4H/\sin 2 \alpha$ 计算示意图
Fig. 1 Schematic diagram of the equation $L=4H/\sin 2 \alpha$

2 最小带间距设计依据

2.1 耕作要求

等高植物篱技术推广应用地区多为以手工农具劳动为主的欠发达地区,一般耕作要求水平带间距在 1.5 m(垂直于篱带作业时手工农具挥动幅度)以上。因而耕作要求最小带间距(m)

$$L_T = 1.5 / \cos \alpha \tag{1}$$

以前述实验区 2 号地(坡度 25°)为例,耕作要求的最小带间距 $L_T = 1.5 / \cos \alpha = 1.66 \text{ m}$ 。

2.2 根系竞争

等高植物篱选用的灌木树种根系发达,固土能力强,植物篱与带间作物对水、肥的竞争和根际分泌物的影响主要决定于植物篱根系的影响范围。若无实验资料,可考虑根系胁地水平宽度(m)

$$W_R \geq D_R / 2 \cos \alpha \tag{2}$$

2.3 光照要求

等高植物篱长成后形成篱墙,其遮阴可能严重影响带间作物光合作用。当阳光迎坡照射(树篱投影在上坡)时,三角关系如图 2a。图中 H 为修剪经常保持的平均树高(m), W_s 、 c 均为投影带坡面宽度; h 为太阳高度角, α 为坡度, a 为投影带外缘垂直高度, b 为投影带水平宽度, d 为某株植物篱顶端的坡面投影点与其基部的水平距离, β 为该株植物篱(设为垂直)水平面投影线与坡面投影线的夹角, γ 为坡面等高线与太阳入射线在水平面上投影线的夹角($\gamma = |D - D_c|$)。 D 为太阳方位角,计算见(6)、(7)式, D_c 为等高线的方位角。由图 2a 可有

$$b = d \sin \gamma = a / \operatorname{tg} \alpha, \operatorname{tg} \beta = a / d = \operatorname{tg} \alpha \sin \gamma \tag{3}$$

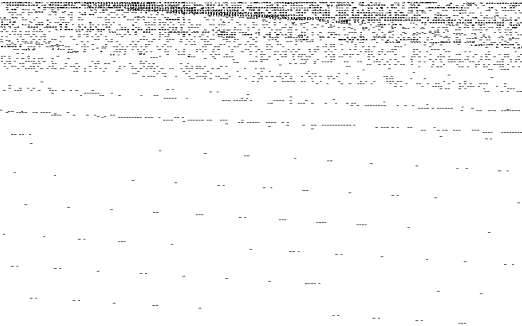


图 2a 阳光迎坡照射时的植物篱遮阴带
Fig. 2a The shade of contour hedgerow while the shade is on the up slope

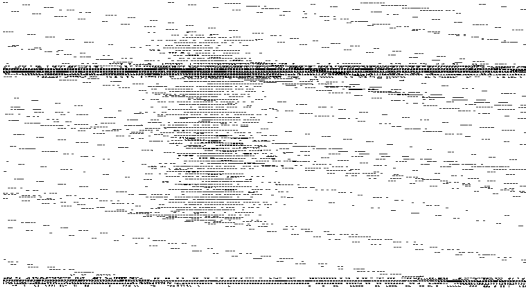


图 2b 阳光背坡照射的植物篱遮阴带
Fig. 2b The shade of counter hedgerow while the shade is on the down slope

而

$$a/H = f/(f + d) = \operatorname{ctg} h / (\operatorname{ctg} h + \operatorname{ctg} \beta), \quad a = H \operatorname{ctg} h / (\operatorname{ctg} h + \operatorname{ctg} \beta) \tag{4}$$

则等高植物篱投影带宽度

$$W_s = C = a / \sin \alpha = H \operatorname{ctg} h / (\operatorname{ctg} h + \operatorname{ctg} \beta) \sin \alpha \tag{5}$$

太阳高度角 h 和方位角 D 有^[7]

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \tag{6}$$

$$\sin D = \cos \delta \sin \omega / \cos h \tag{7}$$

式中 φ 为当地纬度; δ 为太阳赤纬, 可由天文年历查到或按距春秋分的日期估算; ω 为太阳时角, 可按时间计算(每小时 15°)。同样可推算出阳光背坡照射(树篱投影在下坡, 见图 2b)时的等高植物篱投影带宽度

$$W_s = a / \sin \alpha = H \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} h / (1 - \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} h) \sin \alpha \tag{8}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \sin \gamma \tag{9}$$

依据(4)~(9)式可以计算出任何时候的植物篱投影带宽度。对于阳坡, 阳光以迎坡照射为主, 植物篱遮阴带宽度一般小于阴坡, 应该考虑植物篱带的最大遮阴带宽度对冬季作物的影响(本文以冬小麦为例)。由(4)式可知, 一年中当日间同一时刻太阳高度角最小时, 遮阴带宽度最大。此即为一年中太阳赤纬最小($-23^\circ 27'$)之日。根据该日光照强度最有利于冬季作物光合作用的时段(如可以正午为准)计算出的 W_s 可作为植物篱带与带间作物的光竞争影响宽度。对于阴坡, 阳光以背坡照射为主, 应该考虑植物篱带的最小遮阴带宽度(即主要考虑争取尽量多阳光)的, 可以一年中太阳赤纬最大($23^\circ 27'$)时计算出的 W_s 作为植物篱带与带间作物的(最小)光竞争影响宽度。

实验区 2 号地间作冬小麦, 坡向西南, 位处阳坡, 等高线方位角约 135° , $H = 1.2 \text{ m}$, 由(4)~(7)式计算出 $W_s = 0.9 \text{ m}$ 。

2.4 土地利用效率

土地利用效率可以用单位面积坡地的净产出(这里不考虑侵蚀的外部影响)来衡量。植物篱在与带间作物对水分、养分、阳光的竞争中处于强势, 带间距越小, 植物篱胁地效应越强, 带间作物产量越低。若带间距为 L , 植物篱带平均宽度 W_H , 带内植物篱胁地宽度总长为 L_C , 则对于单位面积的坡地在某一要求的规划期限内应有土地利用效率

$$\begin{aligned} E_{LU} &= \sum \{ [(L - L_C) + L_C(1 - K)] Y_C P_C / (L + W_H) + W_H Y_H P_H / (L + W_H) \\ &\quad - I_C L / (L + W_H) - I_H W_H / (L + W_H) \} \\ &\geq \sum (O_E - I_E) \end{aligned} \tag{10}$$

式中 Y_C 为无胁地时带内作物平均单产, K 为胁地范围平均减产率(一般超过 50%), P_C 为作物收获产品价格; Y_H 为植物篱年均剪枝量, P_H 为植物篱作为绿肥、饲料或造纸等的相应单价; I_C 及 I_H 分别为单位面积作物及植物篱的年平均总投入(含初始投入的折算值), O_E 及 I_E 分别为单位面积同等条件坡地上应用工程措施(可以梯田为代表)的农地年平均总投入与产出, 可依当地田间工程的设计规范测算。

从(10)式可看出, 当其他各项确定(Y_C 、 Y_H 等在 L 变化不大时可视为稳定)时, E_{LU} 取决于 L 与 L_C 的比例。若能确定 L_C , 则可计算出满足(1)式的最小 L 值(最小带间距 L_{\min})。而 $L_C \geq 2 W_R$ (当 $W_R > W_s$) 或 $W_R + W_s$ (当 $W_R < W_s$)。即植物篱与作物竞争造成的胁地宽度主要与植物篱的根系及树篱遮阴影响有关。(10)式中需要多项详细资料, 特别是植物篱应用的实际资料, 若不易获得, 可定性取 $L_C/L < 0.5$ 。

根据我们 1998—11 的实地调查, 以新银合欢—小麦植物篱—农作系统为例, 在实验区所在地, $Y_C = 7\,500 \text{ kg/hm}^2$, $K = 60\%$, $P_C = 1.30 \text{ 元/kg}$, $Y_H = 24\,000 \text{ kg/hm}^2$, P_H (只做绿肥, 按枝叶养分含量和当地化肥价格折算) $= 0.0067 \text{ 元/kg}$, I_C (含种、药、耕作管理用工等) $= 4\,425 \text{ 元/hm}^2$, I_H (含种苗、修剪管理

用工等)=900元/hm²。在当地25°坡地上修建梯田,以石坎(紫色砂页岩砌成,易风化,约10年可成土)梯田稳定期为10年计,10年内平均 $O_E=7319$ 元/hm², $I_E=4602$ 元/hm², $W_H=1.0$ m, $W_H=1.0$ m, $W_S=0.9$ m。依据(10)式计算, $L_{mm}=2.58$ m。

3 最大带间距设计主要依据细沟侵蚀产生的临界坡长

带间距越大,大雨时带间水流的流量及流速亦越大,坡面水流的侵蚀力也就越大。大量研究及实验表明,当坡面水流的侵蚀力持续增加到产生细沟侵蚀时,侵蚀量剧增,细沟侵蚀量可占坡面侵蚀量的大部分^[8-9]。细沟侵蚀的产生和发展将破坏地表形态,不利于耕作,并可能破坏植物篱坎,导致更严重的冲刷。蔡强国等指出^[8]等高植物篱的带间距的布设应以细沟侵蚀产生的临界坡长为准。因此,最大带间距不应超过这个临界值。

细沟侵蚀的产生取决于坡面水流的侵蚀能力与土壤的抗蚀能力。晚近的研究常用剪切流速来衡量前者^[11],用土壤的抗剪力或饱和粘滞力等易于测定的指标来衡量后者^[8,12]。对于非高粘粒含量的多士土壤,Rauw s给出经验公式^[13]

$$v' = (0.89 + 0.00056C) / 100 \tag{11}$$

式中 v' 为细沟侵蚀发生时的坡面水流临界有效剪切流速(m/s), C 为土壤的饱和(表观)粘聚力(Pa)。在坡面较平直、表层土壤质地较均一时 v' 近似可用剪切流速 v 代替。坡面水流剪切流速有^[14]

$$v = (ghs)^{1/2} \tag{12}$$

式中 g 为重力加速度(m/s²), h 为水流的水力半径(m),对于薄层水流,即径流深度(m), s 为坡降(即水力梯度)。

由于暴雨时最易产生细沟,计算临界坡长应考虑坡面侵蚀最严重的情况,即由于市场或栽培管理的原因植物篱带间无作物覆盖或稿秆敷盖,在长时间大雨强降雨时的侵蚀情况。此时篱带间在距上篱 L 处的坡面水流单宽流量 q 近似地等于上篱至该处的超渗流量(一般植物篱长成后在1a~3a左右即可由拦截阻滞的土壤形成十数厘米到数十厘米的篱坎,能够拦截绝大部分径流,使之渗入坡面,见图3),即

$$q = \int_{L_0}^L k_f I_{30} dL = k_f I_{30} L$$

式中 k_f 为超渗比率,可视为相同条件下裸地的径流系数,在坡面表土入渗率很低或其下有犁底层时可取1; I_{30} 为最大30

分钟雨强(换算成m/s),由于考虑大雨强下的侵蚀情况,可以根据当地多年气象资料统计出>95%的降雨的 I_{30} 值。坡面稳定层流有: $q=hu$, u 为平均流速,可用满宁公式 $u = h^{2/3}s^{1/2}/n$ 计算。则 $h = q/u = n k_f \cos \alpha I_{30} L / h^{2/3}s^{1/2}$,整理得

$$h = (n k_f \cos \alpha I_{30} L)^{3/5} / s^{3/10} \tag{13}$$

当细沟产生时,将(13)式代入(12)式,可得 $v = g^{1/2}$

$(n k_f \cos \alpha I_{30} L)^{3/10} s^{7/20}$,则植物篱带间细沟产生的临界

$$L_G = g^{-5/3} V^{10/3} (n k_f \cos \alpha I_{30})^{-1} s^{-7/6} \tag{14}$$

式中 n 为满宁糙率(表1),精确数值在室内实验中测定,也可在水力学手册中查到; s 为水力梯度,即 $\tan \alpha$, g 为重力加速度。在无条件进行实验时(14)式可用于估算除表土过于粘重的坡地等高植物篱的最大带间距,该式需

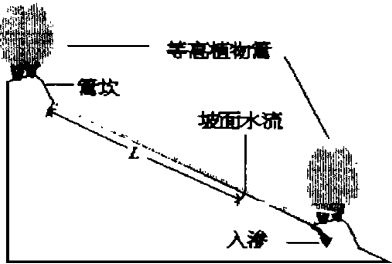


图3 坡面水流剪切流速计算示意图
Fig. 3 Schematic diagram of the calculation of shear flow velocity

表1 满宁糙率参考值

Table 1 The value of manning n for reference

土壤质地	坡面状况	满宁糙率 n
粘土	平直裸露	0.013
粘土	平整裸露	0.016
粘土	平整、有结皮	0.018
粘壤土	比较平整	0.02
壤土	较平整、少杂草	0.0225
砂土	较平整、略有杂草	0.025
粗砂土	较平整、略有杂草	0.03

要四个主要参数: 满宁糙率 n 、坡度 α 、大雨时的最大 30 分钟次降雨雨强 $I_{30} > 95\%$ 的次降雨)、土壤饱和和表观粘聚力 C 。前三者较易获得, 后者即 C 可通过下述转换求得: 由库仑公式饱和土壤抗剪力 $T = C + Ptg\theta$ (θ 为土壤内摩擦角, 多在 $7^\circ \sim 37^\circ$ 间) 可知, 当外加法向压力 P 很小时, $T \approx C$ 。而饱和土壤抗剪力可以比较方便地用十字板抗剪仪在野外(土壤饱和状态下)或实验室测定。所以可以用十字板抗剪仪测定的 T (剪切面总的法向压力很小) 近似地代替 C 。目前推广等高植物篱技术的地区多为侵蚀严重的较陡坡地, 表土粘重的情况并不多见, (14) 式的参考值在多数地区还是有意义的。

由于天然降雨资料较少, 只能以实验区 1993—01 ~ 1998—11 自动降雨记录推算出实验区大于 95% 的次降雨的最大 30 min 雨强 I_{30} 约为 9.7 mm/30 min。 k_f 取对照坡耕地的径流系数 0.81 (1994), 土壤饱和和表观粘聚力 C 用饱和抗剪力代替, 取相邻的 1 号地 30 次测量平均值约 $4.0 \times 10^3 \text{ KPa}$, 满宁系数取 0.0225, 依 (14) 式计算出 $L_G = 5.90 \text{ m}$ 。当地模拟降雨实验证明, 25° 紫色土坡地坡长超过 5 m 时, 侵蚀量剧增, 细沟侵蚀容易发生^[15]。而据笔者实地调查, 天然降雨条件下 25° 紫色土坡地裸耕地的细沟侵蚀发生的临界坡长约在 5 m ~ 7 m 间。

应该指出的是, 以上推导均针对平直坡面, 对于粗糙度很高的带间农地, 坡面水流的有效剪切流速小于总剪切流速, (14) 式的计算结果应较实际结果为大。但考虑到带间长期不种植作物(由于侵蚀较严重, 坡面将渐趋平直) 的情况, 计算的临界值仍可供参考。

4 合适带间距的确定

利用式(1 ~ 14) 可估算坡地等高植物篱的最小和最大带间距。若计算出最大带间距大于最小带间距, 带距可选用 L_{Cr} 。若计算出最大带间距小于最小带间距, 表明在现有植物篱技术下欲使坡面侵蚀控制在片蚀阶段, 要求的植物篱间距将使坡地利用产出效益小于梯田等工程措施。但在侵蚀严重的欠发达山区, 倘缺乏工程建设的资金, 从坡地保护计, 仍应取 L_{Cr} 。

以本文讨论的王家桥实验区为例, 依 3.4 计算结果, 最小带间距 $L_{min} = 2.58 \text{ m}$, $L_G = 5.90 \text{ m}$ 。 $L_G > L_{min}$, 故在该地区新银合欢植物篱的合适带间距应控制在 5.90 m 以内。

5 影响带间距布设的其他因素

以上讨论尚未考虑不同带间距对土壤细粒流失、坡面水流对篱坎冲刷力的影响, 对坡面有机农药、化肥等造成的化学径流的拦截作用^[16], 在风灾危害地区的防风作用和常年风向对降雨侵蚀力的影响, 对等高植物篱系统内小气候及病虫害发生环境的影响等。这些因素具有鲜明的区域和个体特点, 还需要大量的进一步具体研究。另外, 等高植物篱在形成足够高的篱坎之前, 并不能拦蓄大部分带间径流, 坡面水流的侵蚀力大于(12)式的计算值; 在凹形坡, 其中部水流汇集, 侵蚀力加强, 除可适当增加植物篱行数外, 可缩短植物篱间距; 在凸形坡, 水流在坡底速度加快, 在坡底可适当增加植物篱行数和缩短篱间距。

参 考 文 献

1 R. Reid, I. S. Ferguson. Development and validation of a simple approach to modelling tree shading in agroforestry systems. *Agroforestry System*, 1992, 20(3): 245 ~ 252
2 A. R. Gillespie. Modelling nutrient flux and interspecies root competition in agroforestry interplantings. *Agroforestry System*, 1989, 8(3): 257 ~ 265
3 R. Pellek. Counter hedgerows and other soil interventions of hilly terrain. *Agroforestry System*, 1992, 17(2): 135 ~ 152
4 A. Young. *Agroforestry for soil management*. 2nd ed. . CAB INTERNATIONAL, Oxon, UK. 1997. PP53 ~ 89
5 杨艳生, 梁音, 刘佳桂. 长江三峡区土壤坡面流失及重力侵蚀. *水土保持学报*, 1991, 5(3): 29 ~ 35

- 6 施迅. 坡地改良利用中活篱笆的种类选择和水平空间结构初步研究. 生态农业研究, 1995, 3(2): 49 ~ 53
- 7 陈世训, 陈创实. 气象学. 北京: 农业出版社, 1981. 117 ~ 121
- 8 蔡强国. 坡面细沟发生临界条件研究. 泥沙研究, 1998, (1): 52 ~ 59
- 9 M. P. Mosley. Experimental study of rill erosion. *Transaction of the ASAE*, 1974, 17(5): 909 ~ 913
- 10 J. E. Gilley, D. B. Simons. Internill soil erosion—part I Development of model equations. *Transaction of the ASAE*, 1985, 28(1): 147 ~ 159
- 11 L. G. Govers. Selectivity and transport capacity of thin flows in relation to rill erosion. *CATENA*, 1985, 12(1): 35 ~ 49
- 12 J. Savat. Resistance to flow in rough supercritical sheet flow. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1980, 5(2): 103 ~ 122
- 13 G. Rauws, G. Gover. Hydrologic and soil mechanical aspects of rill generation on agriculture soils. *The Journal of Soil Science*, 1988, 39(1): 111 ~ 124
- 14 G. Gover, G. Rauws. Transporting capacity of overland flow on plane and on irregular beds. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1986, 11(5): 515 ~ 524
- 15 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
- 16 R. B. Daniels. Sediment and chemical load reduction by grass and riparian filter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1996, 60(1): 246 ~ 251

第一作者简介 许峰(1972—), 男, 毕业于福建农业大学土壤农业化学系, 获学士(1992)、硕士(1997)学位。1997年起在中科院地理所攻读环境整治方向博士学位, 从事坡地土壤侵蚀与综合整治研究。

THE APPLICATION OF THE CONTOUR HEDGEROWS IN THE HUMID MOUNTAINOUS AREAS OF SOUTH CHINA

—TAKING THE PURPLE SOIL SLOPE LAND IN THE THREE GORGE RESERVOIR REGION AS AN EXAMPLE

XU Feng CAI Qian guo WU Shu an

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Abstract Recently, the application of the contour hedgerows became an important way of the utilization and conservation of slopeland. However, the integrated studies on the suitable distance between the contour hedgerows were scarce. A suitable distance can effectively alleviate soil erosion while the agroforestry system obtains the maximum efficiency of landuse. The objective of this study was to discuss the suitable distance between the counter hedgerows in order to offer some theoretical references for the humid mountainous areas applying the contour hedgerows technology in South China. According to these areas where serious water erosion can easily generate, this paper argued that there are four bases of designing the suitable distance. They are: 1. Effectively alleviating the soil erosion; 2. Decreasing the competitions between hedgerows and crops; 3. The distance being suitable for tillage; 4. The efficiency of landuse being the maximum. Therefore, the minimum distance between

the contour hedgerows should make the efficiency of landuse of the agroforestry system be higher than that of the field engineering system (such as the terraces). The maximum distances should be shorter than the critical slope length of the rill generating. This paper deduced some simple equations for calculating the maximum and minimum distances. If the calculated maximum distance is longer than the minimum, it can be chosen as the upper limit of suitable distance. In addition, the result indicates the efficiency of landuse of the agroforestry system be higher than that of the field engineering system in the area. Taking the purple soil slopeland in the Three Gorge Reservoir Region as an example, this paper calculated the maximum and minimum distances. The result was that the minimum distance is 2.58m, and the maximum is 5.90m. Therefore, the suitable distance in this area should not exceed 5.90m. Besides the factors for designing the suitable distance discussed in this paper, the further research is essential.

Key words the humid mountainous area of South China, suitable distance between hedgerows, slopeland, contour hedgerows, the Three Gorge Reservoir Region