

黔中石灰岩地区不同植被类型根际土壤酶研究

李媛媛, 周运超*, 邹军, 刘浪, 李龙凯 (贵州大学林学院, 贵州贵阳 550025)

摘要 研究了黔中石灰岩地区不同植被类型根际和非根际土壤酶活性。结果表明: 根际和非根际土壤酶之间的差异显著, 相同植被下同种酶根际土壤酶活性明显大于非根际土壤酶活性。土壤酶活性主要呈现两种趋势: 蔗糖酶和淀粉酶根际和非根际酶活性表现为针阔混交林 > 灌木林 > 针叶林 > 草灌; 过氧化氢酶和脲酶根际和非根际酶活性表现为针阔混交林 > 针叶林 > 灌木林 > 草灌。根际土壤养分因子含量均大于非根际, 土壤酶、养分因子“根际效应”都较明显, 土壤酶和土壤养分因子之间有明显相关性, 而土壤酶和 pH 值之间无明显相关性。

关键词 根际; 土壤酶; 土壤养分; 根际效应; 植被恢复; 石灰岩

中图分类号 S153 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)30-09607-03

Study on Rhizosphere Soil Enzyme Activities of Different Vegetation Types in the Limestone Area of Guizhou Province

LI Yuan yuan et al (Forestry College of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract Rhizosphere and non-rhizosphere soil enzyme activities of different vegetation types were studied in the Limestone Area. The result showed that the soil enzyme activities of the rhizosphere and non-rhizosphere were remarkable, rhizosphere soil enzyme activities were obviously stronger than non-rhizosphere soil enzyme activities in the same enzyme vegetation. Soil enzyme activities mainly presented two kinds of tendencies: the activities of soil amylase and soil sucrose were the Korean pine and broad-leaved mixed forest > shrubbery > coniferous forest > meadow in rhizosphere and non-rhizosphere soil area, the activities of soil catalase and urease were the Korean pine and broad-leaved mixed forest > coniferous forest > shrubbery > meadow in rhizosphere and non-rhizosphere soil area. The main factors of the rhizosphere soil nutrient contents were more than the main factors of the non-rhizosphere soil nutrient contents, rhizosphere effect of soil enzyme and the main soil nutrient contents was significant, there were significant correlation between soil enzyme activities and the main factors of soil nutrient contents, while no significant correlation was found between soil enzyme activities and soil pH.

Key words Rhizosphere; Soil enzyme; Soil nutrient; Rhizosphere effect; Ecological restoration; Limestone

土壤酶主要来源于土壤微生物的活动、植物根系分泌物和动植物残体腐解过程中释放的酶^[1-2]。根际中土壤酶和植物有很大的关系, 首先, 植物可以直接通过根的分泌产生土壤酶; 其次, 植物群落的物种多样性和物种组成可影响土壤中微生物和动物的数量和种类, 从而间接地影响土壤酶活性。土壤酶活性的高低不仅与土壤生态系统的退化有关, 而且与土壤类型、植被特征(植物群落生物量、植被盖度、植物多样性等), 土壤微生物数量, 土壤动物类群、数量和多样性以及酶类本身的性质有关^[3-4]。近年来, 许多学者对具体的某种植物根际土壤酶作了大量的研究^[5-10], 而对不同植被类型根际土壤酶活性研究还较少。石灰岩生态系统是一种脆弱的生态系统, 笔者对黔中石灰岩地区不同植被类型根际土壤酶进行研究, 旨在为该地区植被恢复提供一定的理论依据。

1 研究地区与方法

1.1 研究区概况 研究区位于贵阳市花溪, 东经 106°35', 北纬 26°29', 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。在研究样地中, 草灌群落样地以禾本科 (*Gramineae*) 为主, 有芒 (*Miscanthus sinensis*)、荻草 (*Athrasxon hispidus*)、艾蒿 (*Atemisia argyi*) 等; 灌木群落有小果蔷薇 (*Rosa cymosa*)、火棘 (*Pyracantha fortuneana*)、悬钩子 (*Rubus assanensis*) 等; 针叶林有柏木 (*Cupressus urebris*)、马尾松 (人为形成) 等; 针阔混交林有构树 (*Broussonetia papyrifera*)、女贞 (*Ligustrum lucidum*)、柏木等。

1.2 研究方法

1.2.1 样品的采集。在坡度、坡位、土壤等自然条件基本相似的情况下, 分别在每种植被类型中(石灰岩区)选择典型样地各 3 个, 共 12 个。在每样地内, 先用铁铲除去枯枝落叶层, 然后用土壤刀从树干基部开始逐段逐层地挖去上层覆土, 追踪根系的伸展方向, 然后沿侧根找到须根部分, 剪下分枝, 小心将须根带土取出^[11], 保留距根表 4 mm 左右的土壤, 采用抖落法^[12]取根际土壤。在各标准地内, 采用“之”字形路线在 0~30 cm 土层多点取样, 充分混合作为非根际土。同时取土壤酶和理化性质的样品各 1 kg, 每样地 3 个重复。土壤取样品采集后除渣、风干、过 2 和 0.25 mm 筛, 封好备用。

1.2.2 样品分析。蔗糖酶: 3,5-二硝基水杨酸比色法; 淀粉酶: 3,5-二硝基水杨酸比色法; 过氧化氢酶: 高锰酸钾滴定法; 脲酶: 苯酚钠、次氯酸钠比色法^[11]。土壤养分主要采用常规分析法^[13]。有机质: 重铬酸钾容量法(外加热法); 全氮: 半微量凯氏法; 水解氮: 碱解扩散法; pH 值: pH 计电位测定法。

2 结果与分析

2.1 土壤主要养分因子及土壤 pH 值分布特征 由表 1 可知, 除水解氮的含量在针阔混交林中根际小于非根际外, 其余的土壤有机质和土壤氮含量根际都大于非根际。根在土中长期生长过程中, 可不断地向根际分泌出有机化合物, 并脱落根毛和根表皮细胞, 这是根际土壤有机质和全氮量高的主要原因, 根际微生物量较大, 也可能是含量高的另一个原因^[14]。植物根系和土壤之间存在着一种效应, 即“根际效应”, 用 R/S 值来表示。从表 1 可以看出, 除水解氮在针阔混交林中 R/S 值小于 1 以外, 其余的都大于 1, 说明植物根系对有机质、氮有富集作用。有机质和全氮 R/S 值表现为: 草灌 > 针叶林 > 灌木林 > 针阔混交林; 水解氮 R/S 值表现为: 草灌 > 灌木林 > 针叶林 > 针阔混交林。

由表 1 还可见, 土壤 pH 值根际均低于非根际。根际土

基金项目 贵州省长基金(2004); 贵州省科学研究基金“喀斯特人工林下土壤生态学属性与土壤环境评价”(2006)2034 号。

作者简介 李媛媛(1982-), 女, 贵州遵义人, 硕士研究生, 研究方向: 森林生态。* 通讯作者, E-mail: fc.vczhou@gzu.edu.cn。

收稿日期 2007-06-18

壤pH值的变化是由于根系土壤呼吸作用释放CO₂以及在离子的主动吸收和根尖细胞伸长过程中分泌离子和有机酸所致^[15]。在不同植被类型中,由于植物自身生理活性不一样,对土壤pH值的影响也不一样。根际和非根际土壤pH值均

表现为:灌木>针阔混交林>针叶林>草灌。针叶林落叶灰分少,含单宁等酸性物质较多,造成了针叶林土壤的酸性强,在灌木林和针阔混交林中,阔叶树种凋落物在一定程度上缓和了土壤的酸性。

表1 根际和非根际主要养分因子及pH值

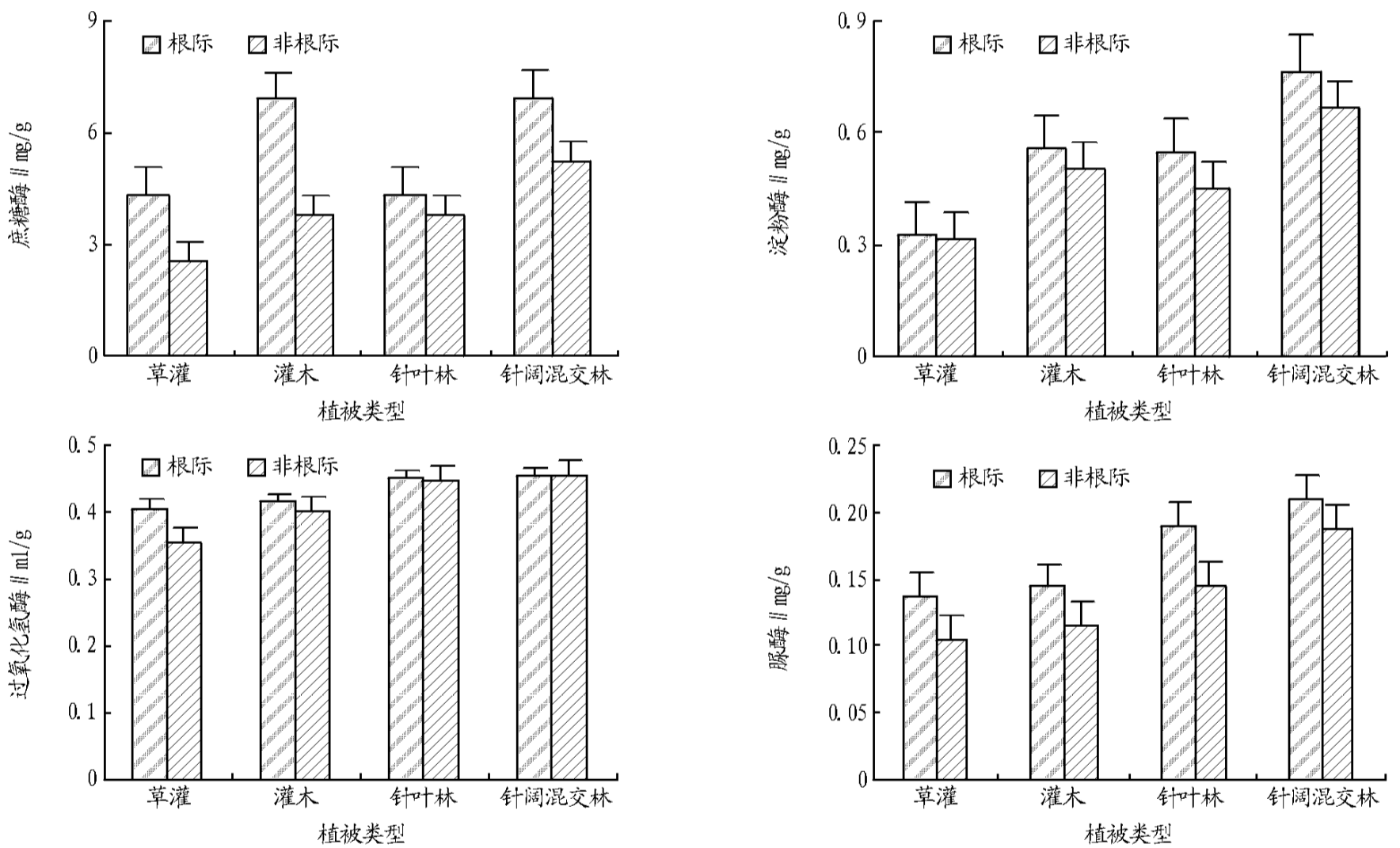
植被类型	有机质 g/kg		R/S	全氮 g/kg		R/S	水解氮 ng/kg		R/S	pH值		R/S
	R	S		R	S		R	S		R	S	
草灌	8.62	6.57	1.31	0.47	0.30	1.57	20.57	22.30	1.12	6.33	6.37	0.99
灌木	13.40	11.06	1.21	0.67	0.59	1.14	31.26	28.67	1.09	6.87	7.50	0.92
针叶林	11.03	8.57	1.29	0.64	0.50	1.28	35.46	33.34	1.06	6.27	6.81	0.92
针阔混交林	14.00	12.06	1.16	0.77	0.68	1.13	40.39	41.96	0.96	6.80	7.20	0.94

注:R和S分别表示根际和非根际。

2.2 土壤酶活性分布特征

2.2.1 土壤酶活性在相同植被类型下分布特征。由图1可知,蔗糖酶、淀粉酶、过氧化氢酶、脲酶活性在相同植被类型中均表现为根际大于非根际。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,这是土壤酶的直接来源之一,此外,土壤酶活性与微生物和动物是分不开的,植物根系直接影响的土壤范围是微生物和动物生活的特殊环境,根际内微生物和动物数量总是比根际外要高得多,当微生物和动物受到环境因素刺激时,便不断向周围介质分泌酶^[16]。



注:蔗糖酶活性以葡萄糖ng/g表示;淀粉酶活性以麦芽糖ng/g表示;过氧化氢酶活性以KMnO₄ml/g表示;脲酶活性以NH₃Nng/g表示。

图1 根际、非根际土壤酶活性分布特征

2.2.2 土壤酶活性在不同植被类型下的分布特征。由图1可知,蔗糖酶和淀粉酶(根际、非根际)活性在不同植被类型中表现出相同的趋势,都是先增大,后减少,再增大。即在针阔混交林时,蔗糖酶和淀粉酶活性最高,其次是灌木林,再次是针叶林,最后才是草灌。研究区灌木林植被覆盖率较大,凋落物多,这可能是土壤酶活性较强的原因。在针阔混交林中,植物的种类更复杂,植物的凋落物较多,且易分解,酶活性也较大。过氧化氢酶和脲酶活性都表现为针阔混交林>针叶林>灌木林>草灌群落。由此可见,植物氮源增加的同时,过氧化氢对植物的毒害减弱,有利于植物的生长。

2.3 土壤酶在不同植被类型中产生的根际效应 由表2可知,不同植被类型中4种土壤酶产生的“根际效应”除过氧化

氢酶在针叶林中值为1以外,其余的都大于1,4种植被类型中植物对土壤酶的影响均为正效应。从整体上看,蔗糖酶产生的“根际效应”最明显,在草灌、灌木中其值分别达到1.69、1.83,其次是脲酶和淀粉酶,过氧化氢酶产生的“根际效应”最不明显,在灌木、针叶林、针阔混交林中分别为1.04、1.01、1.00,和其他值相比较,“根际效应”处于较低水平。

表2 不同植被类型4种土壤酶“根际效应”(R/S)值

植被类型	蔗糖酶	淀粉酶	过氧化氢酶	脲酶
草灌	1.69	1.08	1.14	1.33
灌木	1.83	1.23	1.04	1.27
针叶林	1.15	1.23	1.01	1.32
针阔混交林	1.33	1.09	1.00	1.12

2.4 土壤酶(含根际、非根际)和土壤主要养分因子相关性分析 蔗糖酶是转化酶中最重要的一种酶,它主要是断裂蔗糖分子键,生成葡萄糖和果糖,产物是植物和微生物的营养源。相关分析(表3)表明:蔗糖酶和土壤有机质、全氮呈极显著相关,与水解氮和pH值相关性不显著。当土壤中有机质和全氮的含量提高时,蔗糖酶的活性也显著增强,这将有利于营养物质的水解,为植物提供营养,促进植物生长。

土壤中淀粉主要来源于植物的根、茎及种子,它是进入土壤有机质的组成成分之一^[1]。淀粉酶能水解土壤中的淀粉生成麦芽糖。表3表明:淀粉酶和有机质、全氮、水解氮呈极显著正相关,和pH值相关性不显著。

过氧化氢酶是酶促过氧化氢分解,形成分子和水,从而减少过氧化氢对植物的毒害作用。表3表明:过氧化氢酶分别与土壤全氮、水解氮呈极显著正相关,和有机质呈显著相关,和pH值相关性不显著。

脲酶主要是进行氮循环,酶促反应产物氨是植物的氮源之一,它的活性可以用来表示土壤氮素状况。表3表明:脲酶与水解氮呈极显著相关,和全氮呈显著相关,与有机质相关不明显,和pH值呈负相关。

从整体上看,蔗糖酶、淀粉酶、过氧化氢酶、脲酶和土壤有机质、氮含量相关性较好,达到了0.05和0.01显著水平。这和以前的许多研究者的结果一致^[17-19],而4种酶活性和土壤pH值相关性都不显著,而且和脲酶出现负相关性。由此可见,土壤有机质、氮含量提高,土壤酶活性增强,提供给植物的氮源和碳源增加,有利于植物的生长。

表3 土壤酶和土壤主要养分因子相关性

酶类	有机质	全氮	水解氮	pH值
蔗糖酶	0.909**	0.854**	0.618	0.218
淀粉酶	0.903**	0.933**	0.914**	0.442
过氧化氢酶	0.779*	0.893**	0.904**	0.156
脲酶	0.676	0.792*	0.896**	-0.047*

注:*表示在0.05水平显著相关,**表示在0.01水平显著相关。

3 结论

(1) 在黔中石灰岩区不同植被类型中,蔗糖酶、淀粉酶、过氧化氢酶、脲酶活性根际和非根际差异明显,根际大于非根际。说明植物对酶活性有很大的影响(直接或间接),酶和植物之间存在很大的相关性。

(2) 在黔中石灰岩区不同植被类型中,蔗糖酶、淀粉酶、过氧化氢酶、脲酶活性变化规律主要表现为下面两种趋势:蔗糖酶、淀粉酶根际和非根际酶活性变化趋势为针阔混交>灌木>乔木>草灌,过氧化氢酶和脲酶根际和非根际酶活性变化趋势为针阔混交林>针叶林>灌木林>草灌。

(3) 在黔中石灰岩区不同植被类型中,土壤酶和主要土壤养分因子的“根际效应”都较明显,植物对根际的影响较大。

(4) 在黔中石灰岩区不同植被类型中,土壤酶活性与土壤pH值无显著相关性,根际土壤养分含量明显大于非根际土壤,植物养分和土壤酶活性之间有显著相关性。

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] BURNS R G.Soil enzymes[M].New York:Academic Press,1978.
- [3] BANDICK A K,DICK R P.Field management effects on soil enzyme activities[J].Soil Bd Biochem,1999,31:1471-1479.
- [4] GROFFMAN PM,MC DOWELL B WH,MMERSCJC,et al.Soil microbial biomass and activity in tropical riparian forests[J].Soil Bd Biochem,2001,33:1339-1348.
- [5] 丁应祥,梁珍海.滨海土壤上杨树根际微区性状的研究[J].南京林业大学学报,1996,20(2):15-19.
- [6] 李宝福,张金文.巨尾桉根际与非根际土壤酶活性的研究[J].福建林业科技,1999,26(增刊):13-16.
- [7] 谭芳林,李志真,叶功富,等.木麻黄连栽对沿海沙地土壤养分含量及酶活性的影响[J].林业科学,2003,39(增刊):32-37.
- [8] 杨承栋,焦如珍.杉木人工林根际土壤性质变化的研究[J].林业科学,1999,35(6):2-9.
- [9] 叶功富,侯杰.不同年龄木麻黄林地根际土壤养分含量和酶活性动态[J].水土保持学报,2006,20(4):86-89.
- [10] 张学利,杨树军.不同林龄樟子松根际与非根际土壤的对比[J].福建林学院学报,2005,25(1):1-4.
- [11] 陈永亮,韩士杰,周玉梅,等.胡桃楸、落叶松纯林及其混交林根际土壤有效磷特性的研究[J].应用生态学报,2002,13(7):790-794.
- [12] 蒋秋怡,叶仲节,钱新标,等.杉木根际土壤特性的研究[J].浙江林学院学报,1991,8(4):450-456.
- [13] 厉婉华.栓皮栎和火炬松根际与非根际土壤氮素及pH值差异的研究[J].南京林业大学学报,1996,20(2):49-52.
- [14] 南京农学院.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,1980.
- [15] 蒋秋怡,叶仲节,钱新标,等.杉木根际土壤特性的研究[J].浙江林学院学报,1990,7(2):122-126.
- [16] 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性的研究[J].生态学报,1998,18(2):198-202.
- [17] 和文祥,朱铭莪.陕西土壤脲酶活性与土壤肥力关系分析[J].土壤学报,1997,34(4):392-398.
- [18] 王海英,宫渊波.不同植被恢复模式下土壤微生物及酶活性的比较[J].长江流域资源与环境,2006,15(2):201-206.
- [19] 徐秋芳,朱志建.不同森林植被下土壤酶活性研究[J].浙江林业科技,2003,23(4):9-11.