

黄土退耕坡地工程治理与林草优化配置模式研究

张 海¹, 张立新², 柳江华¹, 柏延芳¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学生命学院, 杨凌 712100)

摘 要: 为使黄土退耕坡地植被快速恢复, 减少水土流失, 根据不同植物的生性特点, 结合坡地不同的工程治理措施, 研究提出了以草为主, 草、树间作的治理模式, 解决了退耕坡地当年裸露地表水土流失严重的问题。指出对于 15°~ 20°的坡地, 以大台田+ 苜蓿+ 经济林治理模式最好, 当年植被盖度可达 47.2%, 4 年后可达 75.9%, 土壤侵蚀量较对照下降 34.30%; 对于 20°~ 25°坡地, 以隔坡梯田+ 苜蓿+ 乔木生态林的治理模式最好, 当年植被盖度可达 33.9%, 4 年后达 49.4%, 土壤侵蚀量比对照下降 67.04%; 对于 25°以上坡地宜采用大鱼鳞坑+ 冰草+ 灌木组合治理模式, 当年植被盖度可达 28.7%, 4 年后达 36.3%, 土壤侵蚀量比对照下降 68.17%。三种模式均能有效地减轻雨滴对疏松表土的溅蚀, 提高了土壤含水率和植被覆盖度, 利于形成林草和谐共生的稳定群落。

关键词: 坡地植被恢复; 林草优化配置; 土壤含水率

中图分类号: S289

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)11-0093-05

张 海, 张立新, 柳江华, 等. 黄土退耕坡地工程治理与林草优化配置模式研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 93- 97.

Zhang Hai, Zhang Lixin, Liu Jianghua, et al. Optimized patterns for intercropping forest and grass and engineering conservation measures for the sloping field converted from farmland in Loess Plateau[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 93- 97. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

黄土坡地干旱贫瘠, 植被覆盖度低, 水土流失严重, 土壤侵蚀模数高达 4000 t/(hm²·a) 以上, 是黄河中上游地区最大的产沙源。随着近几年退耕还林工作的实施, 该区坡地整治工程及人工林面积逐年增加, 但效果不佳, 水土流失依然严重, 综合效益差^[1]。为此, 近几年许多学者在林、草间作防止坡地水土流失方面做了大量的工作, 如字淑慧^[2]、刘生荣^[3]等研究指出单纯的工程措施或人工纯林都不能有效地加快天然植被的恢复进程, 只有充分考虑立地条件和不同植物生长的特性, 使适生林、草种合理间作, 才能形成稳定的植被群落, 减少坡地水土流失。Daniels^[4]、Aase^[5]指出坡耕地等高种植牧草可有效地防止水土流失, 改善微地形地貌; Gilley^[6]、Eghabil^[7]研究表明多年生草本对坡耕地水土流失有明显的减缓作用; 但对于退耕坡地不同工程治理措施和林草优化组合对水土流失的减缓作用报道较少, 本文以速生草为先锋种, 对退耕坡地进行不同工程措施与林草间作试验, 使坡地植被得以迅速恢复, 有效的减少了坡地土壤侵蚀, 促进幼林的快速生长, 逐步形成以林为主体的林草复合群落。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验于 2000~ 2004 年在陕西省淳化县冶峪河流域

郑家沟村坡地内进行, 面积 60 hm², 海拔 1000~ 1300 m, 坡向西偏南, 属典型的黄土高原沟壑地貌。该区气候属暖温带半干旱区, 植被区划属暖温带森林草原区; 年平均气温 9.8℃, 绝对最高气温 38℃, 最低气温 - 20℃; 无霜期 183 d。全年≥10℃的活动积温 3281.0℃, 日照时数 2372.7 h/a。年平均降雨量 550 mm, 多集中在 7、8、9 三个月。土壤为黄壤土, 剖面发育不明显, 0~ 150 cm 土层中速效氮 57.35 mg/kg、速效磷 12.5 mg/kg、速效钾 103.1 mg/kg, 有机质含量 10.1 g/kg。大部分退耕坡地植被发育不良, 覆盖度 20% 左右, 群落优势种为禾本科 (39.8%) 和菊科 (37.0%) 杂草。

1.2 试验设计及材料

将试区内退耕坡地按其自然坡度划分为 15°~ 20°坡地、20°~ 25°坡地及 25°以上 3 种坡地类型, 于 2000 年冬季分别修整成大平台、隔坡梯田、大鱼鳞坑 3 种水土保持工程。大平台宽 2~ 3 m, 台内按 2 m×3 m 或 2 m×2 m 修筑田埂, 埂高 50 cm, 宽 40 cm; 隔坡梯田为由下至上每隔 2~ 3 m 修一条外缘筑埂的等高反坡梯田, 宽 1~ 1.5 m, 长度因地势而异, 带内每隔 1~ 1.5 m 修筑一横埂, 防止径流横向流动; 大鱼鳞坑为根据坡面开挖直径 1 m 的种植坑, 间隔 2~ 3 m, 呈“品”字形排布。按试验要求于 2000 年春季种植不同树、草种。供试草种有桑科 苜蓿 (*Humulus scandens*)、豆科 紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 及禾本科 扁穗冰草 (*Agropyron cristatum*); 经济树种有杏 (*Armeniaca vulgaris*)、核桃 (*Juglans regia*); 乔木树种为刺槐 (*Robinia pseudoacacia*); 灌木树种为沙棘 (*Hippophae*)。

根据以上坡地的生境特点, 设以下 3 组处理: I: 15°~ 20°大台田: 设置①经济林+ 苜蓿: 埂内植树 1 株、埂边种草, 穴播, 深度 2~ 3 cm, 穴距 1 m; ②经济林+ 苜蓿: 埂内植树 1 株、埂内四角按 0.4 m×0.4 m 点播种

收稿日期: 2006-02-15 修订日期: 2006-08-29

基金项目: 国家林业局“陕北地区退耕坡地植被恢复技术示范”项目
作者简介: 张 海 (1960-), 男, 研究员, 从事黄土高原植被恢复及生态治理研究。杨凌 西北农林科技大学资环学院, 712100。

Email: yanglingzhanghai6@163.com

草;③经济林+冰草,埂内植树 1 株、埂内穴播草种,密度 $0.2\text{ m} \times 0.2\text{ m}$ 3 种处理。以自然坡地常规种植的经济林为对照。II: $20^\circ \sim 25^\circ$ 隔坡梯田: 设置①刺槐+苜蓿;②刺槐+苜蓿;③刺槐+冰草 3 种处理,隔坡梯田内植树,外坡埂内种草,方法同上,以自然坡地常规种植的刺槐为对照。III: 25° 以上坡地大鱼鳞坑: 设置①沙棘+苜蓿;②沙棘+苜蓿;③沙棘+冰草 3 种处理,坑内种灌木 1 株,在外埂内缘下种草,以自然坡地常规种植的沙棘为对照。各处理修建径流监测小区 1 个,每个面积 20 m^2 。

1.3 观测项目及方法

随机标记各处理幼树 10 株及植被样地 20 m^2 , 于

每年 11 月用直尺测量法测定树木的生长量;用称重法测定各处理 $0 \sim 150\text{ cm}$ 土层中的土壤水分;用样方法测定植被覆盖度^[8];每次降雨后用径流小区法测定土壤侵蚀量^[9]。

2 结果与分析

2.1 不同处理的土壤含水率动态变化

土壤含水率直接影响着地表植物的生长及植被覆盖度的提高^[10]。由于工程措施及林草配置模式的不同,各处理土壤含水率存在明显的差异。2000 年春季种植,从种植当年起,每年 11 月植物生长停止后,用称重法测定各处理不同土层土壤含水率,结果表 1。

表 1 各处理对不同土层含水率的影响

Table 1 Effects of different treatments on the soil moisture of different layers

处 理		0~ 50 cm 土层				50~ 100 cm 土层				100~ 150 cm 土层			
		2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
I 大台田	杏+ 苻草	8. 12	8. 02	7. 16	7. 20	7. 32	6. 12	6. 16	6. 20	6. 06	5. 26	5. 60	5. 76
	杏+ 苜蓿	8. 16	7. 11	6. 50	6. 51	7. 41	5. 70	5. 11	4. 71	5. 60	4. 70	4. 59	4. 51
	杏+ 冰草	8. 18	7. 84	7. 13	7. 14	7. 65	6. 73	6. 64	6. 55	6. 15	6. 07	5. 72	5. 71
	对照(杏)	7. 02	6. 65	6. 22	6. 21	7. 55	6. 63	6. 54	6. 05	6. 03	6. 10	5. 98	5. 21
II 隔坡梯田	刺槐+ 苻草	7. 35	7. 14	7. 01	6. 12	6. 72	6. 02	5. 76	5. 70	6. 16	5. 16	5. 62	5. 98
	刺槐+ 苜蓿	7. 45	6. 88	5. 81	4. 32	6. 51	5. 01	5. 01	4. 51	6. 20	4. 72	4. 50	4. 31
	刺槐+ 冰草	7. 15	7. 21	7. 31	6. 48	6. 65	6. 73	6. 54	6. 35	6. 15	5. 87	5. 82	5. 72
	对照(刺槐)	7. 11	5. 82	5. 70	4. 88	6. 15	5. 73	5. 54	5. 05	6. 03	5. 40	5. 12	5. 11
III 大鱼鳞坑	沙棘+ 苻草	6. 80	5. 75	5. 27	5. 35	6. 72	6. 03	5. 78	5. 80	6. 16	5. 36	5. 23	5. 91
	沙棘+ 苜蓿	6. 85	5. 58	5. 31	4. 32	6. 41	4. 64	4. 12	4. 11	6. 10	4. 72	4. 50	4. 31
	沙棘+ 冰草	6. 67	6. 21	5. 51	5. 48	6. 61	6. 13	5. 88	5. 81	6. 26	5. 87	5. 33	5. 71
	对照(沙棘)	6. 17	5. 66	5. 27	5. 11	6. 05	5. 31	5. 27	5. 01	6. 07	5. 25	5. 07	4. 61

从表 1 可以看到:①工程措施对土壤含水率的影响较大,降雨后各处理组 $0 \sim 50\text{ cm}$ 土层土壤含水率均比对照有显著增加。处理 I 土壤含水率平均比对照高 14.0%,处理 II 土壤含水率平均比对照高 10.4%,处理 III 土壤含水率平均比对照高 9.7%,说明工程措施有利于接纳径流,强制下渗。其接纳降雨能力为:处理 I > 处理 II > 处理 III > 对照。根据王孟本先生指出的 50 cm 周围土层是植物根系活跃层之结论^[11],可见工程措施对坡地植物的生长有重要的作用。②不同林草配置模式导致土壤含水率有明显差异,处理 I、II 中苜蓿与各树种的配置在 $0 \sim 100\text{ cm}$ 土层中含水率均高于其它组合,说明在 25° 以下坡地,结合工程措施,苜蓿与各树种的间作可有效地减少土壤水分蒸发,促进植物生长。③在各处理中,苜蓿组合前期生长尚可,但种植 4 年后土层水分明显下降,特别是 $0 \sim 100\text{ cm}$ 土层含水率下降尤为明显,低于 5% 以下,比对照低 3.02%,说明苜蓿与各树种间作耗水量大,不宜采用。④在处理 III 中,冰草组合表现较好,前期土壤含水率虽低于苜蓿组合但后期生长良好, $50 \sim 100\text{ cm}$ 土层含水变化不大且高于对照 9.0% 以上,说明冰草为浅根系作物,对 50 cm 土层以下水分利用较少,加之地面茎叶的覆盖可减少土壤水分蒸发,提高土壤含水率。

2.2 不同处理对林草生长量影响

一定的植被生长量是形成良好覆盖度的前提,是减少坡地水土流失的基础^[12,13]。比较各处理当年牧草的生长状况、产量和幼树的生长动态存在明显的差异,结果见表 2。

从表 2 可以看到,在处理 I 和处理 II 中,苜蓿与各树种间作生长最好,如苜蓿与杏树间作处理,4 年内杏幼树株高增长了 149 cm ,而对照仅增长 96 cm ,较对照提高 55.2%,群落植被覆盖度增加到 51.9%,比对照提高了 30.5%。苜蓿与核桃间作处理,4 年内核桃幼树树增长了 159 cm ,较对照提高 33.6%,群落植被覆盖度达到 52.5%,比对照提高了 27.3%,经方差分析均达到极显著水平。试验中发现,在水分条件较好的大台田中,苜蓿当年单株分枝多达 $22 \sim 87$ 个,主茎年生长量可达 $2.1 \sim 3.6\text{ m}$,匍匐于地面,抗逆性强,在新修台田中生长极为迅速,较大的单株覆盖面积 8 m^2 以上,产草量达 $12000 \sim 27000\text{ kg/hm}^2$,分别比紫花苜蓿及冰草高 2~5 倍;种植当年植被覆盖度可达到 35% 以上,可对裸露地面形成有效覆盖,具有良好的蓄水、保水作用,可明显促进幼树生长发育。4 年后随着幼树逐渐长大及土壤含水率降低,苜蓿种群逐渐衰败,群落演替为以人工林及禾本科牧草为优势种的稳定群落,可以看出苜蓿是退耕坡

地治理较为理想的先行草种, 同时又是羊、牛等牲畜的优质饲料^[13, 14]。而苜蓿与各树种之间作, 前期生长较好, 但 4 年以后群落逐渐衰退, 自然更新能力降低, 结合表 1 可以看到 3 年后土壤含水率以降至 5% 以下, 说明苜蓿与幼树形成竞争性吸水, 导致幼树生长不良, 群落自然更新能力降低; 冰草与其它树种组合前期幼树生长较快, 但冰草生长缓慢, 不能对地面形成有效覆盖, 在

25°以下坡地不宜采用。在处理Ⅲ中由于陡坡地土壤水分含量低, 苜蓿及苜蓿组合均生长不良, 而冰草组合生长较好, 幼树生长量每年增长 20% 以上, 产草量可达 13720 kg/hm², 虽不能对裸露地表形成有效覆盖但与幼树生长和谐, 能够形成稳定植被群落, 4 年后植被覆盖度达 36.3%, 比对照提高 11%。故该处理适宜陡坡地采用。

表 2 不同处理对牧草、幼树生长及植被覆盖度的影响
Table 2 Effects of different treatments on the growth of forage grass and young tree and vegetation coverage

处 理		牧草生长量/kg·hm ⁻²				杏树高度/cm				植被覆盖度/%			
		2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
I 大台田	刺槐+ 苻草	24800	28600	21980	18720	47.5	106.0	175.0	196.5	47.2	67.2	75.5	75.9
	杏+ 苻蓿	16400	29130	30250	31100	33.5	110.0	162.5	182.0	32.5	53.8	46.23	46.5
	杏+ 冰草	15800	19870	19760	18700	30.0	86.5	155.0	170.5	36.5	39.2	42.8	38.8
	对照(杏)	—	—	—	—	44.5	92.5	111.6	140.5	10.8	11.1	17.3	21.4
	核桃+ 苻草	25900	29360	22860	17700	33.0	105.5	168.5	192.0	48.7	58.5	71.2	72.5
	核桃+ 苻蓿	15800	31020	31820	32180	23.0	112.0	162.0	170.5	37.2	59.5	45.32	44.6
	核桃+ 冰草	13600	21200	18760	19380	24.0	115.5	158.5	159.0	35.7	38.3	40.21	39.3
	对照(核桃)	—	—	—	—	26.5	81.0	118.5	145.5	10.5	10.9	17.31	25.2
II 隔坡梯田	刺槐+ 苻草	19000	20412	19370	16210	130.2	231.0	287.3	293.1	33.9	39.3	46.7	49.4
	刺槐+ 苻蓿	11400	20170	28250	22700	139.0	230.0	270.0	285.0	23.7	35.5	39.5	46.6
	刺槐+ 冰草	10800	11870	13760	12700	129.0	239.0	279.0	295.0	13.8	29.5	32.5	35.9
	对照(刺槐)	—	—	—	—	128.0	219.0	249.0	275.0	10.3	11.8	13.3	17.8
III 大鱼鳞坑	沙棘+ 苻草	12000	13300	13510	13720	35.5	65.5	85.5	106.0	21.5	25.5	23.1	23.3
	沙棘+ 苻蓿	11600	18170	13250	12960	34.7	67.5	78.5	96.0	22.4	28.7	27.3	28.2
	沙棘+ 冰草	11300	13670	13860	14700	35.7	66.5	95.5	116.0	28.7	31.2	35.7	36.3
	对照(沙棘)	—	—	—	—	35.5	71.5	89.5	113.0	16.5	20.7	24.1	25.8

2.3 不同处理的水保效益

良好的植被覆盖是减少水土流失的保证, 由于工程措施和林草间作有机地结合, 处理组植被覆盖率有较大的提高, 减蚀效益明显。2000~ 2003 年试区共发生中强度以上降雨 5 次, 降雨总量 151.3~ 213.5 mm 不等。从径流总量测定结果看, 25°以下坡地修整成大台田或隔

坡梯田, 配置苜蓿+ 经济林(或乔木)处理效果最好, 年均径流总量、泥沙总量分别比对照减少 62.4%、34.3% 和 57.0%、67.04%; 25°以上坡地修整成大鱼鳞坑, 配置冰草+ 灌木组合效益最好, 年均径流总量、泥沙总量分别比对照减少 43.4% 和 65.4%, 结果见表 3。

表 3 各处理模式对径流量、泥沙量的影响
Table 3 Effects of different treatments on runoff volume and sediment amount

处 理		小区径流总量/m ³ ·hm ⁻²					小区泥沙总量/kg·hm ⁻²				
		2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	平均	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	平均
I 大台田	杏、核桃+ 苻草	16.00	17.20	16.10	14.90	16.05	5520	6720	4.610	3340	5047
	杏、核桃+ 苜蓿	18.40	17.00	17.20	18.20	17.70	5140	7990	5530	5300	5990
	杏、核桃+ 冰草	20.00	21.10	20.60	17.30	19.75	6371	7432	6921	5263	6496
	荒坡地杏(CK)	24.90	26.10	26.16	27.10	26.06	6580	8180	6630	5726	6779
II 隔坡梯田	刺槐+ 苻草	21.20	24.90	22.10	19.60	21.95	5621	5928	4172	4238	5489
	刺槐+ 苜蓿	22.30	31.60	36.20	33.70	30.95	5172	7812	6231	7329	6636
	刺槐+ 冰草	31.80	33.10	32.30	26.40	30.90	6171	7232	7721	5263	6597
	荒坡刺槐(CK)	35.46	34.90	33.60	33.88	34.46	9318	9543	9323	8491	9168
III 大鱼鳞坑	沙棘+ 苻草	32.10	42.70	37.20	38.70	37.67	6132	6731	5381	5741	5996
	沙棘+ 苜蓿	33.00	43.90	42.82	39.00	39.18	6280	7910	6730	7410	7082
	沙棘+ 冰草	31.00	30.10	31.10	26.30	29.62	4300	7270	5110	5530	5552
	荒坡沙棘(CK)	47.10	47.50	47.10	48.30	49.81	9137	9500	10590	8120	9337

从表 3 可以看出, 25°以下坡地以大台田治理+ 葎草组合水保效益最好, 每年进入雨季后, 葎草全方位生长, 短期内即可迅速覆盖地表, 可有效的削弱雨滴的溅蚀作用, 同时由于枝叶交织匍匐地面, 使地表难以形成较大的径流, 可有效的防止水土流失, 侵蚀量比对照减少 34.3%。而苜蓿及冰草效果较差, 由于在短期内不能对地面形成有效地覆盖, 冲蚀比较强烈, 侵蚀量仅比对照减少 15.5% 左右。2001 年 8 月 15 日发生中强度降雨, 雨量 150 mm。雨后考察发现, 大台田中葎草处理组地表无明显的侵蚀沟, 在台田中央有明显积水及下渗痕迹, 说明大台田+ 葎草处理可拦蓄径流, 强制下渗, 提高土壤含水率; 而苜蓿及冰草处理, 在裸露的地表出现明显的雨滴溅蚀痕迹和侵蚀细沟; 对照组自然坡地侵蚀最强烈, 出现长 5.7 m, 宽 3~ 8 cm, 深 2~ 5 cm 侵蚀沟 3 条。对于 25°以上坡地, 以大鱼鳞坑+ 冰草组合水保效益最好, 由于 25°以上坡地水分条件较差, 葎草、苜蓿生长不良, 不能对地表形成有效覆盖, 地表冲蚀较强烈, 而冰草由于种植密度大, 可相对提高地表覆盖度, 水保效益较好, 侵蚀量比对照减少 68.17%。2001 年 8 月 15 日中强度降雨后观察, 冰草处理区未出现明显的溅蚀痕迹和侵蚀沟, 而苜蓿及葎草处理在鱼鳞坑外沿出现明显的溅蚀痕迹, 自然荒坡出现宽 2~ 3 cm, 长度 3~ 5 m 不等的细小侵蚀沟数条。

3 结 论

通过以上结果可以看出工程措施+ 林草组合可有效地提高黄土高原坡地植被覆盖度, 对于 15°~ 20°坡地, 可采用大台田+ 葎草+ 经济林治理模式, 该模式可提高坡地植被覆盖度, 当年即可达 47.2%, 4 年后可达 75.9%, 分别比对照提高 36.4% 和 54.5%, 能有效地减轻雨滴对台田疏松表土的溅蚀、冲刷, 可拦蓄径流, 增加入渗, 提高土壤水分的保蓄能力, 促进了幼树的成活与生长, 4 年中幼树生长量比对照提高 39.8%, 4 年后逐渐形成了以经济林与自然草被的复合群落。土壤侵蚀量可比对照下降 34.3%, 可实现生态效益和经济效益双赢。

对于 20°~ 25°坡地, 坡面较陡, 养分、水分条件较差, 采用隔坡梯田+ 乔木生态林(刺槐、油松、侧柏)+ 葎草组合治理模式最好。该模式当年即可使植被盖度可达 33.9%, 4 年后可达 49.4%, 可有效的拦蓄径流, 提高 0~ 100 cm 土层土壤含水率, 土壤侵蚀模数比对照下降

57.0%。

对于 25°以上坡地, 由于其接纳雨水能力差, 水土流失严重, 土壤干旱贫瘠, 不易形成具有较强涵蓄水分的植被群落, 采用大鱼鳞坑+ 灌木+ 冰草的治理模式最好, 当年植被盖度可达 28.7%, 4 年后可达 36.3% 分别比对照提高 12.2% 和 10.5%。土壤侵蚀模数比对照下降 68.17%。随着土壤水分条件的改善可逐步形成以灌木为主体的簇状林草复合群落。

[参 考 文 献]

- [1] 侯庆春. 黄土高原植被建设中的有关问题[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 53- 56.
- [2] 字淑慧, 段青松, 吴伯志. 混播草带防止坡耕地水土流失效应的研究[J]. 农业工程学报 2006, 22(5): 61- 65.
- [3] 刘生荣, 张 海, 相建业. 葎草在西部大开发中的开发前景[J]. 河南农业大学学报, 2001, 35(4), 368- 371.
- [4] Daniels R B, Gilliam J W. Sediment and chemical load reduction by grassand riparian filters[J]. Soil Sci Am, 1996, 60: 246- 251.
- [5] Aase J K, Pikul J L. 高麦草种植带形成梯田的试验研究[J]. 水土保持科技情报, 1995, 4: 42- 43.
- [6] Gilley J E. Narrow grass hedge effects on runoff and soil loss[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, (2): 191- 195.
- [7] Eghabl B, Gilley J E, Kramer L A, et al. Narrow grass hedge effects on phosphorus and nitrogen in runoff following manure and fertilizer application[J]. Soil and Water Conservation, 2000, (2): 172- 176.
- [8] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 8- 14.
- [9] 梁一民, 侯喜录, 李代琼. 黄土丘陵区林草植被快速建造的理论与技术[J]. 水土保持学报, 1999, 03, 23- 25.
- [10] Scientific Committee on the Water Resources. Water resources research: trends and need in 1997[J]. Hydro Sci, 1998, 43(1): 19- 46.
- [11] 王梦本. 晋西北黄土区人工林土壤水分动态定量研究[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 178- 184.
- [12] 郭忠升. 水土保持植被的有效盖度、临界盖度和潜在盖度[J]. 水土保持通报, 2000, 20(2): 60- 62.
- [13] 崔浪军, 梁宗锁. 沙棘- 杨树混交林生物量、林地土壤特性及其根系分布特征研究[J]. 林业科学, 2003, 39(6): 1- 8.
- [14] 杨胆爽. 优质野生饲料——葎草[J]. 草与畜杂志, 1995, 3: 34- 36.
- [15] 孟昭聚. 葎草的开发利用[J]. 饲料研究, 1995, 11: 22- 23.

Optimized patterns for intercropping forest and grass and engineering conservation measures for the sloping field converted from farmland in Loess Plateau

Zhang Hai¹, Zhang Lixin², Liu Jianghua¹, Bai Yanfang¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China;

2. College of Life Sciences, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China)

Abstract: The intercropping system of forest and grass with grassland as the main body was presented as a conservation pattern to restore vegetation rapidly and reduce soil and water loss in the sloping fields converted from farmlands in consideration of natural characteristics of different plants combining with different engineering conservation measures. This pattern had successfully solved severe loss of soil and water on bared land in the same year. Results showed that large terraced field+ *Humulus scandens* + non-timber product forest was the optimum conservation pattern for sloping fields with gradient from 15° to 20°, and a vegetation coverage of 47.2% was achieved at the same year and 75.9% four years later and soil erosion was 34.30% lower than control; for sloping fields with gradient from 20° to 25°, sloping terrace+ *Humulus scandens* + arbor ecological forest was the optimum conservation pattern, which led to a vegetation coverage of 33.9% at the first year and 49.4% four years later and 34.30% decrease of soil erosion compared to control; for sloping fields with gradients over 25°, large fish-scale pits+ *Agropyron cristatum* + shrub was advisably used as combination pattern which vegetation coverage reached 28.7% at the same year and 36.3% four years later, and soil erosion could be reduced by 68.17% of that of control. All three patterns could abate the effect of rain splash erosion on loose top soil, enhance soil water content and vegetation coverage and promote the formation of the stable harmonious community of forest and grass.

Key words: vegetation restoration of sloping fields; optimized intercropping of forest and grass; soil moisture