

经济植物篱和增施钾肥综合效益研究

陈 一兵, 林超文, 黄晶晶

(四川省农业科学院土壤肥料研究所, 成都 610066)

摘 要: 采用能量分析的方法研究了坡耕地植物篱和施钾对土地生产力的影响, 研究结果表明“经济植物篱+ 横坡种植”模式减少水土流失 66.0%, 耕地生产系统产出能提高 17%, 输入能总量增加 50%, 有机输入能增加 117.6%, 提高耕地光能利用率 17.6%; 作物系统的能量产投比提高 16.1%; 在作物生长中后期, 提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 3.8% 和 10.2%。植物篱结合钾肥情况下, 分别提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 6.3% 和 22.4%, 产值增加 38.3%, 纯收入增加 46.6%, 产投比增加 20.9%, 劳动生产率增加 20.3%。钾肥和植物篱之间存在显著正互作效应。
关键词: 施钾; 植物篱; 系统能
中图分类号: S143.3; S181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2006)03-0047-03

Study on Synthetical Benefit of Alley Cropping and Potassium Application
CHEN Yi-bing, LIN Chao-wen, HUANG Jing-jing
(Soil and Fertilizer Institute, Sichuan Academy of Agricultural Science, Chengdu 610066, China)

Abstract: The effect of hedgerow and K application on land productivity on sloping lands are studied by using energy analysis. The result shows that cropping system of “hedgerow + contour cultivation” reduces soil and water losses by 66.0%, while output energy, total input energy, organic input energy and efficiency of light energy utilization of system increases 17.0%, 50.0%, 117.6% and 17.6%, respectively. The energy input-output ratio of cropping system increases 16.1%. During the middle and later growing stage, the leaf area of groundnut and sweet potato increases 3.8% and 10.2%, respectively. Potassium application based on alley cropping improves the growth of crops, the leaf area of two crops increases 6.3% and 22.4%, respectively, and value 38.3%, net return 46.6%, input-output ratio 20.9%, labor productivity 20.3%. Therefore, there is significant positive interaction between alley cropping system and potassium fertilization.
Key words: potassium application; alley cropping; system energy

氮、磷、钾配合施用, 是一项提高旱地作物产量和品质的重要举措^[1,2], 而经济植物篱在旱坡地控制水、土、肥流失方面和提高经济效益方面作用非常显著^[3~5]。四川盆地中部紫色丘陵雨养农区, 旱坡地所占比重大, 坡陡土壤瘠薄; 加之降水时空分布不均, 干旱频繁, 水土、肥流失十分严重^[6]。为此, 我们进行了本项研究, 其目的在于通过研究配方施肥和经济植物篱之间的相互影响, 以及两者对作物的综合影响, 促进旱坡地持续农业管理技术体系完善, 提高该区域农业产量和经济效益。

1 材料与方法

本试验布设在四川省简阳县东溪镇新胜村, 海拔 351 m, 年降雨量为 890 mm, 主要(80%) 分布在 6~9 月间。年均温 17.8℃, 最低-4℃, 最高 38.5℃。地貌为浅丘, 平坝坡度约 0~14%, 坡地坡度约 15%~30%; 小区面积为 5 m×30 m, 试验地坡度 21%, 供试土壤为侏罗纪蓬莱镇组母质发育的棕紫泥, 质地沙壤, 其化学性质见表 1。

表 1 土壤化学性质													mg/kg
pH	O. M/ %	Ca	Mg	N	K	P	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
8.0	0.35	498	341	7.8	9.3	11.2	14.1	0.7	1.8	12.9	6.4	1.1	

试验处理: 传统农民种植方式(T₁), 顺坡种植, 种植方式为

麦/花/薯; 植物篱模式(T₂), 横坡种植+植物篱, 种植方式为麦/花/薯; 植物篱优化模式(T₃): 横坡种植+植物篱+增用钾肥, 种植方式为小麦+大麦/花/薯。不同处理施肥量见表 2。

表 2 不同处理施肥量表												kg/hm ²
作物	T ₁				T ₂				T ₃			
	PM*	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	PM*	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	PM*	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
花生	80	80	1500	80	80	1500	80	80	90	1500		
甘薯	60	60	-	-	60	60	-	-	60	60	65	1500
小麦	150	75	-	3000	150	75	-	3000	150	75	120	3000

注: * 表示猪粪水。

供试品种及栽培方式: 小麦为川麦 28, 11 月上旬播种, 行窝距为 23.3 cm×13.3 cm(小区 2 按农民方式种植), 5 月中旬收获; 花生为当地品种, 4 月下旬播种, 8 月下旬收获; 甘薯为徐薯 18, 6 月中旬移栽, 密度 45 000 株/hm², 11 月上旬收获; 植物篱为黄花梨和黄花, 梨树种植于行间, 株距为 1 m, 而黄花间距为 13.3 cm×13.3 cm(两行为一个植物篱带)。植物篱宽为 1.3 m, 植物篱间距为 5.7 m。梨树为 3 年生幼树。

土壤水分采用便携式田间水分仪测定。叶面积用照相机并通过 Photoshop 计算点阵取得。

每次降雨后测定径流量, 并取 1 L 混合样过滤烘干计算流

失的泥沙量,用常规方法分析过滤水样和烘干泥沙中的养分。

详细记载各小区各作物投工、投肥、投药量和其他所有农事活动,并收集、测定枯枝落叶重量。各小区植物篱间种植的作物收获时,对茎叶和籽粒分别称重,然后各取样 2 和 0.5 kg,置于烘箱内在 80℃下烘 2 h,其间翻动 2 次,然后升至 105℃烘 6 h 称重,以此算出小区经济产量和生物产量^[7]。并根据折能系数计算收获物各部分含能量^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式对水、土、肥流失的影响

无论 T₂ 处理或 T₃ 处理与 T₁ 处理比较,都可以极显著减少土壤流失、径流量和氮和磷的流失量(见表 3),由此可以清楚地了解到经济植物篱+ 横坡种植模式对控制水土流失的巨大作用;钾的流失量随着施用量的增加而增加。

2.2 不同种植模式对耕地能效率的影响

2.2.1 产出能

根据各小区生物产量和经济产量,计算出各系统产出能(表 4)。从表 4 可以看出,旱坡地种植植物篱后,耕地生产系统产出能提高了 17% 以上;在此基础上增施钾肥以后,产出能还可以提高 3%。这是因为在旱坡地上植物篱的生态功能得以充分发挥;另外,由于耕作位移和耕作侵蚀在有经济植物篱情况下能加速梯台地形成,从而改变土层厚度提变保水能力^[9,10],最终导致总产出能提高。因此,尽管它播幅所占比重小,但对全田产出能水平有重大影响。钾有助于光合作用产物的积累,有助于提高作物生物产量和经济产量,最终导致耕地输出能提高。

2.2.2 输入能

输入能数量和结构的变化主要受到植物篱类型的影响,而受坡度影响较小(见表 5)。研究结果表明,当耕作模式中

纳入植物篱后,输入能总量增加 50% 以上,输入能的大量增加主要是因为有机能输入的大量增加,Q₂、Q₃ 有机输入能比 Q₁ 增加 117.6%。有机能的增加是因为栽种果树需要施入大量有机肥,果树尤其是落叶果树的枯枝落叶也是重要的有机肥源;与此同时,无机能的输入量却有下降,Q₂、Q₃ 比 T₁ 下降 6.0% 和 5.8%。显而易见,作为植物篱的果树提高了有机肥施用量,优化了输入能结构,对于促进坡地生态系统良性循环、促进农业生产持续稳定发展具有十分重要的意义。

表 3 不同种植模式土壤流失、径流量和氮、磷、钾的流失量

项目	T ₁	T ₂	T ₃	T ₂ 与 T ₁ 比较/%	T ₃ 与 T ₁ 比较/%	
				T ₂ vs. T ₁	T ₃ vs. T ₁	
土壤流失/(kg · hm ⁻²)	1760	1060	1140	- 66.0	- 54.4	
径流量/(kg · hm ⁻²)	23964	12687	12708	- 88.8	- 88.6	
径流中/(g · hm ⁻²)	全氮	26.60	16.24	17.41	- 63.8	- 52.8
	全磷	3.33	1.65	1.78	- 101.8	- 80.1
	有效钾	28.75	16.50	33.05	- 74.2	13.0
失土壤中/(g · hm ⁻²)	全氮	2428.80	2416.80	1938.00	- 0.9	- 25.3
	全磷	1425.60	1261.40	1254.00	- 13.0	- 13.7
	有效钾	526.24	484.42	556.32	- 8.6	5.4
流失总量/(g · hm ⁻²)	全氮	2455.4	2433.04	1955.41	- 0.9	- 25.6
	全磷	1428.93	1263.05	1264.83	- 13.1	- 13.0
	有效钾	554.99	500.92	589.37	- 10.8	5.8

表 4 作物—植物篱系统产出能分析 10⁶ J/hm²

	作物产出能(N ₁)				植物篱产出能(N ₂)				产出能(P)	±/%
	主产物	副产物	小计	N ₁ /P	主产物	副产物	小计	N ₂ /P		
T ₁	69590	67130	136720	1.00					136720	
T ₂	61229	57246	118475	0.74	26138	15927	42065	0.26	160540	17.4
T ₃	62310	58113	120423	0.73	28210	15823	44033	0.27	164456	20.3

表 5 作物—植物篱系统输入能分析 10⁶ J/hm²

处理	项目	有机能(M ₁)				无机能(M ₂)				年太阳辐射能(E)	输入能(Q _i)	
		种子	人工	有机肥	小计	机械	化肥	农药	小计		总量	±%
T ₁	总和	22316	13985	28690	64991	4733	35100	3624	43457	37620	146068	0
	作物	22316	13985	28690	64991	4733	35100	3624	43457	37620	146068	
T ₂	总和	5478	13947	122013	141438	3439	33710	3696	40845	37620	211903	50.6
	作物	5478	8619	23143	37240	2762	27867	2679	35308	37620	110168	
	植物篱	0	5328	98870	104198	677	1017	7537	37620	149355		
T ₃	总和	5478	13947	122013	141438	3439	3696	40952	37620	220010	50.6	
	作物	5478	8619	23143	37240	2762	2679	35431	37620	110291		
	植物篱	0	5328	98870	104198	677	5950	7644	37620	149462		

2.2.3 能量转化效率

植物将有效光辐射能转化为生物能的效率称为光能利用率,光能利用率是系统生产过程和结果的综合反映。由于植物篱保水固土,为作物高效利用光能创造了有利条件,同时,由于植物篱和作物的冠层及根系在形态和空间分布上的异质性,形成了对光、热、水、土、肥等资源的连续、多层次的利用^[11,12],因此,植物篱能有效提高坡地“作物—植物篱”系统的光能利用率,也就是说,系统能流朝着有利于生物产量形成方向进行。本项研究表明:栽种植物篱后,可以提高耕地光能利用率(P/E),与 T₁ 比较,T₂ 提高 17.6%,T₃ 提高 20.4%。

由于栽种果树能量(主要是有机肥能)投入高,而果树又因尚未进入盛果期产量水平也不高而果树本身又必须占据一部分生存空间,因此不仅果树系统能量产投比(N₂/Q₃)低,而且导致整个系统能量产投比(P/Q₁)下降,与 T₁ 比较,T₂ 和 T₃ 降幅分别是 19.1%、20.2%;但是,由于果树导致整个系统输入能大幅度增加,这为与其间作的作物生长发育提供了良好的条件,使作物系统的能量产投比(N₁/Q₂)大幅度提高,增幅分别达到 16.1%、17.2%。T₃ 与 T₂ 比较,可以看出钾肥效果:光能利用率(P/E)提高 2.8%,作物系统的能量产投比(N₁/Q₂)提高 0.9%,植物篱系统的能量产投比

N₂/Q₃ 提高 3.6%。

2.3 不同种植模式对作物叶部性状的影响

由于 T₂、T₃ 中植物篱占用了一部分(20%)耕地面积,因此在作物生长初期单位面积总叶片数等指标都低于对照,但在作物生长中、后期,植物篱效果和钾肥效果逐渐显现(表 7、表 8):例如在 7 月上旬,植物篱分别提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 3.8% 和 10.2%(T₂ 与 T₁ 比较)^[13,14],钾肥分别提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 2.4% 和 11.1%(T₃ 与 T₂ 比较),植物篱结合钾肥情况下,分别提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 6.3% 和 22.4%(T₃ 与 T₁ 比较),这有利于促进作物的光合作用,提高作物的产量。

表 6 不同种植模式系统能量转化效率分析

处理	P/E		P/Q ₁		N ₁ /Q ₂		N ₂ /Q ₃	
	比值	±/%	比值	±/%	比值	±/%	比值	±/%
T ₁	3.63		0.94	0	0.93	0		
T ₂	4.27	17.6	0.76	- 19.1	1.08	16.1	0.28	0
T ₃	4.37	20.4	0.75	- 20.2	1.09	17.2	0.29	3.6

注: P: 总产出能; E: 年太阳辐射能; N₁: 作物产出能; N₂: 植物篱产出能; Q₁: 总输入能; Q₂: 作物系统输入能; Q₃: 植物篱系统输入能。

2.4 产量和效益分析

植物篱对于与其间套作的其他作物的相互影响和作用是相当复杂的。一方面植物篱保水保肥保土促进作物生长发育提高产量,另一方面,植物篱特别是较高的植物篱也会与相邻的作物争光、争水、争肥,而且植物篱占用了一部分

耕地面积,这些因素会导致单位面积的其他作物产量下降。但是,如果加上植物篱的产量,那么,整个“植物篱—作物”系统的产量则要比单纯的作物系统产量要高得多(表 9),其原因在效率分析一节已作了详细分析。通过 T₃ 与 T₂ 比较,可以看到钾肥的增产效果,其中甘薯产量提高 10.8%。

表 7 不同种植模式对花生叶部性状的影响

处理	5 月中旬					6 月中旬					7 月上旬				
	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>d</i>
T ₁	14.7	10.1	205.5	2076.0	0.21	52.1	14.0	399.0	5586.0	0.56	58.1	18.0	436.5	7857.0	0.79
T ₂	17.4	8.2	151.5	1243.5	0.12	58.0	14.3	429.0	6135.0	0.61	61.4	17.4	469.5	8169.0	0.82
T ₃	14.9	10.2	145.5	1483.5	0.15	56.4	14.4	441.0	6351.0	0.64	60.0	17.7	475.5	8416.5	0.84

注: *n* 每株平均叶片数; *s* 平均每片叶叶面积(cm²); *N* 每公顷总叶片数(万); *S* 每公顷总叶面积(m²); *d* 叶面积指数。

表 8 不同种植模式对甘薯叶部性状的影响

处理	6 月下旬					7 月中旬					7 月上旬				
	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>d</i>	<i>n</i>	<i>s</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>d</i>
T ₁	23.7	24.1	133.5	3217.5	0.32	41.6	24.6	181.5	4465.5	0.45	46.1	25.4	193.5	4915.5	0.49
T ₂	25.7	26.4	106.5	2811.0	0.28	41.4	26.8	175.5	4704.0	0.47	47.8	25.7	211.5	5436.0	0.54
T ₃	24.0	26.7	111.0	2964.0	0.30	47.7	27.1	193.5	5244.0	0.52	48.4	27.3	220.5	6019.5	0.60

注: *n* 每株平均叶片数; *s* 平均每片叶叶面积(cm²); *N* 每公顷总叶片数(万); *S* 每公顷总叶面积(m²); *d* 叶面积指数。

表 9 植物篱定位试验不同处理的作物产量

作物	T ₁	T ₂	T ₃	kg/hm ² , 2003		
				T ₂ 与 T ₁ 比较/ %	T ₃ 与 T ₁ 比较/ %	T ₃ 与 T ₂ 比较/ %
				T ₂ vs. T ₁	T ₃ vs. T ₁	T ₃ vs. T ₂
花生	3104	2157	2344	- 30.5	- 32.4	7.9
小麦	3240	2791	2996	- 13.9	- 7.5	6.8
甘薯(鲜重)	13436	10041	11258	- 33.8	- 19.34	10.8
黄花	-	373	400	100.0	100.0	6.8
梨	-	6410	6900	100.0	100.0	7.1

研究结果表明,植物篱和增施钾肥都可以提高耕地综合效益(表 10): 在种植植物篱后(T₂ 与 T₁ 比较), 产值增加 38.3%, 纯收入增加 46.6%, 产投比增加 20.9%, 劳动生产率增加 20.3%; 在增施钾肥后(T₃ 与 T₂ 比较), 产值增加 8.3%, 纯收入增加 9.4%, 产投比增加 5.7%, 劳动生产率增加 7.9%; 而在种植植物篱和增施钾肥后(T₃ 与 T₁ 比较), 产值增加 49.8%, 纯收入增加 59.3%, 产投比增加 27.9%, 劳动生产率增加 29.7%, 钾肥和植物篱之间存在显著正互作效应。

3 小 结

在四川盆地中部紫色丘陵雨养农区,土壤瘠薄、水土、肥流失是旱坡地农业生产最主要的限制因子。研究结果表明:

(1) 经济植物篱+ 横坡种植模式减少水土流失 66.0%; 耕地生产系统产出能提高了 17% 以上, 输入能总量增加参考文献:

50% 以上, 有机输入能增加 117.6%, 优化了输入能结构; 可以提高耕地光能利用率 17.6%; 使作物系统的能量产投比提高 16.1%; 在作物生长中、后期, 提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 3.8% 和 10.2%, 植物篱结合钾肥情况下, 分别提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 6.3% 和 22.4%, 产值增加 38.3%, 纯收入增加 46.6%, 产投比增加 20.9%, 劳动生产率增加 20.3%。

表 10 植物篱定位试验不同处理效益分析 元/hm²

处理	投入统计					产值总计	纯收入	产投比	劳动生产率
	投工	投肥	投药	种苗	总计				
T ₁	3750	1910	180	600	6440	27861.6	21421.6	4.3	7.4
T ₂	4350	2100	300	600	7350	38539.4	31189.4	5.2	8.9
T ₃	4350	2375	300	600	7625	41745.6	34120.6	5.5	9.6

注: 效益计算价格(元/公斤)按: 花生 4.5、小麦 2.0、甘薯 0.6、黄花 4.5、梨 2.5、产投比: 产值/投入总计; 劳动生产率: 产值/投工。

(2) 钾的流失量随着施用量的增加而增加, 产出能提高 3%, 光能利用率提高 2.3%, 作物系统的能量产投比提高 0.9%, 植物篱系统的能量产投比提高 3.6%, 提高花生叶面积指数和甘薯叶面积 2.4% 和 11.1%, 甘薯产量提高 10.8%, 其他作物产量提高 6.8~ 7.9%。产值增加 8.3%, 纯收入增加 9.4%, 产投比增加 5.7%, 劳动生产率增加 7.9%。

(3) 钾肥和植物篱之间存在显著正互作效应。

[1] 张会民, 刘红霞. 钾对旱地冬小麦后期生长及籽粒品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(3): 73– 75.
[2] 郭清霞, 侯占领, 师小周. 褐土区甘薯氮、磷、钾配比试验与应用[J]. 土壤肥料, 2001(4): 40– 42.
[3] 陈一兵, 林超文, 朱钟麟. 经济植物篱种植模式及其生态效益研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 80– 83.
[4] 许 峰, 蔡强国, 吴淑安. 等高植物篱控制紫色土坡耕地侵蚀的特点[J]. 土壤学报, 2002(1): 71– 79.
[5] 陈一兵, 林超文, 何国亚. 经济植物篱对水土流失的影响[J]. 西南农业学报, 2001, 14(增刊): 48– 52.
[6] 邓良基, 凌 静, 张世熔. 四川旱耕地生产、生态问题及水土流失综合治理研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 8– 11.
[7] 广东省农业科学院. 大田作物科学试验方法[M]. 北京: 科学出版社, 1977. 83– 85.
[8] 刘巽浩. 能量投入产出研究在农业上的应用[J]. 农业现代化研究, 1984, (4): 15– 20.
[9] 尹迪信, 唐华彬, 朱 青. 植物篱逐步梯化技术试验研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(2): 84– 87.
[10] 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, 1998, 4(2): 54– 60.
[11] 邹超亚. 立体农业的概念与发展途径[A]. 中国高功能高效益耕作制度研究进展[M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 1990. 45– 59.
[12] 张恩和. 间套复合群体根系的时空生态位机制[A]. 面向 21 世纪的中国农作制[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1998. 287– 290.
[13] 李伟锋, 张保亮. 钾肥对花生生育影响及适宜钾用量研究[J]. 花生学报, 2004, 33(2): 30– 32.
[14] 梁东丽, 吴庆强. 施钾对花生养分吸收及生长的影响[J]. 中国油料作物学报, 1999, (2): 49– 51.