

南方红黄壤区经济植物篱配合平衡施肥的水土保持效应研究

陈正刚,朱 青,王文华,李 剑  
(贵州省农业科学院土壤肥料研究所,贵阳 550006)

摘 要:研究结果表明,水土流失不仅跟降雨量有关,还跟覆盖度有关,采用经济植物篱配合平衡施肥,可明显防治坡地的水土流失,与传统的农民习惯种植方式相比,可减少土壤流失 88.58%~89.25%,减少径流量 41.48%~48.20%。增加玉米产量 52.03%(经济植物篱黄花菜+平衡施肥),增加农民收入 263.28%~265.74%。经济植物篱配合平衡施肥对坡耕地的可持续利用起到了极大的作用。  
关键词:水土保持;经济植物篱;坡耕地  
中图分类号:S157 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2006)05-0248-04

Effect of Soil and Water Conservation with Balance Fertilization Combined with Economic Plant Hedge in Southern Red-yellow Soil Area

CHEN Zheng-gang ,ZHU Qing ,WANG Wen-hua ,LI Jian  
(Institute of Fertilizer and Soil , Guizhou Academy of Agricultural Sciences , Guiyang 550006 , China)

Abstract :The research result shows :soil and water loss has not only related with precipitation ,but also the coverage . Using economic plant hedge combined with balanced fertilization can obviously reduce soil and water loss on sloping field ,compared with traditional cultivating way ,it can reduce soil loss about 88.58%~89.25% and runoff 41.48%~48.20% . Meanwhile ,it can raise maize yield by 52.03% (economic plants hedge daylily + balanced fertilization) ,increase the peasants ' income by 263.28~265.74% . This method plays an important role in using slope field continuously .  
Key words :water and soil conservation ;economic plants hedge ;sloping field

中国南方红黄壤亚热带地区红黄壤分布面积 218 km<sup>2</sup>,占全国总土地面积的 22.7%,分布在长江沿岸及其以南的 14 个省区,其中 90% 分布在山地和丘陵地区。该区水热资源丰富,以占全国 28% 的耕地养活了全国 40% 以上的人口,农业综合发展潜力很大。贵州是中国南方亚热带地区有代表性的省份之一。该省地处云贵高原的东部,介于 24°37'~29°13'、东经 103°36'~109°35' 之间。它的平均海拔为 1 000 m 左右,总土地面积 17.61 万 km<sup>2</sup>,其中 97% 为山地和丘陵。贵州红黄壤分布面积 945.0 万 hm<sup>2</sup>,占总土地面积的 53.7%。全省耕地面积 190 万 hm<sup>2</sup>,为总土地面积的 10.8%。全省约 3 300 万人口,每年粮食总产量约 800 万 t。据调查,我省水土流失最严重的地方在农区,土壤侵蚀最严重的地方是红黄壤旱坡地,我国南方红黄壤地区水土流失区面积达 61.58 万 km<sup>2</sup>,占全区土地面积的 30%。由于水土流失的危害,土壤资源遭到破坏,江河库塘淤积,水旱灾害频繁,严重影响对本区农业生产的发展,导致农村经济困难等问题的发生。针对上述情况,我们在加拿大钾磷研究所的资助下,进行了经济植物篱配合平衡施肥的水土保持效应研究。

1 试验材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在贵州省罗甸县边阳镇打讲村,地处贵州南部

红水河谷地带,海拔约 550~750 m,年平均温度约 19℃ 左右,无霜期 335 d,年降雨量 1 176.8 mm,坡度为 11.3~24.3°。

1.2 供试土壤

供试土壤为第四纪红色黏土发育的红壤和粉沙页岩发育的黄红壤,土壤质地为粉砂质黏土(重复 1),壤质黏土(重复 2、3、4)。土壤的基本农化性状为 pH 4.83~5.12,有机质 1.444 3%~1.792 3%,全氮 0.124 4%~0.139 8%,全磷 0.100 0%~0.111%,全钾 1.957 5%~2.427%,速效氮 68.22 mg/kg~98.17 mg/kg,速效磷 3.09 mg/kg~12.24 mg/kg,速效钾 54.397 mg/kg~72.4083 mg/kg,缓效钾 230.73 mg/kg~265.98 mg/kg(见表 1)。

表 1 供试土壤养分含量状况

土壤	全量 / %			速效量 / %			缓效钾 /	有机质 /	pH
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P	K	(mg·kg <sup>-1</sup> )	(mg·kg <sup>-1</sup> )	
1	0.1244	0.1000	2.4274	70.32	12.24	54.3970	265.98	1.4443	5.07
2	0.1398	0.1112	2.2514	68.22	3.09	72.1508	230.73	1.6813	5.12
3	0.1282	0.1069	2.2606	98.17	5.14	72.4083	243.56	1.7923	4.83
4	0.1282	0.1069	1.9575	98.17	5.14	61.9942	232.41	1.7923	4.83

1.3 田间试验处理与设计

田间试验设 5 个处理,4 次重复,处理设计如下:  
处理 1 工程梯化+玉米+平衡施肥+横坡种植  
处理 2 黄花菜+玉米+平衡施肥+横坡种植

\* 收稿日期:2005-08-26  
基金项目:加拿大钾磷研究所资助《贵州持续农业的坡地管理(BFDP,NMS)(2001)》内容之一,项目编号:Guizhou200101  
作者简介:陈正刚(1967-),男,助理研究员,从事农业生态和植物营养研究工作。

处理 3 李树 + 金荞麦 + 玉米 + 平衡施肥 + 横坡种植  
处理 4 农民习惯方式种植 + 玉米 + 顺坡种植  
处理 5 横坡种植 + 玉米 + 平衡施肥  
各处理肥料施用见 (表 2)。

表 2 各处理肥料施用情况 <span>kg/ hm<sup>2</sup></span>						
处理	农家肥	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	石灰	ZnSO <sub>4</sub>
1	18000	270	105	105	1950	6
2	18000	270	105	105	1950	6
3	18000	270	105	105	1950	6
4	18000	270	105	0	1950	6
5	18000	270	105	105	1950	6

注 :所用肥料 :尿素 N 46 % , 过磷酸钙 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16 % , 氯化钾 K<sub>2</sub>O 60 % , ZnSO<sub>4</sub> Zn23 % , 农家肥 N 0.5 % 、 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.25 % 、 K<sub>2</sub>O 0.6 % 。

农家肥、磷肥、钾肥、硫酸锌全部用作基肥,氮肥用作追肥,分三次施用,石灰的施用是在播种前,撒于地面,再和土壤混匀。

1.4 供试作物

供试作物玉米品种为黔单 4 号,2004 年 4 月播种,密度为 36 000 ~ 45 000 株/ hm<sup>2</sup>。经济植物篱作物:金荞麦、李、黄花菜于 2000 年 3 月种植。种植密度:金荞麦 20 cm ×20 cm,每带种植 2 行,李树 550 cm ×200 cm,黄花菜 20 cm ×20 cm,每带种 2 行,经济植物篱间宽为 5 m (见表 3)。

表 3 试验区各处理种植情况					
处理	作物	种植期 (年 - 月)	收获期 (年 - 月)	行距/ cm	株距/ cm
1	玉米	2004 - 04	2004 - 09	50 或 100	35
2	玉米	2004 - 04	2004 - 09	50 或 100	35
	黄花菜	2000 - 03	2004 - 05	20	20
3	玉米	2004 - 04	2004 - 09	50 或 100	35
	金荞麦	2000 - 03	2004 - 05 ~ 07	20	20
4	李	2000 - 03	2004 - 05	550	200
	玉米	2004 - 04	2004 - 09	75	75
5	玉米	2004 - 04	2004 - 09	50 或 100	35

1.5 观测测定

用自记雨量器测定每场降雨的降雨量,用小区径流观测法测定地表径流和土壤侵蚀量,用投影发测覆盖度,用烘干法测定土壤水分。

2 结果与讨论

2.1 水土保持效果

1 ~ 9 月降雨量与各处理地表径流显示,地表径流与降水量成一定正相关关系,如 :7 月份降雨量达 233.7 mm,占 1 ~ 9 月降雨总量 (720.7 mm) 的 32.43 % ,各处理地表径流量也达到最大值,7 月地表径流量占 1 ~ 9 月径流总量的 27.73 % ~ 31.62 % 。1 ~ 9 月降雨量与各处理土壤侵蚀量结果表明,土壤侵蚀量与降雨量不成正相关关系,7 月份土壤侵蚀量占土壤侵蚀总量的 5.70 % ~ 11.34 % 。而 4 月份降雨量为 96.2 mm,占 1 ~ 9 月份降雨总量的 13.35 % ,各处理土壤侵蚀量却最大,占土壤侵蚀总量的 63.54 % ~ 84.2 % 。这是因为 4 月份是玉米种植时期,因耕作土壤疏松,另外还与 4 月份玉米刚种植,地表覆盖较小有关 (见表 4)。

各处理的径流量与土壤侵蚀量对比表明 :由于农民习惯种植是从坡顶顺坡而下的种植方式,种植行与地表径流的流向一致,且没有平衡施肥,玉米长势较差,地表覆盖度增长较慢,所以地表径流和土壤侵蚀量最高,达 892.86 t/ hm<sup>2</sup> ,25.40 t/ hm<sup>2</sup> ;横坡种植处理,由于玉米横坡种植配合平衡施肥,作物长势较好,起到了一定的拦截地表径流和土壤侵蚀的作用,较农民习惯减少地表径流 16.82 % ,减少土壤流失 61.81 % ;工

程梯化处理是人为地把坡地改造为梯土,使得地表平整,因此可减缓地表径流的速度,增加地表水在土面上滞溜的时间,从而减少地表径流和土壤流失,与农民习惯处理相比,可减少地表径流 37.8 % ,减少土壤流失 76.50 % ;经济植物篱由于作物采取横坡种植方式,同时间隔 5 m 横坡种植了一排栅篱作物,起到了极好的拦截地表径流和土壤侵蚀的效果,与农民习惯种植相比,经济植物篱 (黄花菜) 减少地表径流 48.20 % ,减少土壤流失 89.25 % ;经济植物篱 2 (金 + 李) 减少地表径流 41.48 % ,减少土壤侵蚀 88.58 % 。统计分析结果表明,任何一种改良种植模式与农民习惯种植方式比较都极显著减少土壤流失,显著减少地表径流 (见表 5、表 6)。

表 4 试验区水土流失测定结果 <span>m<sup>3</sup>/ hm<sup>2</sup></span>						
月 份	人工梯化	黄花菜	金十李	农民习惯	横坡种植	降雨量 / mm
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.9
2	15.00	14.90	15.80	20.81	16.46	34.5
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.1
4	136.70	99.30	117.40	204.68	164.93	96.2
5	111.40	101.80	108.80	193.92	143.35	124.7
6	68.10	49.00	86.80	118.70	89.03	88.3
7	169.20	145.00	144.90	256.14	234.81	233.7
8	51.70	48.70	45.30	91.73	87.33	94.1
9	3.00	3.80	3.50	6.88	6.75	26.2
合计	555.10	462.50	522.50	892.86	742.65	720.7
7 月地表径流占 总地表径流/ %	30.48	31.35	27.73	28.69	31.62	

表 5 试验区土壤侵蚀量测定结果 <span>t/ hm<sup>2</sup></span>						
月 份	人工梯化	黄花菜	金十李	农民习惯	横坡种植	降雨量 / mm
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.9
2	0.06	0.08	0.04	0.20	0.05	34.5
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.1
4	5.03	2.07	2.01	16.14	6.50	96.2
5	0.38	0.21	0.33	4.56	0.65	124.7
6	0.12	0.10	0.20	0.56	0.30	88.3
7	0.35	0.21	0.24	1.91	1.10	233.7
8	0.03	0.06	0.08	2.03	1.10	94.1
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.2
合计	5.97	2.73	2.90	25.40	9.70	720.7
7 月土壤侵蚀量占 土壤侵蚀总量/ %	5.86	7.69	8.28	7.52	11.34	
4 月土壤侵蚀量占 土壤侵蚀总量/ %	84.25	75.82	69.31	63.54	67.01	

表 6 试验区水土流失统计分析							
处理侵蚀量 / (t · hm <sup>-2</sup> )	较农民习 惯减少/ %	差异显著性		径流量 / (t · hm <sup>-2</sup> )	较农民习 惯减少/ %	差异显著性	
		5 %	1 %			5 %	1 %
农民习惯	25.40	—	a	A	892.86	—	A
横坡种植	9.70	61.81	b	B	742.65	16.82	B
人工梯化	5.97	76.50	b	B	555.10	37.83	C
金十李	2.90	88.58	b	B	522.50	41.48	C
黄花菜	2.73	89.25	b	B	462.50	48.20	C

土壤侵蚀量 :LSR<sub>0.05</sub> = 9.64      LSR<sub>0.01</sub> = 13.66  
地表径流量 :LSR<sub>0.05</sub> = 143.10      LSR<sub>0.01</sub> = 202.7

2.2 不同水保措施配合平衡施肥对地表覆盖度的影响

在玉米种前和收后,经济植物篱处理有一定的覆盖度,其余处理覆盖度都为零。4 月份开始,随着玉米的种植和生长,各处理覆盖度逐步增加,到 7 月份增加到最高值。所以 7 月

份降雨量高,但土壤侵蚀量并不高,水土保持措施配合平衡施肥,玉米长势好,覆盖度增加较快。覆盖度增加,降低了雨水打击地表的力量,作物也起到一定的拦截和阻挡土壤流失的作用。各改良种植模式配合平衡施肥的地表覆盖度较农民习惯种植方式明显增加。4 月份地表覆盖度增加 26.53 % ~ 75.51 %,7 月份地表覆盖度增加 48.13 % ~ 80.75 % (见表 7)。

表 7 不同水土保持措施与平衡施肥对地表覆盖度的影响 %

	人工梯化	黄花菜	金十李	农民习惯	横坡种植
1	0	7	11.50	0	0
2	0	7.5	11.25	0	0
3	0	8.00	12.50	0	0
4	15.75	15.50	21.50	12.25	13.75
5	35.75	33.00	41.50	27.25	36.75
6	69.25	73.50	81.50	38.25	46.00
7	70.25	74.00	84.5	46.75	69.25
8	68.50	73.50	80.75	46.75	68.50
9	62.75	70.50	73.00	43.25	67.0
10	0	11.50	15.50	0.00	0
4 月覆盖较农民习惯增加/ %	28.57	26.53	75.51	—	28.57
4 月覆盖较农民习惯增加/ %	50.27	58.29	80.75	—	48.13

2.3 不同水土保持措施配合平衡施肥对土壤水分的影响

在各个时期,水土保持措施配合平衡施肥的土壤各层水分都高于农民习惯,其中以经济植物篱配合平衡施肥为最高。1 ~ 4 月土壤水分较低,4 月土壤水分开始上升,0 ~ 20 cm 到 6 月达到最高值,20 ~ 40 cm 到 7 月达到最高值,8 月开始维持到一个水平。土壤水分与各月降雨量、覆盖度成正相关关系。(见图表 1- 图表 4)。

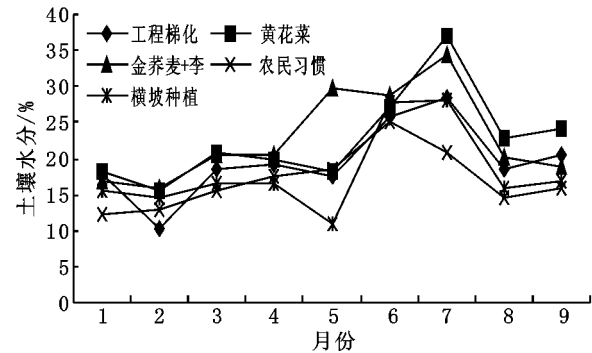


图 1 不同水土保持措施配合平衡施肥对 0 ~ 10 cm 土壤水分的影响

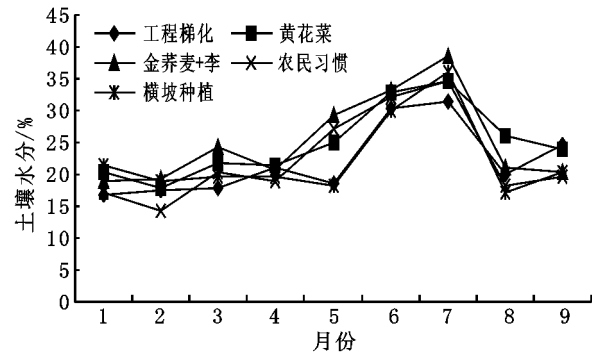


图 2 不同水土保持措施配合平衡施肥对 10 ~ 20cm 土壤水分的影响

2.4 不同水土保持措施配合平衡施肥的增产效果

经济植物篱 1 (黄花菜) 处理尽管经济植物篱占据一定的耕地,减少了玉米的播种面积,但玉米产量却明显高于农民习惯种植方式,增产 52.03 %,同时经济植物篱 1 (黄花菜)

还可以收获黄花菜 2 685 kg/ hm<sup>2</sup>。人工梯化、横坡种植的玉米产量也较农民习惯有一定增产,增产率达 23.04 % ~ 29.50 %。经济植物篱 1 (金 + 李) 由于今年是李树种植的第五年,李树已长大,对玉米遮阴和争抢养分作用较大,玉米产量出现负增长,但李树已有开始结果,产量为 5 625 kg/ hm<sup>2</sup>,同时收金荞麦 8 190 kg/ hm<sup>2</sup> (见表 8)。

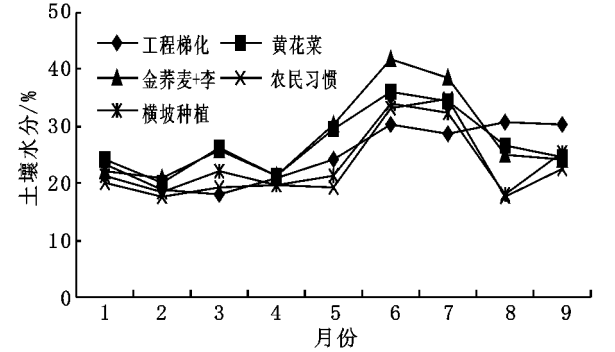


图 3 不同水土保持措施配合平衡施肥对 20 ~ 30 cm 土壤水分

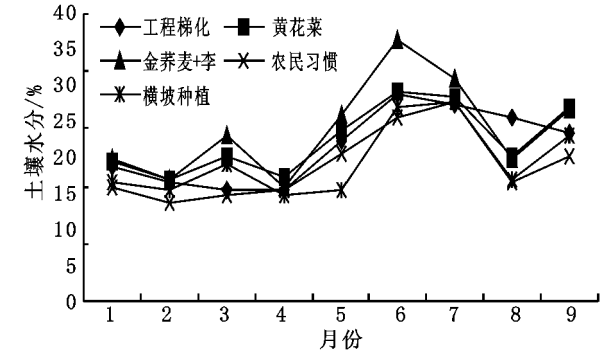


图 4 不同水土保持措施配合平衡施肥对 30 ~ 40 cm 土壤水分的影响

表 8 不同水土保持措施配合平衡施肥对玉米产量的影响

处理	玉米籽粒/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	差异显著性/ 5 %	较农民习惯增加/ %
黄花菜	6015	a	52.03
横坡种植	5123	ab	29.50
人工梯化	4868	ab	23.05
农民习惯	3956	b	—
金十李	3308	b	- 16.38

玉米籽粒 :LSR<sub>0.05</sub> = 2 012.64 LSR<sub>0.01</sub> = 2 851.24

2.5 不同水土保持措施配合平衡施肥对玉米经济性状的影响

在肥力低下的坡耕地上,平衡施肥对满足作物生长的养分需求,促进作物生长,尤其显得作用,平衡施肥配合经济植物篱 1 (黄花菜),玉米的株高、茎粗、穗位叶长、宽、穗长、穗粗、穗粒数等都比农民习惯有一定数量的增加,经济性状得到改善,横坡种植和其它水土保持措施配合平衡施肥处理玉米经济性状也比农民习惯种植方式优 (表 9)。

表 9 不同水土保持措施对玉米经济性状的影响

	株高	穗位高	茎粗	穗位叶	穗位叶	穗长	壳顶长	穗粗	穗粒数
	/ cm	/ cm	/ cm	长/ cm	量/ cm	/ cm	/ cm	/ cm	/ 粒
人工梯化	202	60	1.83	69.8	8.2	15.5	3.2	4.5	356
黄花菜	203	59	1.93	69	8.6	16.7	0.97	4.3	477
金十李	183	53	1.60	66	8.2	15.2	2.23	4.2	349
农民习惯	181	42	1.65	56	8.2	15.3	2.9	4.2	217
横坡种植	202	59	1.76	68	8.6	16.5	1.1	4.3	424

2.6 经济效益分析

试验结果的经济效益分析由试验的投入及产出两大部

分组成。投入包括肥料、种子、劳力。产出是指玉米、玉米秸秆、李、金荞麦、黄花菜的收入。其经济效益分析的结果见(表 10)。

尽管今年玉米价格有所增加,但肥料等生产资料价格也在增加,单纯种植玉米的收入还是比较低,农民习惯种植玉米纯收入为 3 246 元/ hm<sup>2</sup>,横坡种植和人工梯化配合平衡施肥提高了玉米产量,纯收入较农民习惯提高 45. 10 % ~ 45. 75 %。经济植物篱技术种植玉米,或者既提高了玉米产量,同时经济植物篱价格高;或者玉米产量虽然有所下降,但经济植物篱产量高,价格也高。如:黄花菜、李的价格都为 2. 00 元/ kg,较玉米的 1. 40 元/ kg,增加 42. 86 %。

经济植物篱处理的纯收入大大高于其它 3 个处理,经济植物篱纯收入较农民习惯增加 8 546 元/ hm<sup>2</sup> ~ 8 628 元/ hm<sup>2</sup>,增长 263. 28 % ~ 265. 70 %。

3 结 论

(1)地表径流与降雨量成一定正相关关系,土壤侵蚀量却不一定与降水量成正相关关系,它还与地表覆盖度有关。在降水集中的月份,尤其要重视采取经济植物篱等拦截,阻挡水土流失,同时要重视促进作物生长,增大地表覆盖度,有效防治水土流失。

(2)在土壤肥力低下的坡耕地上,采取经济植物篱和工程梯化水土保持措施结合平衡施肥,可明显防治水土流失,其减少地表径流和土壤侵蚀作用从大到小顺序为:黄花菜 + 平衡

施肥 > 金荞麦 + 李树 + 平衡施肥 > 工程梯化 + 平衡施肥 > 横坡种植 + 平衡施肥 > 农民习惯。

表 10 经济效益分析		元 / hm <sup>2</sup>				
		工程梯化	黄花菜	金十李	农民	横坡种植
投入	肥料	1985	1985	1985	2085	2363
	种子	302	302	302	360	360
	劳力	140	155	360	140	140
	总投入	2427	2442	2647	2585	2863
收入	玉米籽粒	6815	8421	4631	5538	7172
	玉米秸秆	322	523	295	293	422
	黄花菜	0	5370	0	0	0
	金十李	0	0	7875	0	0
	金荞麦	0	0	1638	0	0
总收入		7137	14314	14439	5831	7594
纯收入		4710	11872	11792	3246	4731
纯收入较农民习惯/ %		45. 10	265. 74	263. 28	—	45. 75
产投比		2. 94	5. 86	5. 45	2. 26	2. 65

注:有机肥 0. 05 元/ kg,过磷酸钙 0. 24 元/ kg,氯化钾 1. 00 元/ kg,石灰 0. 05 元/ kg,玉米 1. 40 元/ kg,玉米秸秆 0. 2 元/ kg,黄花菜 2. 00 元/ kg,尿素 1. 75 元/ kg,李 2. 00 元/ kg,金荞麦 0. 20 元/ kg。

(3)从增加农民收入来看,经济植物篱技术配合平衡施肥明显高于横坡种植、工程梯化配合平衡施肥和农民习惯种植。

(4)因此坡地农业的可持续发展,必须水土保持和平衡施肥相结合,走果 - 粮 - 草 - 畜产业结构调整的道路。试验再一次证明,经济植物篱配合平衡施肥可维护坡耕地的可持续利用。

(上接第 247 页)

参考文献:

[1] Skidmore E L, Powers D H. Dry soil-aggregate stability:energy-based index[J]. Soil Sci Soc. Am.J., 1982, 46:1274 - 1278.

[2] 张华,李锋瑞,张铜会,等. 春季裸露沙质农田土壤风蚀量及变异特征[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 29 - 32.

[3] 董治宝,陈渭南,董光荣,等. 植被对风沙土风蚀作用的影响[J]. 环境科学学报, 1996, 16(4): 442 - 446.

[4] Bressolier C, Thomas Yves - F. Studies on wind and plant interactions on French Atlantic coastal dunes[J]. Journal of sedimentary petrology, 1979, 47(1): 331 - 338.

[5] Oosterhoorn M, Kappelle M. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest[J]. Forest Ecology and Management, 2000, 126:291 - 307.

[6] Wang H. Study on the effects of construction in windbreak and sand fixation system in Jingtai irrigated area[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 1997, 32(3): 238 - 243.

[7] Yu X Z, Qu B S, Shen X D. Wind tunnel simulation of sheltering effect of shelterbelts on sand[J]. Aerodynamic Experiment and Measurement & Control, 1991, 5(4): 46 - 52.

[8] 丰宁县水利局. 丰宁水利志[M]. 保定:团结出版社, 1995. 12.

[9] Bagnold R A. The Physics of Blown Sand and Desert Dunes[M]. London: Methuen, 1941.

[10] Lee J A. The role of desert shrub size and spacing on wind profile parameters[J]. Physical Geography, 1991, 12(1): 72.

[11] 吴正,等. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[12] 孙保平. 荒漠化防治工程学[M]. 北京:中国林业出版社, 2000.

[13] 董光荣,李长治,金炯,等. 关于土壤风蚀风洞模拟实验的某些结果[J]. 科学通报, 1987, 32(4): 297.

[14] Wasson R J, Nanninga P M. Estimating wind transport of sand on vegetated surface[J]. Earth Surface Surface Processes and Landforms, 1986, 11(4): 505.

[15] 张春来,邹学勇,董光荣,等. 植被对土壤风蚀影响的风洞实验研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 31 - 33.

[16] 董治宝,陈渭南,李振山,等. 植被对土壤风蚀影响作用的实验研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(2): 1 - 8.