

香根草篱对红壤坡耕地坡面土壤酶活性的影响^①

武琳¹, 黄欠如^{1,2*}, 叶川^{1,2}, 成艳红², 钟义军¹, 章新亮¹, 孙永明²

(1 江西省红壤研究所, 南昌 331717; 2 国家红壤改良工程技术研究中心, 南昌 331717)

摘要:为研究香根草篱(*Vetiveria zizanioides*)对红壤坡耕地土壤酶活性的影响,以典型红壤坡耕地花生+草篱种植模式为研究对象,选取花生常规种植为对照,研究了花生关键生育期香根草篱对表层土壤(0~20 cm)酶活性的空间影响。研究发现:与花生常规种植相比,香根草篱可以明显提高坡面土壤脲酶、蔗糖酶与过氧化氢酶的含量;栽培植物篱后,坡面土壤脲酶、蔗糖酶与过氧化氢酶活性表现出篱前含量增高,篱下含量降低,形成水平带状分布规律。从花生出苗期-结荚期-成熟期,土壤脲酶、蔗糖酶与过氧化氢酶活性均呈现先增后减的趋势,其中以结荚期较高。采样点与土壤脲酶、蔗糖酶活性呈显著线性相关,3种土壤酶之间的相关性也都达到了显著相关。

关键词:植物篱;红壤坡耕地;土壤酶活性

中图分类号: S154.3

土壤作为“类生命体”,几乎所有的生物化学反应都是由酶驱动的。土壤酶在土壤生态系统的物质循环和能量转化中起着非常重要的作用,它催化土壤中的一切生物化学反应^[1]。土壤酶的活性与作物产量和土壤管理措施之间有一定关系,与土壤肥力关系更为密切^[2]。酶学方法和酶的活性指标可以广泛应用于评价土壤肥力,同时,还可以用它来评价各种农业措施和肥料的效果^[3]。从水土保持的角度来讲,土壤酶活性的变化一定程度上反映了水土流失的机理和作用方式。近年包括我国在内的世界各地热带至温带以山区为主的水土流失地区,以坡地等高植物篱技术(contour hedgerows)应用为代表的坡地生态工程获得了广泛运用。坡耕地等高植物篱-农作系统在减少土壤侵蚀、增加系统产出和降低投资等方面都有非常好的效果^[4],植物篱对提高土壤养分循环和控制养分流失的效果也很明显,植物篱技术可改善土壤理化性质,提高土壤肥力^[5]。目前国内研究主要集中在植物篱控制、减少水土流失的机理及不同植物篱的生态经济效益方面,而对于种植植物篱对坡面土壤酶活性的相关报道极少。本研究旨在探讨花生+香根草植物篱耕作模式下植物篱对花生关键生育期红壤坡耕地表层土壤酶活性影响,为红壤坡耕地的综合利用、改造提供有效措施及新的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

本试验在江西省红壤研究所水土保持试验站内进行。该试验点的地理位置为116°20'24"N, 28°15'30"E,气候温和、雨量丰富、日照充足、无霜期长,属中亚热带季风气候,年均降雨量1537 mm,年蒸发量1100~1200 mm;干湿季节明显,3—6月为雨季,降雨量占全年雨量61%~69%;7—9月为旱季,蒸发量占全年蒸发量的40%~59%;年均气温17.7℃~18.5℃,最冷月气温(1月)为4.6℃;最热月(7月)平均气温一般在28.0℃~29.8℃。地形为典型低丘(海拔高度25~30 m)。土壤为第四纪黏土母质发育的红壤旱地,pH 5.0,有机质16.2 g/kg,全氮1.93 g/kg,全磷0.66 g/kg,有效磷(Olsen-P)6.8 mg/kg,全钾1.39 g/kg。

1.2 试验设计

样地坡度为10°。试验共选取6个径流小区,小区面积120 m²(5 m×24 m)。设置2种不同处理,花生常规种植(对照)与花生+草篱种植模式,每处理3个重复。在相应草篱小区顺坡间隔8 m种植1条香根草(*Vetiveria zizanioides*)篱,每条篱带2行,株距×行距为50 cm×50 cm,株高控制在80~100 cm之间。

基金项目:国家“十一五”科技支撑项目(2009BAD6B01)、“十二五”国家科技支撑计划重点项目(2011BAD41B01)和“十二五”国家科技支撑计划重点项目(2011BAD31B04)资助。

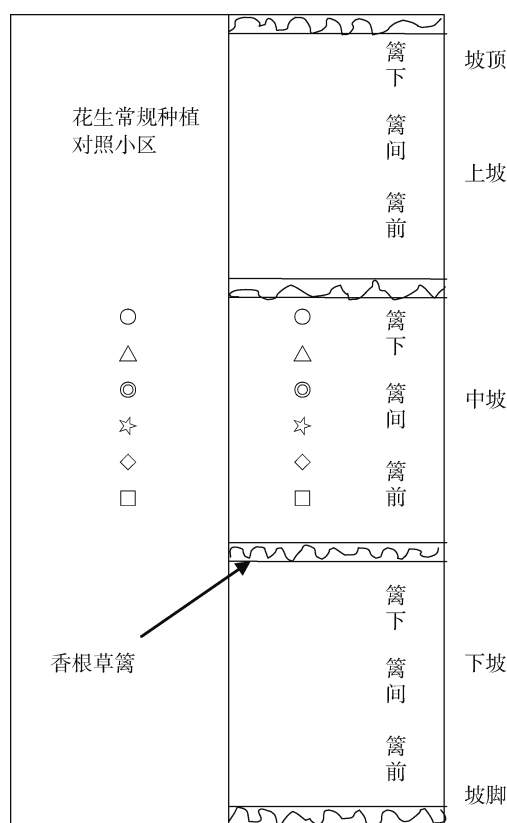
* 通讯作者(qianruhuang@163.com)

作者简介:武琳(1983—),女,山西长治人,硕士,助理研究员,主要研究方向为水土保持。E-mail: zyjwl2004@163.com

花生品种选用进贤多粒土花生,种植密度为 $33\text{ cm} \times 20\text{ cm}$, 2011 年 4 月 12 日播种, 8 月 25 日收获。

1.3 取样方法

在花生生长的出苗期、结荚期和成熟期等期间, 于上述 6 个标准径流小区内, 用土样采集器沿等高线方向, 取各有植物篱小区顺坡第二条植物篱带下沿 $0.33, 1.66, 2.99, 4.33, 5.66, 6.99\text{ m}$ 处(相对应于种植花生的第 1, 5, 9, 13, 17, 21 行)花生种植株间 $0 \sim 20\text{ cm}$ 土层的土壤为土样, 每个小区 6 个采样点, 每个采样点为小区内水平 3 点的混合样, 以保证样品的代表性, 在对照区相同位置取样作为对照样, 采样设计见图 1。采样后去除土壤中植物残体及石块等, 4°C 下保存测定土壤酶活性。



(○, △, ●, ☆, ◇, □ 为采样点, 分别距顺坡第二条植物篱带下沿 $0.33, 1.66, 2.99, 4.33, 5.66, 6.99\text{ m}$)

图 1 试验小区设置及采样点布置图

Fig. 1 Treatment and sampling point layout of field experiment

1.4 测定方法

土壤脲酶活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法测定, 以 24 h 后 1 g 土壤中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的毫克数表示; 蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定, 以 24 h 后 1 g 土壤葡萄糖的毫克数表示; 过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定, 以 20 min 后 1 g 土壤的 0.1 mol/L 高锰酸钾的毫升数表示, 参考关松荫等^[6]方法。

用 Excel 2003 进行数据分析及作图, SPSS 16.0 数据处理软件进行方差分析及相关性分析。

2 结果与分析

土壤微生物和土壤酶共同推动着土壤的代谢过程, 二者的活性密切相关。酶作为土壤的组成部分其活性大小可以较敏感地反映出土壤中生化反应的方向和强度^[7]。

2.1 香根草篱对土壤脲酶活性的影响

脲酶是土壤中唯一对尿素水解起重要作用的关键性酶类, 尿素施入土壤后, 在土壤脲酶的作用下, 经由氨基甲酸水解成 NH_3 , 再经质子化转变为 NH_4^+ , 成为植物可以利用的有效态氮, 其活性可以用于表示土壤的氮素供应状况。脲酶活性与土壤的微生物数量、有机质含量、全氮和速效氮含量呈正相关^[8]。

由表 1 可知, 植物篱可明显提高坡面土壤脲酶活性, 有植物篱小区各采样点的酶活均显著高于相应对照小区, 如花生生长苗期有篱小区平均脲酶活性为 $38.46\text{ mg}/(\text{g} \cdot 24\text{ h})$, 对照小区平均脲酶活性为 $30.65\text{ mg}/(\text{g} \cdot 24\text{ h})$, 有植物篱小区增幅达 25.50% 。原因是对照小区坡顶土壤流失情况严重, 坡面径流携带部分土壤细颗粒物向坡下运动, 使得表层土壤养分含量显著减少; 而香根草具有强大的根系, 在坡地上会形成致密的根结性植物篱, 可以有效拦截径流, 减缓径流速度, 减少土壤侵蚀。坡面下部采样点的酶活性平均高于坡面上部采样点的, 如花生生长结荚期有植物篱小区篱前 6.99 m 处采样点的脲酶活性为 $60.60\text{ mg}/(\text{g} \cdot 24\text{ h})$, 篱下 0.33 m 处采样点的脲酶活性为 $37.33\text{ mg}/(\text{g} \cdot 24\text{ h})$, 增幅达 62.34% 。一方面坡面径流减少了篱下土壤养分含量, 另一方面植物篱的水土保持作用阻滞了坡面径流和拦截了侵蚀泥沙, 显著减少土壤侵蚀, 使得坡面下部土壤养分富集, 因此坡面下部的酶活性较坡面上部显著提高, 且篱前距离植物篱带最近采样点处的土壤酶活性明显比其他采样点高^[9-10]。

出苗期开始, 气温逐渐回升, 花生进入快速生长期, 根系逐渐发达, 分泌旺盛, 脲酶的活性迅速增强, 至结荚期达到最大, 成熟期后营养器官缓慢衰老, 根系分泌物减少, 脲酶活性缓慢下降, 但仍高于苗期的水平。

2.2 香根草篱对土壤蔗糖酶的影响

土壤蔗糖酶是参与土壤有机碳循环的酶, 蔗糖酶活性与土壤中的腐殖质、水溶性有机质和黏粒的含量以及土壤微生物的数量及其活动呈正相关, 常用来表征土壤的熟化程度和肥力水平^[11]。

从表 2 可以看出，种植植物篱对坡面土壤蔗糖酶活性的提高效果非常明显。比较植物篱小区中不同位置土壤蔗糖酶活性，篱前高于篱下。篱前土壤蔗糖酶活性的提高，不仅与植物篱的阻滞减少了由径流与侵蚀泥沙携带的养分损失密切相关，还与香根草根系的腐解及对土壤团聚体的改善密不可分^[12]。植物篱对坡面土壤蔗糖酶活性的影响呈现出与土壤脲酶相似的分布规律。

表 1 香根草篱对土壤脲酶活性的影响(mg/(g·24h))
Table 1 Effects of *Vetiveria zizanioides* hedgerows on urease activity

采样点 (m)	苗期		结荚期		成熟期	
	CK	草篱	CK	草篱	CK	草篱
0.33	29.12 b CD	31.66 c BC	29.61 c CD	37.33 c AB	23.97 c D	39.81 d A
1.66	29.38 b C	36.43 bc B	38.56 b B	45.88 b A	28.57 bc C	37.22 cd B
2.99	31.34 ab C	40.06 ab AB	38.79 b B	47.39 b A	29.87 bc C	41.36 cd AB
4.33	31.47 ab B	36.80 bc B	46.86 a A	52.71 ab A	37.18 ab B	46.61 bc A
5.66	30.55 ab E	40.26 ab D	49.46 a BC	56.85 a A	45.94 a C	51.83 ab AB
6.99	32.01 a C	45.54 a B	53.48 a A	60.60 a A	44.31 a B	54.82 a A
变异系数	0.049	0.137	0.207	0.174	0.266	0.159

注：同列数据后小写字母不同表示相同处理同一生长期不同采样点之间差异达显著水平($P < 0.05$)；同行数据后大写字母不同表示同一采样点不同生长期不同处理之间差异达显著水平($P < 0.05$)，下同。

表 2 香根草篱对土壤蔗糖酶活性的影响(mg/(g·24h))
Table 2 Effects of *Vetiveria zizanioides* hedgerows on sucrase activity

采样点 (m)	苗期		结荚期		成熟期	
	CK	草篱	CK	草篱	CK	草篱
0.33	162.05 c C	194.08 b BC	243.89 c B	345.48 c A	245.90 d B	311.60 c A
1.66	183.50 bc E	230.09 b DE	303.07 bc BC	357.85 c AB	278.66 cd CD	368.10 bc A
2.99	207.43 abc C	243.82 b C	349.48 ab AB	410.77 bc A	323.90 bc B	409.13 ab A
4.33	238.18 ab B	359.48 a A	387.81 a A	435.89 b A	388.19 ab A	435.76 a A
5.66	268.59 a D	339.54 a C	373.94 a BC	519.36 a A	364.75 ab BC	426.70 ab B
6.99	263.09 a D	370.54 a C	408.98 a BC	505.97 a A	410.61 a BC	444.12 a AB
变异系数	0.234	0.266	0.188	0.176	0.206	0.139

随花生生育期的推进，两种不同处理表层土壤蔗糖酶活性总体变化趋势一致，结荚期 > 成熟期 > 出苗期。以对照小区为例，苗期各采样点平均蔗糖酶活性为 220.74 mg/(g·24h)，进入结荚期后增涨为 344.53 mg/(g·24h)，而成熟期下降为 335.34 mg/(g·24h)。可能是因为随土壤温度升高，微生物呼吸作用加强，肥料中的养分开始充分释放，导致酶活性随之增强。成熟期酶活性略有下降，则可能与土壤中肥料含量降低有关^[13]。

2.3 香根草篱对土壤过氧化氢酶的影响

过氧化氢对生物和土壤均具有毒害作用，是由生物呼吸过程和有机物的生物化学氧化反应产生，而土壤中的过氧化氢酶可促使过氧化氢分解为水和氧气，从而解除过氧化氢的毒害作用，其活性与土壤腐殖化强度大小和有机质的积累程度相关^[14]。

由表 3 可以看出，有植物篱小区各采样点土壤过氧化氢酶活性比相应对照小区高。在花生生长苗期，两种不同耕作措施下各采样点过氧化氢酶活性无

明显差异；进入结荚期和成熟期后植物篱小区过氧化氢酶活性变化趋势与脲酶、蔗糖酶活性变化一致。

随花生生育期的推进，两种耕作措施下土壤中过氧化氢酶的活性都呈现出先增高后降低的趋势，在结荚期达到最大。这是由于在结荚期随土壤温度升高，根及土壤的呼吸作用增强，有机物的氧化反应加快，过氧化氢酶的活性也随之增强。进入成熟期花生根系代谢活动逐渐减弱，过氧化氢酶的活性在成熟期逐渐降低^[15]，但较苗期仍略有提高。

2.4 土壤酶活性与香根草篱采样点之间的相关分析

从表 4 可看出，采样点与脲酶、蔗糖酶之间的相关性达到显著相关，相关系数分别为 0.619 与 0.594。主要由于香根草篱对表层土壤中泥沙流失具有显著的阻拦作用，利于有机质、土壤氮素、磷素等主要元素的积累和分解作用加强，有机质增多对提高土壤酶活性有很强作用，故相同处理下，篱前比篱下增加土壤酶活性的作用明显。这与林超文等人^[10]得出的

表 3 香根草篱对土壤过氧化氢酶活性的影响 (ml/(g.20min))
Table 3 Effects of *Vetiveria zizanioides* hedgerows on catalase activity

采样点 (m)	苗期		结荚期		成熟期	
	CK	草篱	CK	草篱	CK	草篱
0.33	12.26 a C	14.27 a BC	15.91 c AB	17.97 b A	14.54 ab BC	14.35 b BC
1.66	12.79 a C	14.04 a BC	16.69 bc AB	18.52 b A	14.93 a BC	16.20 ab AB
2.99	13.77 a C	13.71 a C	18.16 abc AB	19.68 ab A	14.33 ab C	15.44 ab BC
4.33	13.49 a B	14.72 a B	19.51 abc A	18.45 b A	14.30 ab B	15.25 ab B
5.66	14.56 a BC	15.44 a BC	22.11 a A	21.61 ab A	12.90 b C	17.14 ab B
6.99	13.55 a B	15.26 a B	21.61 ab A	23.45 a A	14.25 ab B	17.35 a B
变异系数	0.094	0.096	0.166	0.147	0.075	0.083

表 4 土壤酶活性与采样点的相关系数
Table 4 Correlation coefficients among soil enzyme activities and sampling points

	采样点	脲酶	蔗糖酶	过氧化氢酶
采样点	1.000	0.619**	0.594**	0.325
脲酶		1.000	0.867**	0.748**
蔗糖酶			1.000	0.700**
过氧化氢酶				1.000

注：n = 36；** 表示相关性达到 P < 0.01 显著水平。

土壤黏粒、土壤有机质、氮磷等主要元素在篱前富积，篱下加剧侵蚀的分布规律一致。同时 3 种土壤酶之间的相关性都达到了显著相关。这表明 3 种土壤酶在进行酶促反应时，不仅具有自身的专一性，还存在着一些共性，有着共性关系的酶类在总体活性程度上反映着土壤肥力水平的高低^[16]。

3 结论

与传统顺坡种植相比，在坡耕地-植物篱系统中，香根草篱能显著改善和提高坡面 0~20 cm 表层土壤脲酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性含量。栽培植物篱后，坡面土壤酶活性表现出篱前酶活升高，篱下酶活下降的分布规律。随花生生育期的推进，2 种耕作措施下 3 种土壤酶活性的变化趋势基本相同，即先升高后降低且在花生生长的旺盛时期达到峰值。采样点与脲酶、蔗糖酶之间的相关性达到显著相关，3 种土壤酶之间的相关性都达到了显著相关。由于土壤酶之间有很好的相关性，可以用酶活性总体来评价土壤肥力。

根据研究结果在土壤管理上应加强植物篱坡下土壤带的培肥，提高土壤肥力的均衡化和坡地的整体生产能力。植物篱技术作为一种保护性耕作措施，可实现坡耕地资源的有效改良与持续利用，具有巨大的应用推广潜力。

参考文献：

[1] 曾玲玲, 张兴梅, 洪音, 刘德福. 长期施肥与耕作方式对土

壤酶活性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2008(2): 27-30, 60
[2] 李淑高. 土壤酶与土壤肥力[A] // 中国土壤学会. 中国土壤的合理利用与培肥(下册)[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 37-42
[3] 王红, 周大迈. 土壤肥力分级的酶活性指标研究进展[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(5): 60-62
[4] 涂仕华, 陈一兵, 朱青, 郭云周, 朱钟麟. 经济植物篱在防治长江上游坡耕地水土流失中的作用及效果[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 1-5, 85
[5] 王玲玲, 何丙辉, 李贞霞. 等高植物篱技术研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 131-133
[6] 关松荫. 土壤酶学研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986
[7] 张星杰, 刘景辉, 李立军, 王智功, 王林, 苏顺和. 保护性耕作对旱作玉米土壤微生物和酶活性的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(1): 91-95, 100
[8] 杨鹏, 薛立, 陈红跃, 徐英宝, 彭耀强, 许松葵, 刘玉萍. 不同混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. 湖南林业科技, 2004, 31(4): 43-45
[9] 郭甜, 何丙辉, 蒋先军, 马云, 吴咏, 向明辉, 谌芸, 唐春霞. 紫色土区植物篱对坡面土壤微生物特性的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(5): 94-99
[10] 林超文, 庞良玉, 陈一兵, 黄晶晶, 涂仕华. 牧草植物篱对紫色土坡耕地水土流失及土壤肥力空间分布的影响[J]. 生态环境, 2008, 17(4): 1 630-1 635
[11] 王冬梅, 王春枝, 韩晓日, 张旭东, 邹德乙, 刘小虎. 长期施肥对棕壤主要酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(2): 263-267
[12] 廖晓勇, 陈治谏, 刘邵权, 陈国阶. 陡坡地皇竹草水土保持效益研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 34-36
[13] 刘飞, 诸葛玉平, 王会, 朱利. 控释肥对马铃薯生长及土壤酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 185-189
[14] 刘蝴蝶, 史俊民, 孟晓民, 赵国平, 郭平福. 晋南南部蔬菜土壤钙含量状况及原因分析[J]. 山西农业科学, 2007, 35(9): 76-78
[15] 温晓霞, 殷瑞敬, 高茂盛, 艾绥龙. 不同覆盖模式下旱作苹果园土壤酶活性和微生物数量时空动态研究[J]. 西北农业学报, 2011, 20(11): 82-88
[16] 高慧民. 农业土壤管理[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 37-42

Effects of *Vetiveria zizanioides* Hedgerows on Soil Enzyme Activities of Slope in Red Soil Sloping Land

WU Lin¹, HUANG Qian-ru^{1,2*}, YE Chuan^{1,2}, CHENG Yan-hong², ZHONG Yi-jun¹,
ZHANG Xin-liang¹, SUN Yong-ming²

(1 Red Soil Institute of Jiangxi Province, Nanchang 331717, China; 2 National Engineering and Technology Research Center for Red Soil Improvement, Nanchang 331717, China)

Abstract: Taking peanut and hedgerows cropping patterns as research objects with peanut conventional cultivation as a control, the effects of *Vetiveria zizanioides* hedgerows on 0-20 cm soil enzyme activities were tested in critical growth duration of peanut in red-soil sloping land. Results showed that: *Vetiveria zizanioides* hedgerows obviously increased the activities of soil urease, sucrose and catalase compared with traditional cultivation. Moreover, soil enzyme activities tended to accumulate above the plant hedgerows and to be eroded downward below the hedgerows along contour lines across the field. With the peanut growth and development, the activities of soil urease, sucrose and catalase increased firstly, and then decreased, exhibiting the highest at the podding stage. The correlation coefficient between sampling point and urease and sucrose, and the correlation coefficient among the soil enzymatic activities reached significant level.

Key words: Hedgerows, Red-soil sloping land, Soil enzyme activities