

# 黔中石灰岩地区典型灌木林土壤酶活性 与植物物种多样性研究<sup>\*</sup>

李媛媛<sup>1</sup>, 周运超<sup>2</sup>, 邹军<sup>3</sup>, 周玮<sup>2</sup>, 房小晶<sup>1</sup>, 王瑶<sup>1</sup>

(1. 贵州省植物园, 贵阳 550004; 2. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 3. 贵州省森林病虫害检疫防治站, 贵阳 550001)

**摘 要:**对黔中石灰岩地区灌木林土壤酶活性和植物物种多样性进行研究,结果表明:根际中土壤酶活性都大于非根际,植物土壤酶活性与灌木层植物物种多样性存在不同程度的相关性,与灌木林草本层植物物种多样性指数相关性不明显,根际土壤酶活性与灌木层植物物种多样性相关性明显大于非根际土壤酶活性与灌木层植物物种多样性。说明植物对土壤酶活性产生影响,研究还进一步表明植物的数量和物种组成与土壤酶活性也存在一定的关系。

**关键词:**灌木林; 土壤酶活性; 植物物种多样性; 相关性

中图分类号:S154.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)03-0245-05

## A Study on Soil Enzyme and Plant Species Diversity of Typical Shrub in the Limestone Area of Central Guizhou

LI Yuan-yuan<sup>1</sup>, ZHOU Yun-chao<sup>2</sup>, ZOU Jun<sup>3</sup>, ZHOU Wei<sup>2</sup>, FANG Xiao-jing<sup>1</sup>, WANG Yao<sup>1</sup>

(1. Guizhou Botanical Garden, Guiyang 550004, China; 2. Forest College of Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Forest Pest Management and Quarantine Station of Guizhou Province, Guizhou 550000, China)

**Abstract:**Article took the soil enzyme activity and plant species diversity of the typical shrub in the limestone area of central Guizhou as the research object. The result shows: the soil enzyme activity is obviously stronger in the rhizosphere soil than that in the non-rhizosphere soil. There is a close positive correlation between the rhizosphere, non-rhizosphere soil enzyme and plant species diversity of the coniferous forests in the shrub layer, whereas a negative correlation is found in the herb layer. Correlation coefficients between the soil enzyme and plant species diversity of the coniferous forests in the rhizosphere soil are positively high than that in the non-rhizosphere soil. The research shows that the plant affects the soil enzyme activity. At the same time, it further indicates that the number and composition of plant have some relations with the soil enzyme activity.

**Key words:** shrub; the soil enzyme activity; plant species diversity; correlation

土壤是岩石圈表面能够提供生长植物的疏松表层,是陆生植物的生活基质。土壤是植物生长发育的基地,既能满足植物正常生长发育对肥力的要求,又能提供生存的场所。植物可通过根系的机械作用改变土壤的物理特性,通过根系分泌物、根凋落物、地上部分凋落物以及植被覆盖所导致的土壤微生境的变化等直接或间接地影响到土壤物理、化学和生

物学特征。植物和土壤是一个相互作用、相互影响的整体。

土壤酶系主要来源于动植物的分泌及其残体和微生物的分泌等<sup>[1]</sup>。土壤酶系统是土壤中生理活性最强的部分,生长植物的土壤具有较强的酶活性。植物群落物种多样性不仅反映群落或生境中物种的丰富度、变化程度或均匀度,也反映不同自然地理条

<sup>\*</sup> 收稿日期:2009-11-30

基金项目:贵州科学院青年基金项目([2009]007号);贵州省省长基金项目(黔省专字[2008]7号);黔科合院所创能[2009]4008号

作者简介:李媛媛(1982—),女,贵州遵义人,硕士,研究方向:植物生态学。E-mail:lyy1012@163.com

通信作者:周运超(1964—),男,教授,博士生导师,主要从事森林土壤学的研究和教学工作。E-mail:yc409@163.com

件与群落的相互关系,可作为物种多样性来定量表征群落和生态系统的特征<sup>[2-3]</sup>。

贵州石灰岩地区,生态需水严重,岩石裸露率高,石砾含量多,地表渗漏性强,保水能力差,土层瘠薄。在这种特殊的生态环境中,林业生态工程建设,灌木林占有十分重要的地位和作用。已有的报道主要涉及到土壤酶活性的测定,土壤酶性质的研究以及不同森林类型的土壤酶活性的分布特征和动态及其与其它土壤理化性质的关系研究等,有关土壤酶活性与植被特征具体指标之间关系研究报道很少<sup>[4-8]</sup>。本文通过土壤酶活性与植物物种多样性特征相关性分析,目的是提高对土壤和植被之间互动机制的认识,同时为丰富黔中石灰岩地区生态环境改善提供理论参考。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于黔中贵阳市花溪区,东经 106°35',北纬 26°29',海拔 1 130~1 326 m,高原丘陵地貌,亚热带季风湿润气候,最高气温 35.4℃,最低气温 -9.5℃,年平均气温 15.3℃,平均降雨量 1 199 mm。研究区内成土母质为石灰岩,土壤类型主要是黄色石灰土。

### 1.2 材料和方法

1.2.1 土壤样品采集及酶活性测定 研究区设置在花溪区,在研究区内设置 15 个 10 m × 20 m 典型灌木林样地。在每个样地内采集土壤样品。具体采集方法为:采用“S”形路线,采集植物须根,剪下分枝,小心将须根部分带土取出,用小刀将距根 4 mm 以上的土壤轻轻剥离作为非根际土收集,将距根 4 mm 以下的土壤用小毛刷刷轻轻刷下装入土袋作为根际土,每个土样都为采集 10 个点后均匀混合而得,重约 1 kg,把采好的土样带回实验室,分出杂物,风干,磨碎,过 2 mm 及 0.25 mm 筛,分装于广口瓶中,待测。淀粉酶:3,5-二硝基水杨酸比色法;多酚氧化酶:碘量滴定法;过氧化氢酶:高锰酸钾滴定法;碱性磷酸酶:磷酸苯二钠比色法<sup>[1]</sup>。

1.2.2 植物物种多样性调查与计算方法 每个样地平均分成 10 个小样方,面积为 4 m × 5 m,调查小样方内所有灌木物种、数量、高度、盖度,再在设置的每个 4 m × 5 m 的小样方的右下角分别设 1 m × 1 m 草本小样方,调查草本物种、数量、高度、盖度。计算灌木层、草本层 S、N、Pielou、Margalef、Shannon-Wiener、Simpson 六个多样性指数,计算方法如下:

丰富度(S):指 1 个小样方内所有的植物种数

Margalef 多样性指数:  $dMa = (S - 1) / \ln N$

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

Simpson 多样性指数:  $P = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2$

Pielou 均匀度指数:  $J = H / \ln S$

式中: S——每个样方内植物种的数量;  $p_i = n_i / N$ ——第 i 物种的相对多度;  $n_i$ ——每个样方内第 i 个物种的个体数; N——每个样方内所有物种的个体数。

## 2 结果与分析

### 2.1 灌木林植物物种多样性

调查表明:灌木优势种主要有菝葜(*Smilax china*)、薄叶鼠李(*Rhamnus leptophylla* Schneid.)、多花蔷薇(*Rosa multiflora* Thunb.)、算盘子(*Glochidion puberum*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、马桑(*Coriaria sinica*)、蛇葡萄(*Ampelopsis brevipedunculata*) (Maxim.) Trautv.)、小果蔷薇(*Rosa cymosa*)、异叶栗李(*Rhamnus heterophyllus* Oliv.)、珍珠英迷(*Viburnum foetidum*)、花椒(*Zanthoxylum simulans*)、草本植物优势种主要有白茅(*Imperata cylindrica* (Linn.) Beauv.)、糙毛千里光(*Allium karataviense*)、小蓬草(*Conyza canadensis*)、野胡萝卜(*Daucus carota* L.)。

植物群落物种多样性不仅反映群落或生境中物种的丰富度、变化程度或均匀度,也反映不同自然地理条件与群落的相互关系。用物种多样性来定量表征群落和生态系统的特征,包括直接和间接地体现群落和生态系统的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度、生境差异等。群落物种多样性决定着生态系统的面貌,群落物种多样性在生态系统所起的作用是巨大的,带有根本性的,对生态系统功能的作用是多方面的<sup>[9]</sup>。研究表明(表 1):研究区内群落丰富度、多度、Pielou 指数、Margalef 指数、Shannon-Wiener、Simpson 六个多样性指数,总体处于较低水平,植物物种单一,主要集中在菝葜、薄叶鼠李、多花蔷薇、算盘子、构树、火棘、马桑、小果蔷薇、异叶栗李、白茅、糙毛千里光等植物种上。在 15 个样方中,1-3 号中灌木层的多样性指数较其它样方中要低,草本层的多样性指数也不高,13-15 号灌木层多样性指数较高。在 1-3 号样方中,岩石裸露,石砾多,土层瘠薄,植物群落郁闭度低,植物的种类数量都较少。

表 1 植物物种多样性指数

样方号	<i>S</i>		<i>N</i>		<i>H</i>		<i>dMa</i>		<i>P</i>		<i>J</i>	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	9	18	49	897	2.18	3.10	1.42	1.73	0.66	0.82	0.69	0.74
2	9	17	60	844	2.55	2.84	1.35	1.65	0.78	0.75	0.80	0.69
3	10	16	76	790	2.75	2.80	1.44	1.56	0.81	0.70	0.83	0.70
4	15	34	215	1410	3.25	3.15	1.81	3.15	0.81	0.81	0.83	0.62
5	15	24	146	1073	3.03	2.08	1.95	2.28	0.86	0.64	0.77	0.45
6	16	21	244	993	3.42	3.41	1.97	2.01	0.87	0.81	0.86	0.78
7	17	17	274	830	3.24	2.80	1.98	1.65	0.89	0.76	0.79	0.69
8	17	22	315	1132	3.63	3.35	2.00	2.07	0.90	0.86	0.89	0.75
9	18	26	276	1251	3.39	2.07	2.10	2.43	0.90	0.63	0.81	0.44
10	22	34	345	1460	3.66	4.16	2.49	3.14	0.90	0.91	0.82	0.62
11	24	31	432	1344	3.86	3.08	2.63	2.89	0.91	0.81	0.84	0.62
12	25	25	531	1185	3.90	1.94	2.65	2.35	0.91	0.61	0.84	0.42
13	29	19	549	827	3.94	3.45	3.08	1.86	0.91	0.88	0.81	0.81
14	29	18	537	695	4.23	2.86	3.09	1.80	0.93	0.81	0.87	0.69
15	30	19	620	809	4.25	2.61	3.13	1.86	0.92	0.75	0.87	0.62

注:A 代表灌木层,B 代表草本层。

2.2 灌木林土壤酶活性特征

淀粉酶能使淀粉水解生成糊精和麦芽糖,它是参与自然界碳素循环的一种重要的酶类。土壤中的淀粉主要来自植物的根茎及种子。它是进入土壤的有机物质的组成成分之一。研究表明(图 1):根际淀粉酶活性值为 0.81~1.5 mg/g,非根际淀粉酶活性值为 0.68~1.23 mg/g,根际中淀粉酶活性明显大于非根际。植物根系通过直接分泌酶的同时,还可通过影响土壤范围微生物和动物生活的特殊环境,使根际内微生物和动物数量总是比根际外要高得多,从而间接地改变酶活性<sup>[10]</sup>。

多酚氧化酶参与土壤有机组分中芳香族化合物的转化作用,它是腐殖质的一种媒介。多酚氧化酶的专一性较强,它的活性高则会阻碍有机质矿化过程中产生的酚类中间产物的积累<sup>[11]</sup>。因此,多酚氧化酶活性被作为土壤有机质腐殖化程度的一个指标。研究表明(图 2):根际多酚氧化酶活性变化范围为 0.146~0.208 ml/g,非根际变化范围为 0.132~0.201 ml/g。根际中多酚氧化酶活性大于非根际多酚氧化酶活性,但根际和非根际之间酶活性差异不大,趋于平稳。

过氧化氢酶广泛存在于土壤中和生物体内,它能够促进过氧化氢分解,防止过氧化氢对生物体的毒害作用。有文献指出<sup>[12]</sup>,土壤酶是土壤代谢作用的指标,当过氧化氢酶活性达到较高的水平时,说明这时土壤酶的解毒作用强,当过氧化氢酶活性偏低,容易对土壤和植物造成毒害的作用<sup>[13]</sup>。研究表明(图 3):根际过氧化氢酶活性变化范围为 6.04~

7.14 ml/g,非根际变化范围为 5.14~6.83 ml/g。根际和非根际之间过氧化氢酶的活性变化不大,但根际中过氧化氢酶的活性也是大于非根际。

土壤磷酸酶是一类催化土壤有机磷化合物矿化的酶,其活性高低直接影响着土壤中有机磷的分解转化及其生物有效性,可作为反映土壤磷素水平的一项生物指标<sup>[14-15]</sup>。鉴于石灰岩地区土壤的酸碱度,主要研究的是土壤碱性磷酸酶的活性。研究表明(图 4):根际过氧化氢酶活性变化范围为 308~406 mg/100 g,非根际变化范围为 190~314 mg/100 g。根际碱性磷酸酶的活性明显的高于非根际,根际中碱性磷酸酶的活性较强。

2.3 土壤酶活性与植物物种多样性相关性分析

根际淀粉酶活性和灌木层植物物种多样性指数 *S*、*N*、*dMa*、*P* 呈极显著相关 ( $P<0.01$ ),淀粉酶活性和 *H* 指数相关显著 ( $P<0.05$ ),与 *J* 指数相关性不明显。非根际淀粉酶活性与灌木层植物物种多样性指数 *S*、*N*、*dMa*、*P* 呈显著相关 ( $P<0.05$ ),和 *H*、*J* 相关性不明显。根际和非根际淀粉酶活性和草本层植物物种多样性指数间的相关性都未达到显著水平,有的还呈负相关性(见表 2)。

根际、非根际多酚氧化酶活性与灌木层植物物种多样性指数 *S*、*N*、*P* 都呈极显著相关性 ( $P<0.01$ ),和 *dMa*、*H* 呈显著相关性 ( $P<0.05$ ),与 *J* 指数相关性不明显。多酚氧化酶和草本层植物物种多样性指数相关性不显著,它与 *N*、*dMa*、*H*、*J* 呈正相关性,和 *S*、*P* 呈负相关性(见表 2)。

根际碱性磷酸酶和灌木层 *S*、*N*、*dMa*、*P* 指数呈

极显著相关 ( $P < 0.01$ ), 和  $H$  指数呈显著相关 ( $P < 0.05$ ), 与  $J$  指数相关性不明显, 未达到显著水平。非根际碱性磷酸酶活性和灌木层  $S$ 、 $N$ 、 $dMa$ 、 $P$ 、 $H$  指数呈显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 与  $J$  指数相关性不明显。碱性磷酸酶活性和草本层植物物种多样性指数相关性都未达到显著水平, 与草本层  $S$ 、 $N$ 、 $dMa$ 、 $P$ 、 $H$ 、 $J$  多样性指数呈正相关, 与  $N$  呈负相关(见表 2)。

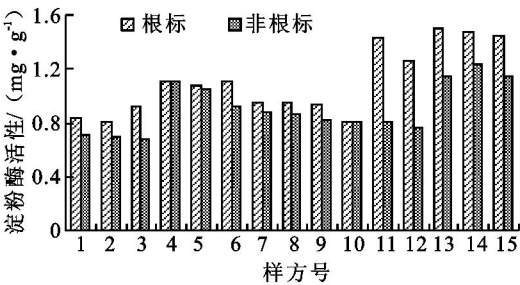


图 1 根际、非根际土壤淀粉酶

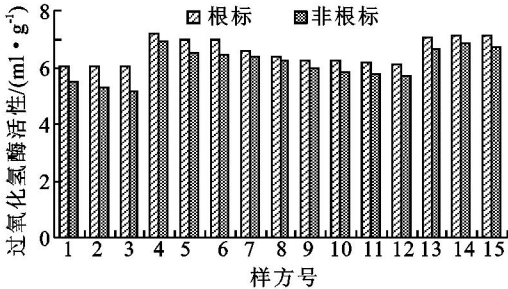


图 3 根际、非根际土壤过氧化氢酶活性

根际过氧化氢酶和灌木层植物物种多样性指数相关性不明显, 都未达到显著水平, 非根际过氧化氢酶和灌木层植物物种多样性指数  $S$ 、 $dMa$ 、 $P$  都呈显著相关性关 ( $P < 0.05$ ), 与  $N$ 、 $H$ 、 $J$  指数相关性不明显。过氧化氢酶和草本层植物物种多样性指数相关性都不明显, 未达到显著水平, 有的呈负相关(见表 2)。

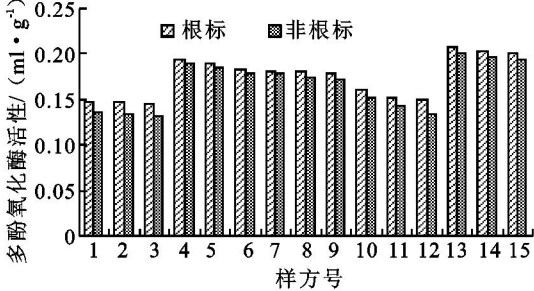


图 2 根际、非根际土壤多酚氧化酶活性

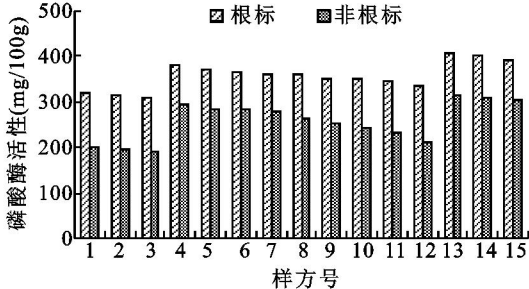


图 4 根际、非根际土壤碱性磷酸酶活性

表 2 根际、非根际土壤酶和物种多样性相关系数

指数	植被类型	淀粉酶		多酚氧化酶		过氧化氢酶		碱性磷酸酶	
		根际	非根际	根际	非根际	根际	非根际	根际	非根际
$S$	灌木	0.837 **	0.631 *	0.657 **	0.646 **	0.446	0.535 *	0.704 **	0.576 *
	草本	- 0.005	0.027	0.014	0.063	- 0.013	0.142	0.06	0.058
$N$	灌木	0.824 **	0.572 *	0.658 **	0.642 **	0.398	0.499	0.658 **	0.525 *
	草本	- 0.187	0.027	- 0.129	- 0.069	- 0.208	- 0.030	- 0.128	- 0.110
$dMa$	灌木	0.778 **	0.610 *	0.635 *	0.620 *	0.460	0.570 *	0.692 **	0.597 *
	草本	0.009	0.095	- 0.187	- 0.223	0.175	0.146	0.202	0.196
$P$	灌木	0.839 **	0.644 *	0.666 **	0.646 **	0.459	0.536 *	0.712 **	0.583 *
	草本	0.025	0.059	0.037	0.084	0.015	0.167	0.089	0.084
$H$	灌木	0.581 *	0.461	0.547 *	0.544 *	0.341	0.467	0.566 *	0.532 *
	草本	0.043	0.191	- 0.09	- 0.160	0.225	0.243	0.319	0.293
$J$	灌木	0.448	0.341	0.289	0.263	0.308	0.343	0.379	0.353
	草本	0.002	0.068	- 0.180	- 0.230	0.156	0.061	0.146	0.142

注: \*显著性  $< 0.05$ , \*\*极显著性  $< 0.01$ 。

3 结 论

(1) 通过对黔中石灰岩地区灌木林土壤酶活性进行研究, 结果表明: 淀粉酶和碱性磷酸酶根际和非根际之间酶活性差异比较大, 多酚氧化酶和过氧化氢酶根际和非根际酶活性差异较小, 但四种土壤酶活性都是根际大于非根际。根际是土壤生物活性较

强的区域, 植物根系能分泌酶类物质进入土壤, 直接影响根际土壤活性状况, 使土壤酶的活性增加, 此外, 由于植物根系影响使得微生物和动物的数量增加, 微生物和动物受到外界的刺激时便不断地向周围介质分泌土壤酶。对黔中石灰岩地区灌木林植被特征进行研究, 结果表明: 灌木层植物优势种主要有火棘、小果蔷薇、女贞、金佛山英迷、珍珠英迷、多花

蔷薇,草本层的优势种主要有白茅、毛蕨、雀稗、荩草。灌木层、草本层植物 N、S、Margalef、Simpson、Shannon-Wiener、Pielou 六个多样性指数总体水平不高。

(2)通过对黔中石灰岩地区灌木林土壤酶活性与植物物种多样性进行相关性研究,结果表明:土壤酶活性和植物物种多样性存在不同的相关性,且因为土壤酶的种类不同,与灌木林植物的相关性也不同。根际土壤酶活性与灌木层植物物种多样性指数相关系数明显大于非根际土壤酶活性与灌木层植物物种多样性指数相关系数,淀粉酶、多酚氧化酶、碱性磷酸酶活性与灌木层植物物种多样性存在不同程度的相关性,有的达到了显著或是极显著水平。过氧化氢酶活性与灌木层植物物种多样性相关性不明显。淀粉酶、多酚氧化酶、过氧化氢酶、碱性磷酸酶与灌木林草本层植物物种多样性之间的相关性都未达到显著或是极显著水平。土壤酶活性的高低不仅与植被演替的方向有关,还与土壤-植物系统的群落物种组成及其多样性有关,这与杨万勤研究结果基本一致<sup>[16-17]</sup>。植物群落结构不同,土壤生态环境因子也有所不同,土壤环境因子发生变化,植物群落在结构和数量上都发生变化。

参考文献:

[1] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.

[2] 陈灵芝.生物多样性保护现状及其对策[M].北京:中国科学技术出版社,1995.

[3] Hurlbert S H. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters[J]. Ecology,1971,52:577-586.

[4] 周国英,陈小艳,李倩茹.油茶林土壤微生物生态分布及

土壤酶活性的研究[J].经济林研究,2001,9(1):9-12.

[5] 李跃林,彭少麟.桉树人工林地土壤酶活性与微量元素含量的关系[J].应用生态学报,2003,14(3):345-348.

[6] 何跃军,钟章成,刘济明,等.石灰岩退化生态系统不同恢复阶段土壤酶活性研究[J].应用生态学报,2005,16(6):1077-1081.

[7] 薛冬,姚槐应,何振立,等.红壤酶活性与肥力的关系[J].应用生态学报,2005,16(8):1455-1458.

[8] 薛立,邱立刚,陈红跃,等.不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究[J].应用生态学报,2003,40(2):280-285.

[9] 蔡晓明.生态系统生态学[M].北京:科学出版社,2000.

[10] 杨玉盛,何宗明,邹双全,等.格氏栲天然林与人工林根际土壤微生物及其生化特征的研究[J].浙江林学院学报,1998,18(2):198-202.

[11] 张其水,俞新妥.杉木连栽林地混交林土壤酶的分布特性的研究[J].福建林学院学报,1989,9(3):256-262.

[12] 严健汉,詹重慈.环境土壤学[M].武汉:华中师范大学出版社,1985:154-155.

[13] 贾继文,聂俊华,李絮花,等.蔬菜大棚土壤理化性质与土壤酶活性关系的研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2001,32(4):427-432.

[14] 于群英.土壤磷酸酶活性及其影响因素研究[J].安徽技术师范学院学报,2001,15(4):5-8.

[15] 白翠霞,耿玉清,余新晓,等.八达岭山地次生林土壤养分与磷酸酶活性研究[J].中国水土保持科学,2006,4(4):52-55.

[16] 杨万勤,钟章成,韩玉萍.缙云山森林土壤酶活性的分布特征季节动态及与四川大头茶的关系研究[J].西南师范大学学报:自然科学版,1999,24(3):318-324.

[17] 杨万勤,钟章成,陶建平,等.缙云山森林土壤酶活性与植物多样性的关系[J].林学科学,2001,37(4):124-128.

(上接第 16 页)

参考文献:

[1] 吴发启,赵晓光,刘秉正,等.地表糙度的测量方法及对坡面径流和侵蚀的影响[J].西北林学院学报,1998,13(2):15-19.

[2] Werner J, Andreas K. Soil surface roughness measurement: methods, applicabilit, and surface representation[J]. Catena,2005,64:174-192.

[3] 郑子成,何淑勤,吴发启.坡面水蚀过程中地表糙度的研究进展[J].节水灌溉,2008(8):8-11.

[4] 王鸿斌,刘斌,田杏芳,等.黄土高原沟壑区典型小流域

高精度 DEM 制作及其应用研究[J].2004,6(3):34-36.

[5] Hillel D. Application of soil physics[M]. New York: Academic Press,1980.

[6] 侯景儒,郭光裕.矿床统计预测及地质统计学的理论与应用[M].北京:冶金工业出版社,1993.

[7] 白美健,许迪,李益农,等.畦面微地形时空变异分布状况试验研究[J].农业工程学报,2006(4):23-27.

[8] Miller M P, Singer M J, Nielsen D R. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills[J]. Soil Sci. Soc. Am. J.,1988,52:1133-1141.