

文章编号:1000-582X(2007)01-0134-05

三峡库区坡耕地土壤侵蚀治理效益分析*

李晓红, 韩 勇, 郑阳华

(重庆大学 西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室, 重庆 400030)

摘 要:为了防止和减少三峡库区坡耕地严重的水土流失和土地退化对库区农业可持续发展带来的威胁,探求坡耕地合理开发利用和保护途径显得十分必要.由于不同耕作模式对坡耕地水、土、肥流失的影响很大,针对三峡库区坡耕地利用现状和存在的问题,利用不同的耕作模式与坡耕地水土流失关系,详细分析了坡耕地不同耕作模式的特点与各自的适宜性,综述了不同耕作模式下坡耕地水、土、肥流失的研究方法,并对坡耕地的开发利用和保护进行了展望.

关键词:坡耕地;土壤侵蚀;耕作模式

中图分类号:X53

文献标识码:A

水土流失是世界上许多国家所面临的环境问题之一,它时刻威胁着人类的生存和发展.全世界15亿 hm^2 的耕地中,每年遭完全毁坏的达500~700万 hm^2 ,1/4~1/3的耕地表层受到严重侵蚀.中国水土流失面积约150万 km^2 ,平均每年流失土壤达50亿t,长江流域和珠江流域的土壤流失量占25亿t^[1].中国1.3007亿 hm^2 耕地,坡耕地占1/3,坡耕地是一项重要的国土资源,特别是在中国西南丘陵和山地地区,坡耕地更是广泛分布,是人类赖以生存的重要的生产资料,也是水土流失最为严重的耕地类型.大量资料表明,一方面,坡耕地是大量江河泥沙的主要来源;另一方面,坡耕地严重的水土肥的流失使坡耕地土层变薄,养分耗竭,造成坡耕地生产能力低下,导致生态系统内水质恶化,严重阻碍了山区农业的可持续发展.随着区域人口数量的迅速增加,人地矛盾日益尖锐,人类需求用粮的动力机制促使坡耕地大规模垦植,这使得原本存在的水土流失环境问题急剧加强,土壤肥力难以维持,区域长期处于“坡耕地规模垦植—水土流失加剧—单产水平低—人类需求差”的恶性循环^[2].

三峡库区耕地面积少且坡耕地居多,统计资料显示库区坡耕地约占耕地总面积的95.3%.库区水土流失面积达3.46万 km^2 ,占总幅员面积的58.4%.据中科院南京土壤研究所的资料,三峡库区的年土壤侵蚀量达1.56亿t,库区坡耕地是土壤侵蚀的主要地类,年

侵蚀量达9450万t^[3].总的看来,坡耕地利用现状主要表现在以下方面:环境容量压力大,陡坡垦植欲望强烈,水土流失严重;利用方式单一,土壤侵蚀承载力指数低,坡耕地粮食作物产量低;耕作措施和农药化肥施用不科学,非点源污染严重.坡耕地严重的水土流失和土地退化对山区农业的可持续发展形成了极大的威胁,由于人多地少,陡坡垦植的欲望强烈,易形成“越穷越垦,越垦越穷”的局面,实施对坡耕地的合理利用是山区农业实现可持续发展的关键,而采用适宜的耕作模式是防治坡耕地水土肥流失,实现对坡耕地合理利用的重要方面.

1 顺坡耕作农作系统

顺坡耕作是最原始,最落后的坡耕地耕作方式,这种耕作方式导致坡耕地严重的水、土、肥的流失,是一种急需改进的坡耕地耕作模式.雨滴具有的动能,当其接触到坡耕地地表时,形成相应的溅蚀力远大于表层土壤的抵抗力,除直接由动力学性质形成的溅蚀外,进而破坏土壤结构,阻滞入渗,形成泥浆,并经反复击溅,将可溶性及胶体状态的植物营养物质溶解于泥浆中.地表径流的产流率受降雨强度(I)与入渗强度(F)的制约,是供水与下渗消长发展的产物,只有当 $I > F$ 时才能产生地表径流^[4].从全过程而言,它受 $I(t)$ 与 $F(t)$ 过程所制约,坡面产生径流的根本原因是降雨强

* 收稿日期:2006-08-03

基金项目:国务院三峡库区建设委员会办公室资助项目(SX[2000]-001)

作者简介:李晓红(1959-),男,重庆大学教授,博士生导师,主要从事资源环境等研究. E-mail:office@cqu.edu.cn.

度超过了坡面土壤的入渗强度,改良土壤的性质,提高入渗能力,强化降雨的就地入渗是防止坡面土壤侵蚀的重要环节^[5],降雨的资源化利用应是防止坡面土壤侵蚀研究中的一个重要方面.坡面径流形成的初期处于较为分散均匀的流动状态,沿垂直于等高线的方向流动,在顺坡耕作的情况下,迅速沿坡汇集,流量不断增加,作用于已为雨滴的溅蚀作用分散和破坏的单粒或细粒,在坡面迅速形成超渗径流并顺坡流失,造成坡耕地土壤结构的破坏,水的流失和养分的耗竭^[6].杨子生等人对云南东北山区坡耕地进行了调查,把这一区域的坡耕地分成顺坡耕作类型和横坡耕作类型.调查发现,顺坡耕作类型的坡耕地面积占坡耕地总面积的70%以上^[7],这从一个侧面说明顺坡耕作是中国坡耕地的主要耕作模式,通过改进坡耕地的耕作模式来减少水、土、肥流失的潜力巨大,优良坡耕地利用模式的推广任重而道远.

2 横坡耕作农作系统

横坡耕作是防治坡耕地水土流失最经典的耕作措施.横坡耕作即等高耕作,是指沿等高线进行耕作,其水土保持效益远大于顺坡耕作.在横坡耕作的方式下,土壤特性的改变实现了对侵蚀力的再分配,使地表径流被分散,不至于会迅速沿坡汇集,减少了径流对坡耕地土壤的冲刷.在不采取任何配套措施的情况下,横坡耕作的水土保持效益与日降雨量密切相关.日降雨量在10 mm以下时,没有达到引起土壤侵蚀的临界雨强,无论是横坡耕作还是顺坡耕作均不存在水土流失.日降雨量在10~20 mm之间时,横坡耕作的水土保持效益远大于顺坡耕作,此时,顺坡耕作的坡耕地已出现一定程度的水土流失,而横坡耕作的坡耕地基本上不存在水土流失.日降雨量在20~40 mm之间,顺坡耕作的坡耕地的水土流失要比横坡耕作的坡耕地严重得多.但当日降雨量大于50 mm时,横坡耕作的坡耕地的土壤可能被全部冲刷,即一年中只要有一次日降雨量大于50 mm的降雨,横坡耕作的坡耕地将出现颗粒无收,而在这种情况下,顺坡耕作的坡耕地至少可以保住一半的土壤,一半的收成.日降雨量大于50 mm的降雨毕竟稀少,总的看来,横坡耕作的水土保持效益还是要大于顺坡耕种的.日降雨量大于50 mm时可能出现情况正是农民宁愿采用水土保持效益较差的顺坡耕作而不愿采用水土保持效益较好的横坡耕作的原因,也是横坡耕作难以推广的原因之一.故横坡耕作不仅仅是横坡耕作方式的问题,而且涉及到一系列配套的技术措施.横坡耕作只有加上一些适宜于坡耕地的工程措施如开挖等高沟(Contour Canals)和排水沟

(Drainage Ditches)才能收到良好的水土保持效果.

横坡耕作进行水土流失防治的优点是投入少,操作简单,其实根本就不存在什么投资就能达到较好的水土保持效果.但如果其配套的技术措施得不到解决,横坡耕作的推广将十分困难.

3 梯田农作系统

梯田是人们针对坡耕地水土流失严重,单产水平低这一劣势,对坡耕地进行改造,在实践中创造的新的耕地类型.坡改梯后,水、土、肥流失得到了很好的控制,作物单产也大为提高,同时耕地面积也有一定的增加.当降雨指标小于坡耕地侵蚀性降雨标准,即 $P_{30} < 4.4 \text{ mm}^2/\text{min}$, $i_{30} < 0.28 \text{ mm}/\text{min}$ 时,水平梯田发挥不出其保持水土的作用,水平梯田的减水减沙效益为零.当 P_{30} 在 $4.4 \sim 50 \text{ mm}^2/\text{min}$ 之间, $i_{30} > 0.28 \text{ mm}/\text{min}$ 时,水平梯田的减水减沙效益为100%.当 $P_{30} > 50 \text{ mm}^2/\text{min}$, $i_{30} > 0.28 \text{ mm}/\text{min}$ 时,水平梯田的减水减沙效益随着降雨量的增大而减少^[8]. $P_{30} > 50 \text{ mm}^2/\text{min}$ 的降雨所占的比例是很小的,根据以上的数据可以看出,坡改梯后,水土流失基本上得到了控制.晋西黄土丘陵沟壑区坡耕地与梯田作物单产在相同条件下二者的差异几乎是2倍^[9],因此,梯田的农业效应远大于坡耕地.

坡改梯后,水土保持效益和农业效应都大为提高,但修筑梯田的一次性投入太大,特别是在西南紫色土地区,紫色页岩的风化速度快,坡改梯后,梯田的运行周期不长.有些地方坡改梯后,土的流失得到了控制,但水和肥的流失却更为严重了.这种情况是由于没有注重梯田的质量而造成的,在修筑梯田时,仅仅是把石坎建起而没有注意梯田中土壤的状况,土壤的下部由粗质颗粒构成,一遇降雨,水肥迅速下渗,造成严重的水与肥流失.

4 秸秆覆盖农作系统

采用覆盖和免耕覆盖控制水蚀是世界各国研究的重要课题.美国,加拿大,澳大利亚等一些国家在这一方面作了大量的研究.但这些研究主要集中在覆盖与作物产量的关系和覆盖的防水蚀效应上^[10],对覆盖控制水蚀的机理研究甚少. West J L曾指出采用免耕覆盖后,坡耕地的径流量和土壤流失量减少了70%.秸秆覆盖主要是通过减缓径流流速和增加地表糙率来控制水土流失^[11].在不同的降雨强度下,秸秆覆盖可阻延流速达6~25 cm/s,增加糙率0.02~0.03,可以延缓起流时间,降低洪峰流量和泥沙含量,减少土壤侵蚀量50%~80%^[12].只有秸秆与地表紧密接触,秸秆覆盖才能收到

较好的水土保持效果.在坡度小于 10° 的坡耕地上,秸秆覆盖控制水蚀的效果显著,如与免耕等措施相结合,效果更为显著^[13].但在坡度大于 10° 的坡耕地上,秸秆覆盖的水土保持效果不甚显著,且随坡度的增加,水土保持效果显著减弱.故在坡度大于 10° 的坡耕地上,秸秆覆盖只能作为一种辅助性的水土保持措施.

秸秆覆盖在控制坡耕地水蚀的同时实施了秸秆还田,增加了土壤的有机质,使土壤的肥力得以维持.秸秆覆盖操作简单,集用地和养地于一体,是一种在有条件推广的地方都应大力推广的坡耕地水、土、肥保持措施.

5 垄沟格网式耕作农作系统

垄沟格网式耕作是陡坡耕地开发利用和保护所采取的土地保护性措施.在这种耕作方式下,结合秸秆覆盖的土地保护措施,利用垄沟微域环境差异构建垄上粮食,沟内林果的农林复合种植模式,在这种模式下,土壤侵蚀量仅为 0.3 t/hm^2 ,削减径流95%,间套种植粮食与其他作物较常规增产15%,增收46%^[14],发挥了较好的立体农业生态经济效益.

垄沟格网式耕作适宜于陡坡耕地的开发利用,技术难度较大.在这种模式下,可逐步减少粮食作物的种植面积,增大经果林的面积,当经果林的经济效益大于粮食作物的经济效益,陡坡耕地就自动退耕还林.这种模式对我国陡坡耕地逐步实施退耕还林具有十分重要的意义.

6 等高植物篱农作系统

等高植物篱在减轻坡耕地土壤侵蚀方面的效果接近于田间工程措施,而在控制面源污染,增加系统产出和低投资等方面则为后者所不及.其主要形式是在坡面沿等高线布设密植的灌木或灌草结合的等高植物篱带,带间种植农作物.等高植物篱能拦截沿坡面下移的固体物质,使其在篱笆后堆积,逐渐减缓篱笆带间的坡面坡度,同时也减缓坡面水流速度,增加入渗^[15],如果种类适当,等高植物篱还有提供有用产品和改良土壤的作用.等高植物篱具有的造价低廉,操作简单,生态效益高的优势,使其在水土流失严重而治理资金又相对短缺的地区倍受推崇.国内外学者对其保土、保水、保肥的机制及利用模式进行了研究.要使等高植物篱具有良好的保土,保水,保肥能力,其关键在于2点,一是等高植物篱要有适宜的植物种类配置;二是等高植物篱要有适宜的带间距.

6.1 等高植物篱的植物种类配置

确定等高植物篱植物种类首先考虑的是植物在种植地区的生态适应性,主要是指植物对极端最低温度的

反应,对坡面的土壤类型,土层厚度,水分状况和肥力等因素的适应以及对带状密植的适应^[16].等高植物篱的植物应是多年生的草本,木本或灌木化的乔木;萌生能力强,基部枝条密集,根深,固着能力强,速生,生产力高且耐修剪,枯枝落叶丰富,最好具有固氮作用.目前,等高植物篱的植物多以具固氮能力的灌木为主,如新银合欢,马桑等.在新银合欢植物篱,香根草植物篱,马桑植物篱,黄荆植物篱这4种植物篱中,新银合欢植物篱实验小区上的土壤侵蚀量最大,为 375 t/km^2 ,而对照坡耕地上的水土流失量高达 985.3 t/km^2 ,修建等高植物篱后,土壤侵蚀量减少了96%以上^[17].

6.2 等高植物篱适宜带间距的确定

带间距过宽,等高植物篱起不到良好的水土保持效果.带间距过窄,给带间的耕作带来困难.带间距确定得是否合适是等高植物篱布设成败的关键.带间距的确定主要是根据2个原则进行,一是根据防止坡面养分流失来确定.养分的流失主要是随土壤中粘粒的流失而流失,确定的带间距要达到使土壤中的粘粒不至于随水下渗.二是根据防止坡面土壤流失来确定,即确定的带间距要使坡面产生的径流流速小于坡面上某一粒径颗粒的起动速度.许峰,蔡强国等对三峡库区紫色土坡地上等高植物篱适宜的带间距作了研究.他们以库区姊归县王家桥小流域实验区测得的数据为依据,结合理论上的探讨,对等高植物篱的适宜带间距进行了研究,并提出了可用于实践的估算公式^[18].

等高植物篱是在热带和亚热带地区备受推崇的坡耕地改良和利用措施.与传统的梯田等工程措施相比,等高植物篱造价低廉,操作简单,此外植物篱本身还能提供有经济价值的产品,具固氮能力的植物篱还能提高土壤肥力,且广布的植物篱有隔离带的作用,可减少带间农作物病虫害的发生和减缓病虫害的传播速率,具有工程措施无法比拟的优势.针对中国坡耕地水土流失严重,水保资金相对短缺的现状,等高植物篱是一种应大力推广的水土保持措施.

7 不同耕作模式下坡耕地水、土、肥流失的研究方法

在水蚀严重的地区,降雨的年内分配一般不均匀,过程性暴雨对坡耕地的水、土、肥流失影响很大^[19],防止过程性暴雨对土壤的侵蚀是防治坡耕地水、土、肥流失的重要方面.在国外对覆盖和免耕覆盖作了大量的研究,特别是近年来,对提高农作物对地表的覆盖来控制水蚀作了大量的研究;国内主要针对坡改梯和等高植物篱的保水、保土、保肥效益作了大量的研究^[20-21].

目前,对不同耕作模式下坡耕地水土肥流失的研究方法主要有4种:一是大田监测;二是径流小区实验研究;三是室内模拟降雨实验研究;四是野外模拟降雨的实验研究.大田监测所得的数据比较符合于实际,但实验的条件难以控制,实验的周期也较长.径流小区实验研究是应用较广的研究方法,发达国家已实现了采样、分析的自动化.室内模拟降雨实验由于不易模拟野外地表的微地貌、表土特点,加之根系作用更难模拟,室内模拟降雨实验的结果的应用意义十分有限.野外模拟降雨实验是一种较好的研究方法,实验条件易于控制,所得的结果亦与实际相符,但这一研究方法应用还不是十分广泛,必须加强野外模拟降雨的实验研究.近年来,国外已开展了耕作侵蚀预测模型的研究^[22-24].

8 坡耕地开发利用和保护的展望

坡耕地广泛分布于中国的西部山区,实现坡耕地的可持续利用是实现西部土地可持续利用的重要方面,是实现山区农业可持续发展的重要一环.研究坡耕地开发利用和保护模式的目的是为了找到合适的经营模式,实现坡耕地可持续利用.在传统的轮歇栽培和梯田技术难以从根本上解决坡耕地维持土壤肥力和治理水土流失的前提下,深入研究坡耕地水、土、肥流失的机制,找到适宜的坡耕地开发利用和保护的模式,达到资源与环境的永续利用,促进山区农业的持续发展显得尤为重要.由于坡耕地之间的条件差异很大,坡耕地适宜的耕作模式要因地制宜的加以确定.根据上面耕作措施与坡耕地水土流失关系的探讨,坡度小于 10° 的坡耕地,只要采取横坡耕作和覆盖耕作相结合的方式,就能十分有效地控制坡耕地水土肥的流失. $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的坡耕地是坡耕地治理的重点,实行坡改梯是对这部分坡耕地进行治理的经典方法,但从生态环境建设的角度来看,在这部分坡耕地上推广等高植物篱农作系统更为适宜.坡改梯对土的保持效果是立竿见影,但等高植物篱农作系统在防止坡耕地养分流失,阻止非点源污染的扩散上更为有效.就目前的经济发展水平和经济承受能力而言,等高植物篱农作系统是更为实际的,更宜值得推广的治理 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 坡耕地水土流失的措施.当然,在有条件的地方,如果能够把坡改梯与等高植物篱农作系统结合起来,能收到更好的防治水土流失的效果.对于大于 25° 的坡耕地,根据国家的政策,原则上要实施退耕还林,对一时不能实施退耕还林的地区,应采用垄沟格网式耕作和秸秆覆盖的保土措施,逐步实施退耕还林^[25].

目前,坡耕地的治理主要采用坡改梯的形式,也收

到了很好的水土肥保持效果,对坡改梯后的水土肥保持效益也作了大量的研究,三溪沟小流域,坡改梯后与相同坡度的坡耕地相比,可减少58%的泥沙和65%的水分流失,增产粮食21%,实施坡改梯工程后,流域年土壤侵蚀模数由治理前的 1995 t/km^2 下降到 764 t/km^2 ;四川宁南的坡改梯工程也取得了较好的生态效益和经济效益.但对其它各种措施的水土肥保持效益的研究不曾多见,各种措施的水土肥保持效益的对比研究更是少见.等高植物篱这一优良的防止坡耕地水土肥流失的措施没有得到应有的重视,从生态环境的角度看,等高植物篱是应大力推广的坡耕地水土肥保持措施.

棉兰老洗浸教会农村生活中心设计出了适宜于菲律宾边南部山地农业生态系统持续发展的坡地农业技术(Sloping Agricultural Land Technology,简称SALT),实践表明,该技术能够良好地保持水土和维持土壤肥力,具有农业生产资料投入少,见效快,简单易学,易推广的特点.坡地农业技术(SALT)是一个农林复合经营的生态系统,主要包括种植亚系统,人工林亚系统,畜牧业亚系统和庭园经济亚系统4个结构单元.坡地农业技术的内容主要包括带作,等高耕作,石墙,拦截堤和沉沙池等,已开发出多种成功的经营模式.在国际山地中心(ICIMOD)的资助下,中科院成都生物研究所位于金沙江干热河谷的四川省宁南县小溜口进行了旨在探索西南山区坡耕地合理利用途径和山区农业持续发展模式的以固氮绿篱的建立为核心的坡地农业技术的实践.经过几年的实施工作,坡耕地的耕作带自然成堤,水土流失得到了治理,土壤肥力得到了提高^[26].坡地农业技术与传统农业耕作技术的主要区别在于充分发挥了绿篱在农业生态系统中的作用,融农业发展与环境保护,种地,养地于一体.实践证明,坡地农业技术是坡耕地开发利用的一种很好的模式.

据现有的资料,坡耕地综合开发利用模式至少应包括以下几个方面:坡面,沟道,植物防护体系;坡耕地作物种植体系;提高坡耕地水土肥利用率农业措施技术体系.研究坡耕地综合开发利用模式的目的就是根据当地实际情况,把合理的耕作模式,适宜的种植模式和有效的防护体系有机的结合起来,辅之以先进的农业技术措施,建立高产高效的坡耕地生态农业模式.随着3S技术在山区土地利用的动态监测,山区土壤侵蚀与土地监控中应用的不断完善,以高新技术为依托的坡耕地开发利用模式将会被开发出并在实践中不断完善.这对控制三峡库区的水土流失状况,改善库区生态环境和农业生产条件,实现库区可持续发展奠定了基础.

参考文献:

- [1] 郭延辅. 21世纪水土保持展望[J]. 中国水土保持, 2000(2): 3-7.
- [2] 李双喜, 刘绍之. 长江流域试点小流域治理模式及成效[J]. 中国水土保持, 1999(9): 42-43.
- [3] 王玉宽, 文安邦. 长江上游重点水土流失区坡耕地土壤侵蚀的¹³⁷Cs法研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 77-80.
- [4] 白清俊, 刘亚相. 流域坡面综合产流数学模型的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(3): 87-92.
- [5] BIRKHEAD A L, HERITAGE G L. Ground-penetrating radar as a tool for mapping the phreatic surface, bedrock profile and aluvial stratigraphy in the subie river, kruper national Park [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1996, 51(3): 349-356.
- [6] 王秀英, 曹文洪. 坡面土壤侵蚀产沙机理及数学模拟研究综述[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(3): 87-92.
- [7] 杨子生. 长江上游滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用研究简介[J]. 山地学报, 1999, 17(增刊): 1-5.
- [8] 焦菊英, 王石中. 黄土丘陵区不同降雨条件下水平梯田的减水减沙效益分析[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(2): 59-63.
- [9] 赵艺学. 晋西沟坝地—梯田—坡耕地农业效应的比较[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 75-78.
- [10] PAULW UNGER, MERLE F, VIGIL. Cover crop effects on soil water relationships [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1998, 53(3): 200-206.
- [11] DAVID P, SHELTON, ELBERT C. Dickey. Corn residue cover on the soil surface after planting for various tillage and planting system [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1995, 50(4): 399-404.
- [12] 王治国, 肖娟. 黄土残塬区人工降雨条件下坡耕地水蚀研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(2): 13-17.
- [13] BUSSCHER W J. Conservation farming in scuthern brazil; using crops to decrease erosion and increase infiltration [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1996, 51(3): 188-192.
- [14] 朱波, 陈实. 陡坡耕地的开发利用和保护——一种农林复合模式 [J]. 山地学报, 2000, 18(1): 37-41.
- [15] 蔡强国, 黎四龙. 植物篱减少侵蚀的原因分析 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 4(2): 54-60.
- [16] 施迅. 坡地改良利用中活篱笆的种类选择和水平空间结构的初步研究 [J]. 生态农业研究, 1995, 3(2): 49-53.
- [17] 许峰, 蔡强国. 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 [J]. 山地学报, 1999, 17(3): 193-199.
- [18] 许峰, 蔡强国. 坡地等高植物篱带间距对表土养分流失的影响 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(2): 23-29.
- [19] 杨武德, 王兆寿. 红壤坡地不同利用方式土壤侵蚀模型研究 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(1): 52-58.
- [20] 孙辉, 唐亚. 固氮植物篱防治坡耕地土壤侵蚀效果研究 [J]. 水土保持通报, 1999, 19(6): 1-5.
- [21] 傅涛, 倪九派. 坡耕地土壤侵蚀研究进展 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 123-128.
- [22] LINDSTROM M J, SCHUMACHER J A. A tillage erosion prediction model to calculate soil translocation rates from tillage [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 55(1): 105-108.
- [23] ZHANG X B, QUINE T A. A study of soil erosion on the steep cultivated slope in the mt gongga region near luding, sichuan, china, using the cesium - 137 Technique [J]. ACTA Geologica Hispanica, 2000, 35(3): 229-238.
- [24] 邵颂东, 王礼先, 周金星. 国外土壤侵蚀研究的新进展 [J]. 水土保持科技情报, 2000(1): 32-36.
- [25] 张信宝, 付仕详. 长江上游重点水土流失区陡坡耕地的出路 [J]. 中国水土保持, 1999(9): 38-39.
- [26] 石培礼, 唐亚. 山地农业生态系统持续发展的有效途径——坡地农业技术(SALT) [J]. 生态农业研究, 1996, 4(2): 44-49.

Fathering Benefit Research of Sloping Cultivated Land Erosion in Three Gorges Reservoir

LI Xiao-hong, HAN Yong, ZHENG Yang-hua

(Key Laboratory for the Exploitation of South West Resources and the Environment

Disaster Control Engineering, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: To prevent and reduce the threats to the sustainable development of agriculture of Three Gorge Reservoir caused by the serious soil erosion and degradation of sloping cultivated land, seeking the means of suitable utilization of sloping cultivated land is very necessary. Due to the different cultivating modes make great influence to the lost of water, soil, and fertility, aiming at the utilization status and existing problems of sloping cultivated land in Three Gorge Reservoir, the characteristics and respective adaptability of different cultivating modes are analyzed using the relation between different cultivating modes and the water and soil lost of sloping cultivated land. And the research methods of lost of water, soil, and fertility of sloping cultivated land in different cultivating modes are summarized and the perspective of the development, utilization and protection of sloping cultivated land are given as well.

Key words: sloping cultivated land; lost of soil, water and fertility; cultivated modes

(编辑 姚飞)