

- [2] Caldwell MM, Robberecht R, Flint SD. Internal filters prospects for uv acclimation in higher plants [J]. *Physiol Plant* 1983 58(2): 445-451
- [3] 李强. 现代化农业温室的夏季降温研究及其发展 [J]. *环境科学进展*, 1999 7(1): 41-44.
- [4] 赵德修, 李茂寅, 邢建民, 等. 光质、光强和光期对水母雪莲愈伤组织生长和黄酮生物合成的影响 [J]. *植物生理学报*, 1998 25(3): 127-132.
- [5] 庄向平, 虞杏英, 杨更生, 等. 银杏叶中黄酮含量的测定和提取方法 [J]. *中草药*, 1992 23(3): 122-124.
- [6] 关红菱, 刘先林, 龚坚, 等. 不同季节银杏叶中总黄酮的测定 [J]. *中草药*, 1995 26(8): 445.
- [7] 王兰珍, 马希汉, 王姝清, 等. 元宝枫叶有效成分动态变化的研究 [J]. *西北林学院学报*, 1997 12(4): 68-71.
- [8] 王金胜. *实用生物化学技术* [M]. 太原: 高校联合出版社, 1994: 218-219.
- [9] 邹琦. *植物生理生化实验指导*. 北京: 中国农业出版社, 1998: 101.
- [10] 乔富廉. *植物生理学实验分析测定技术* [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 90-91.
- [11] 谢宝东. 光质与光强对银杏黄酮、内脂含量的影响 [J]. *山东林业科技*, 2001(4): 68-71.

(责任编辑 周贤军)

doi:10.3969/j.issn.1000-8101.2011.03.015

## 喀斯特地区人工林土壤速效养分与酶活性的季节变化

段达祥<sup>1</sup>, 高晟<sup>2</sup>, 吴永波<sup>2\*</sup>, 刘成刚<sup>2</sup>

(1 贵州省普定县白岩镇林业站, 贵州 普定 562109 2 南京林业大学 江苏省林业生态工程重点实验室)

**摘要:** 为合理管理退化的喀斯特地区新造人工林, 对杜仲林、桉木林、冰脆李林的土壤速效养分和土壤酶活性的季节变化规律进行了研究。结果表明: 3种林分土壤速效养分含量和土壤酶活性均表现出明显的季节动态。根据林地速效养分的减少主要由林木吸收所致, 可知 N肥施用, 杜仲、桉木林以 9月至次年 1月为好, 冰脆李林以 11月至次年 1月为好; P肥施用, 杜仲、冰脆李林以 7-11月或 1-5月为好, 桉木林以 3-5月或 7-9月为好; K肥施用, 杜仲、桉木林以 9-11月为好, 冰脆李林以 11月至次年 3月为好。3种人工林的脲酶活性表现为春夏季高, 冬季低, 多酚氧化酶活性表现为春秋高, 冬季低, 过氧化氢酶活性表现为秋冬季略高, 春夏季略低, 而碱性磷酸酶活性的季节变化 3种人工林不尽相同。

**关键词:** 人工林; 土壤; 速效养分; 酶; 喀斯特地区

The seasonal variation of available nutrients and enzyme activity in the plantation soils in karst areas// DUAN Da-xiang, GAO Sheng, WU Yong-bo, LIU Cheng-gang

**Abstract:** For developing the reasonably managements in the new plantation in degraded karst areas, the seasonal variation of soil available nutrients and enzyme activity were studied in the *Eucalyptus albosagittata*, *Pinus salicina* plantations. The results indicated that there were the significantly seasonal dynamics of soil available nutrients and enzyme activity in three kinds of plantations. According to the decrease of soil available nutrients mainly resulted from tree absorption, it could be inferred that nitrogen fertilizers should be applied from Sept to Jan in the *Eucalyptus* and *Albosagittata* plantations, and from Nov to Jan in the *Pinus salicina* plantations. Phosphorus fertilizers should be applied from Jul to Nov or from Jan to May in the *Eucalyptus* and *Pinus salicina* plantations, and from Mar to May or from Jul to Sept in the *Albosagittata* plantations. As to potassium fertilizers, it should be applied from Sept to Nov in the *Eucalyptus* and *Albosagittata* plantations, and from Nov to Mar in the *Pinus salicina* plantations. The urease activities in three plantation soils studied were higher in spring and summer than that in winter, the polyphenol oxidase activities in three plantation soils were higher in spring and autumn than that in winter, and the catalase activities were higher in autumn and winter than that in spring and summer. The seasonal variations of alkaline phosphatase activities in three kinds of plantations were different.

**Key words:** plantation; soil available nutrients; enzyme; karst area

First author's address: Forest Station of Baiyan Town of Puding County of Guizhou Province, Puding 562109 Guizhou, China

收稿日期: 2011-01-13

修回日期: 2011-02-16

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(编号: 2006BAD03A0303)。

第一作者简介: 段达祥(1974-), 助理工程师, 主要从事林业科技及管理工。通讯作者: 吴永波, 男, 副教授。E-mail: yongbo\_wu74@ya.hq.com.cn

土壤理化性质是土壤质量的重要指标<sup>[1-2]</sup>。作为土壤肥力的重要标志, 速效 N P K含量反映了土壤中 N P K的现实供应状况, 对植物的生长发育起着十分重要的作用。而土壤酶催化土壤中的一切生

物化学反应,可以客观地反映土壤肥力状况,是土壤生物学肥力的重要因素<sup>[3-6]</sup>。森林土壤酶系统是森林土壤中生物活动的产物,其活性受森林土壤理化性质、植被种类和生物多样性等生态因子的综合影响<sup>[7-9]</sup>。

喀斯特(岩溶)地貌在我国西南地区分布广泛,而贵州地处我国西南喀斯特地区的中心,长期以来,不合理的土地开垦、资源利用已导致区域生态系统严重退化,对当地社会、经济的发展和资源的可持续利用以及生存环境构成了严重威胁。

目前,我国学者对喀斯特山区石漠化过程中土壤理化性质的变异,已做了大量研究工作<sup>[10-13]</sup>,而对喀斯特山区森林退化过程中土壤酶活性的研究并不多见。本文以贵州省普定县喀斯特地区营造的桉木(*Alnus cremastogyne*)林、杜仲(*Eucommia ufnoides*)林、冰脆李(*Prunus salicina*)林3种人工林为研究对象,分析土壤速效N、R、K以及酶活性的季节动态变化及其相互关系,对了解喀斯特地区林地土壤养分供应状况和土壤生物化学活性,合理地进行林地土壤管理,提高经济林生产力具有重要的指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

试验地位于贵州省普定县(105°44'E 23°18'N),海拔1137 m。普定县处于云贵高原东侧斜坡地带,是典型喀斯特立地环境,属全国生态环境建设重点地区。北亚热带湿润气候区,季风交替明显,春干秋凉,热量高,无霜期长,雨量充沛,适宜多种林木生长。年平均气温为15.1℃,最冷月1月平均气温5.2℃,最热月7月平均气温22.3℃,极端最低气温-11.1℃,极端最高气温34.7℃,年有效积温6470℃(≥10℃)。年均降雨量1396.9 mm,降雨季节多集中在5—9月,占全年降雨量的75%以上。平均日照时数1202 h,无霜期为289天,相对湿度79%。林区土壤类型主要为棕色石灰土,土层平均厚度约30 cm,土壤容重在1.39~1.55 g/cm<sup>3</sup>,田间持水量在20%~35%之间。本文选取3种代表性人工林群落,特征详见表1。

表1 样地基本概况

指标	杜仲林	冰脆李林	桉木林
海拔/m	1250	1310	1489
坡度/°	25°	25°	32°
坡向	N	N-W	N-E
裸岩率/%	42	26	22
郁闭度	0.74	0.44	0.92
树高/m	3.4	2.3	12.6

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 样地设置与样品采集

在杜仲林、冰脆李林、桉木林各样地(15 m×15 m)中,采用S型或梅花型混合取样法采取表层土壤(0~20 cm),每个样地3个重复。土样取回后在室温下风干,过2 mm及0.25 mm筛,测定土壤养分含量及酶活性。

### 1.2.2 样品分析测定方法

土壤水解N用碱解扩散法,有效磷用0.5 mol/L碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法;速效K用乙酸铵浸提—火焰光度法<sup>[14]</sup>;脲酶采用苯酚钠比色法;过氧化氢酶采用K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>容量法;碱性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法;多酚氧化酶采用碘量滴定法<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤速效养分的季节动态特征

土壤速效养分的季节动态如表2所示。从表2可以看出杜仲林、冰脆李林、桉木林不同季节水解N含量存在差异,其变化规律也存在差异。桉木林从9月开始整个一年的变化规律是先迅速降低,到次年1月达到最低值后升高。而杜仲林和冰脆李林的水解N含量在11月到次年7月之间的变化规律基本一致,都是降低—升高—降低—升高,呈明显的季节波动型,且11月至次年1月的降低较3—5月的降低更为迅速。其他月份水解N含量的变化两种林分呈相反趋势,杜仲林的水解N含量在9—11月还存在一个迅速下降趋势。综上所述,杜仲和桉木林在9月至次年1月期间对土壤N的吸收较多,而冰脆李林在11月至次年1月对土壤N的吸收较多,因此,对贵州溶岩区杜仲和桉木林的N肥施用选在9月至次年1月较好,对冰脆李林的N肥施用选在11月至次年1月较好。

从表2还可以看出,冰脆李林和杜仲林土壤有效P含量的季节变化规律基本一致,9—11月,两种林分有效P含量都在降低,而到了11月往后,进入冬季,两种林分生长缓慢,需要的养分也相对减少,所以11月至次年1月土壤有效P含量开始升高。从1月开始,直到5月,土壤有效P含量不断降低,这是因为入春后,两种林分进入生长旺期,需要土壤供给更多的养分;而从5—9月,两种林分土壤有效P含量先升高后降低。桉木林的土壤有效P含量的季节变化规律则与以上两种林分有明显的差异,从9月到次年3月,桉木林有效P含量一直不断地升高,到3月往后,则迅速降低,到5月为止,往后又开始升高,但7—9

月, 桉木林有效 P 含量仍降低。综上所述, 冰脆李林和杜仲林在 7—11 月和 1—5 月两个时间段对土壤有效 P 的需求较大, 而桉木林在 3—5 月对土壤有效 P 的需求较大, 而贵州溶岩区石漠化严重, 土壤供给的

有效磷较少, 难以维持土壤原来的 P 素平衡。因此, 磷肥的施用, 冰脆李林和杜仲林在 7—11 月和 1—5 月期间进行较好, 而桉木林在 3—5 月和 7—9 月进行较好, 这样会更有利于溶岩区 3 种人工林的生长。

表 2 土壤速效养分的季节动态

/mg kg<sup>-1</sup>

月份	水解氮			有效磷			速效钾		
	桉木林	杜仲林	冰脆李林	桉木林	杜仲林	冰脆李林	桉木林	杜仲林	冰脆李林
9	308.15±18.97A <sup>a</sup>	273.16±17.94A <sup>b</sup>	224.98±6.73B <sup>c</sup>	3.96±0.67B <sup>b</sup>	5.53±1.95B <sup>b</sup>	12.43±2.19A <sup>a</sup>	459.07±15.11A <sup>a</sup>	259.04±12.71B <sup>b</sup>	124.10±3.78C <sup>c</sup>
11	221.84±43.09B <sup>b</sup>	194.75±6.56B <sup>b</sup>	426.36±8.64A <sup>a</sup>	6.04±0.52A <sup>a</sup>	2.32±0.36B <sup>b</sup>	5.90±0.46A <sup>a</sup>	107.58±6.95B <sup>b</sup>	103.54±10.07B <sup>b</sup>	170.67±3.95A <sup>a</sup>
1	115.03±12.23A <sup>a</sup>	66.77±3.68C <sup>c</sup>	151.91±10.55A <sup>a</sup>	6.15±0.77B <sup>b</sup>	6.66±2.33B <sup>b</sup>	17.78±1.26A <sup>a</sup>	96.34±5.55B <sup>b</sup>	92.32±9.65B <sup>b</sup>	130.00±4.56A <sup>a</sup>
3	118.62±23.23B <sup>b</sup>	133.43±12.33B <sup>b</sup>	217.85±4.78A <sup>a</sup>	10.33±1.08A <sup>a</sup>	4.63±1.23B <sup>b</sup>	10.69±2.55A <sup>a</sup>	115.46±12.21A <sup>a</sup>	67.58±7.55B <sup>c</sup>	88.88±1.34B <sup>b</sup>
5	125.04±16.08A <sup>b</sup>	107.08±9.60A <sup>b</sup>	138.46±6.55A <sup>a</sup>	3.60±1.33A <sup>b</sup>	2.81±0.55B <sup>b</sup>	5.69±0.67A <sup>a</sup>	157.39±22.22A <sup>a</sup>	105.00±18.78A <sup>b</sup>	101.47±11.20A <sup>b</sup>
7	166.51±24.45A <sup>a</sup>	163.98±11.21A <sup>a</sup>	200.43±19.00A <sup>a</sup>	10.40±0.87A <sup>a</sup>	13.23±4.24A <sup>a</sup>	10.88±0.55A <sup>a</sup>	220.49±12.55A <sup>a</sup>	162.37±22.22B <sup>b</sup>	110.00±2.00C <sup>c</sup>
次年 9	186.19±13.05B <sup>b</sup>	124.43±3.78C <sup>c</sup>	390.00±12.22A <sup>a</sup>	6.61±0.66B <sup>b</sup>	9.70±1.22A <sup>a</sup>	6.24±0.81B <sup>b</sup>	258.46±19.00A <sup>a</sup>	205.55±11.25B <sup>b</sup>	125.98±4.50C <sup>c</sup>

注: 采用 Duncan 进行多重比较, 小写字母表示 ( $P < 0.05$ ), 大写字母表示 ( $P < 0.01$ ); 字母相同无显著差异, 字母不同代表差异显著。

土壤速效 K 含量的季节变化规律, 杜仲林和桉木林基本一致, 从 9 月开始, 都是先降低后升高, 不同的是, 桉木林速效 K 含量从 1 月份开始升高, 而杜仲林是从 3 月份开始升高, 且两种林分速效 K 含量在降低的过程中都是先迅速降低再缓慢降低。可以看出, 杜仲林和桉木林 9—11 月需要从土壤中吸收大量的钾素营养, 从而容易导致土壤中速效钾含量的迅速下降; 而此后虽然也需要较多的钾素营养, 但其需要量已较 9—11 月期间大为减少, 而在这期间的土壤速效钾基本保持稳定。冰脆李林速效 K 含量的变化规律则是 9—11 月升高, 11 月至次年 3 月降低, 3—9 月又升高。综上所述, 钾肥的施用, 杜仲林和桉木林在 9—11 月期间进行最好, 而冰脆李林在 11 月至次年 3 月期间进行较好。

## 2.2 土壤酶活性的季节动态特征

土壤中的一切生化过程, 包括各类植物物质的水解与转化、腐殖物质的合成与分解以及某些无机物的氧化与还原, 都在土壤酶的参与下进行和完成。土壤酶活性的季节变化主要受环境条件 (干湿、温度变化和林木生长等的综合影响<sup>[15]</sup>), 一年中, 随着四季的更替, 温度、水分等环境因子也在不断变化, 从而影响了与土壤生物有关的土壤酶活性, 图 1 表示出了喀斯特地区不同人工林土壤酶活性的季节性变化特征。

(1) 脲酶活性。脲酶是一种酶促含氮有机物的水解酶, 能专一性地水解尿素, 同时释放氨和二氧化碳, 是林木 N 素营养的直接来源。脲酶主要参与土壤中的氮素转化<sup>[16]</sup>, 因而脲酶活性能反映土壤氮素营养状况<sup>[16-17]</sup>。如图 1, 桉木林脲酶活性除 3 月外, 其他月份都较其他两种人工林高, 3 种人工林在一年

中总体表现都为春夏季较高, 冬季低的特点。这可能是因为春、夏季节, 气温高, 湿度大, 微生物活动强烈, 加快了土壤有机质的分解速度, 土壤脲酶活性也得到增强。杜仲林和桉木林土壤脲酶含量表现为春季 > 夏季 > 秋季 > 冬季, 但杜仲林在 5 月份表现出异常, 脲酶含量过低, 这可能是由于喀斯特地区土体不连续, 空间异质性大, 取样的时候没注意一致性产生的误差。冰脆李林土壤脲酶含量则表现为春季 > 夏季 > 冬季 > 秋季。

(2) 多酚氧化酶活性。多酚氧化酶主要来自土壤微生物、植物根系分泌物及动植物残体分解释放的酶, 是一种复合性酶<sup>[18-19]</sup>。它能把土壤中芳香族化合物氧化成醌, 醌与土壤中蛋白质、氨基酸、糖类、矿物等物质反应生成大小分子量不等有机质和色素, 完成土壤芳香族化合物循环<sup>[20-21]</sup>。如图 1, 杜仲林的多酚氧化酶活性要高于其他两种林分, 特别体现在春秋两季, 说明杜仲林土壤腐殖质的腐殖化程度最低。3 种人工林脲酶活性在一年中总体表现为春秋高, 冬季低的特点, 且都在 9 月份达到峰值, 1 月份降到最低。这可能是因为多酚氧化酶活性只有在 17~45℃ 间较高, 温度过高和过低都会使活性大大降低<sup>[22]</sup>, 杜仲、桉木、冰脆李林一年中脲酶活性的最高值分别是各自最低值的 9.84、14.15、5.44 倍。

(3) 过氧化氢酶活性。过氧化氢酶是一种重要的氧化还原酶, 其活性高低可以反映土壤解除呼吸过程中产生过氧化氢酶的能力<sup>[7]</sup>。研究<sup>[23]</sup>表明, 土壤酶活性是土壤代谢作用的标志。图 1 表明冰脆李林土壤过氧化氢酶含量除 11 月份外, 其他月份都略高于其他两种林分, 但 3 种人工林土壤过氧化氢酶含量

差异不显著, 3种人工林过氧化氢酶活性在一年中总体表现都为秋冬季略高, 春夏季略低的特点, 这是因为春夏温度较高, 温度升高对过氧化氢酶活性反而起抑制作用<sup>[24]</sup>。但这3种人工林过氧化氢酶活性的季节差异并不显著。

(4) 磷酸酶活性。磷酸酶是土壤中广泛存在的一种水解酶, 能加速土壤中有机磷的脱磷速度, 提高土壤磷的有效性, 增加植物对有效磷的吸收, 从而促

进植物的生长<sup>[25-26]</sup>。如图1, 在9月和11月冰脆李林的土壤碱性磷酸酶活性最高, 而在其他月份都是桉木林的土壤碱性磷酸酶活性最高。杜仲和桉木林土壤碱性磷酸酶活性都在1月份达到最高值, 分别为 $186.64 \mu\text{g/g}$ 和 $252.68 \mu\text{g/g}$ ; 而冰脆李林在7月份达到最高值, 为 $205.29 \mu\text{g/g}$ 。桉木、冰脆李林土壤碱性磷酸酶活性都在3月达到最低值, 而杜仲林在9月达最低值。

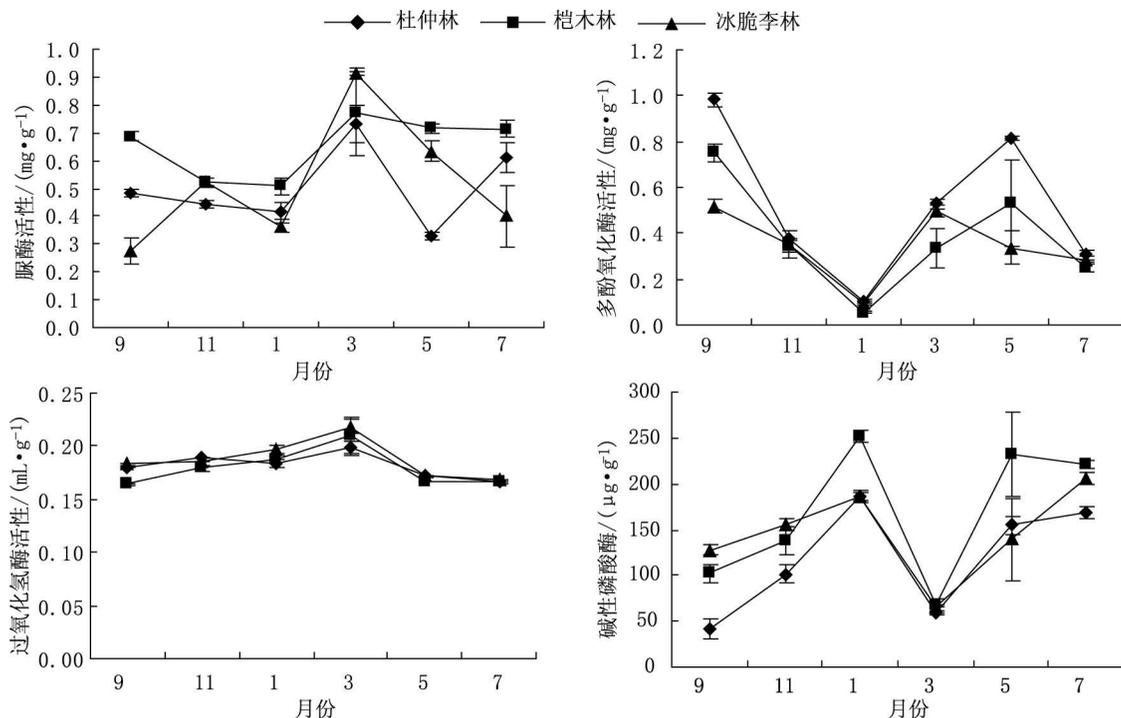


图1 土壤酶活性的季节动态

### 2.3 土壤速效养分与酶活性的相关性

土壤速效养分与土壤酶活性季节变化的相关性如表3所示。土壤中的水解氮、有效磷、速效钾含量与脲酶和碱性磷酸酶活性相关性不显著, 土壤中的水解氮、有效磷含量与多酚氧化酶和过氧化氢酶活性相关性也不显著。但速效钾含量与多酚氧化酶活性呈显著正相关, 速效钾含量与过氧化氢酶活性呈显著负相关。

表3 土壤酶活性与土壤养分的相关分析

项目	水解氮	有效磷	速效钾
脲酶	0.000 0	-0.080 0	0.150 0
多酚氧化酶	0.330 0	-0.450 0	0.460 0*
过氧化氢酶	-0.060 0	0.240 0	-0.460 0*
碱性磷酸酶	-0.290 0	0.160 0	-0.130 0

注: \*  $P < 0.05$  \*\*  $P < 0.01$ .

## 3 结论

### (1) 喀斯特地区人工林对养分元素的吸收利用

因季节的不同而异, 而土壤速效养分的季节动态变化既受到温度水分等气候因素变化的影响, 也受到林木及林下植被对养分吸收能力的影响, 因此, 人工林地施肥时间的确定与人工林地养分的季节动态变化密切相关。本研究表明: N肥施用, 杜仲林和桉木林以9月至次年1月为好, 冰脆李林以11月至次年1月为好; P肥施用, 杜仲林和冰脆李林以7—11月或1—5月为好, 桉木林以3—5月或7—9月为好; K肥施用, 杜仲林和桉木林以9—11月为好, 冰脆李林以11月至次年3月为好, 这样的施肥方式, 更有利于溶岩地区人工林的生长。

(2) 喀斯特地区人工林土壤酶活性随季节的变化而不同, 3种人工林土壤脲酶含量均表现为春夏季大于秋冬季, 桉木林脲酶活性基本较其他两种人工林高。多酚氧化酶活性表现为春秋季节大于冬季, 9月份达到峰值, 1月份降到最低, 杜仲林的多酚氧化酶活

性要高于其他两种林分。过氧化氢酶活性表现为秋冬季略高,春夏季略低的特点,冰脆李林土壤过氧化氢酶含量略高于其他两种林分,但差异不显著。碱性磷酸酶活性 3种人工林表现不尽相同,杜仲和桉木林都在 1月份达到最高值,而冰脆李林在 7月份达到最高值,桉木、冰脆李林土壤碱性磷酸酶活性都在 3月达到最低值,而杜仲林在 9月达最低值,且冰脆李林和桉木林的过氧化氢酶含量较高。

(3)相关性分析表明除多酚氧化酶活性与速效钾含量呈显著正相关,过氧化氢酶活性与速效钾含量呈显著负相关,其他均无明显相关关系。这与很多研究不同<sup>[16-17]</sup>。

本研究只对贵州岩溶区土壤速效养分和酶活性的季节动态做了初步研究。由于喀斯特地区地形地貌、生态条件复杂,空间异质性较大,使得在喀斯特地区准确探讨土壤速效养分和酶活性大小存在较大难度,因此对该地区小生境土壤性状的研究还有待进一步探索。

#### 参考文献

- [1] 角媛梅, 杨丽萍. 哀牢山区哈尼梯田的分形特征 [J]. 生态学报, 2007 27(11): 4583-4589.
- [2] 角媛梅, 肖笃宁, 程国栋. 亚热带山地民族文化与自然环境和谐发展实证研究: 以云南省元阳县哈尼族梯田文化景观为例 [J]. 山地学报, 2002 20(3): 266-271.
- [3] 关松荫, 沈桂琴, 孟昭鹏, 等. 我国主要土壤剖面酶活性状况 [J]. 土壤学报, 1984 21(4): 368-381.
- [4] Peruci P, Scapponi L, Busnelli M. Enzyme activities in a clay-loam soil amended with various crop residue [J]. Plant and soil 1984 81: 345-351.
- [5] 张其水, 俞新妥. 杉木连栽林地土壤酶的分布特征研究 [J]. 福建林学院学报 1990 10(4): 377-381.
- [6] 何斌, 温远光, 袁霞, 等. 广西英罗港不同红树植物群落土壤理化性质与酶活性的研究 [J]. 林业科学, 2002 38(2): 21-26.
- [7] 关松荫. 土壤酶及其研究法 [M]. 北京: 农业出版社, 1986: 199-359.
- [8] 杨承栋, 焦如珍, 屠星南, 等. 杉木林下植被对 5~15 °土坡性质的改良 [J]. 林业科学研究, 1995 8(5): 514-519.
- [9] 杨万勤, 王开运. 森林土壤酶的研究进展 [J]. 林业科学, 2004 40(2): 152-159.
- [10] 刘方, 王世杰, 罗海波, 等. 喀斯特石漠化过程中植被演替及其对径流水化学的影响 [J]. 土壤学报, 2006 43(1): 26-32.
- [11] 刘方, 王世杰, 刘元生, 等. 喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价 [J]. 生态学报, 2005 25(3): 640-646.
- [12] 龙健, 李娟, 滕应, 等. 贵州高原喀斯特环境退化过程土壤质量的生物学特性研究 [J]. 水土保持学报, 2003 17(2): 47-50.
- [13] 龙健, 黄昌勇, 李娟. 喀斯特山区土地利用方式对土壤质量演变的影响 [J]. 水土保持学报, 2002 16(1): 76-79.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [15] 张猛, 张健. 林地土壤微生物、酶活性研究进展 [J]. 四川农业大学学报, 2003 21(4): 347-351.
- [16] 宋海燕, 李传荣, 许景伟, 等. 滨海盐碱地枣园土壤酶活性与土壤养分、微生物的关系 [J]. 林业科学, 2007 43(增刊 1): 28-32.
- [17] 郑诗樟, 肖青亮, 吴蔚东, 等. 丘陵红壤不同林型土壤微生物类群、酶活性与土壤理化性状关系的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2008 16(1): 57-61.
- [18] 张咏梅, 周国逸, 吴宁. 土壤酶学的研究进展 [J]. 热带亚热带植物学报, 2004 12(1): 83-90.
- [19] Heribert Insam. Developments in soil microbiology since the mid 1960s [J]. Geoderma 2001 100: 389-402.
- [20] 贾新民, 于泉林, 沙永平, 等. 大豆连作土壤多酚氧化酶研究 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1995 8(2): 40-43.
- [21] Giuseppe Toscano, Maria Letizia Colariet, Guido Greco. Oxidative polymerisation of Phenols by a Phenol oxidase from green olives [J]. Enzyme and Microbial Technology 2003 33: 47-54.
- [22] 郝建朝, 吴沿友, 连宾, 等. 土壤多酚氧化酶性质研究及意义 [J]. 土壤通报, 2006 37(3): 470-474.
- [23] 严健汉, 詹重慈. 环境土壤学 [M]. 武汉: 华中师范大学, 1985: 154-155.
- [24] 孙辉, 吴秀臣, 秦纪洪, 等. 西亚高山森林土壤过氧化氢酶活性对升高温度和 CO<sub>2</sub> 浓度的响应 [J]. 土壤通报, 2007 38(5): 891-895.
- [25] 陈健飞. 梅花山土壤诊断特性及系统分类研究 [J]. 土壤, 1997 29(5): 235-239.
- [26] 陈健飞. 武夷山土壤分类参比 [J]. 土壤, 1999 31(3): 149-153.

(责任编辑 吴祝华)

## 《紫竹栽培与开发利用》出版发行

近日, 由安徽省作协会员、广德县林业高级工程师陈兴福编著的《紫竹栽培与开发利用》一书, 由中国科学文化出版社正式出版发行, 该书是我国国内首部关于紫竹文化与栽培的系统研究专著。

该书首次区划我国紫竹 2 个品种并详述其形态特征及材性区别, 全面系统研究介绍紫竹生物学特性、生长指标、材性、品种选择、分类经营与栽培技术、紫竹文化内涵与发展前景、地位与投资风险分析、开发利用与文化发展简史、现状、产品与工艺等。总结在安徽广德建成全国紫竹特色之乡的栽培技术、管理经验与科研实践, 重点分析紫竹与其他竹(树)种的投资效益对比, 对目前及今后紫竹生产经营、栽培发展、丰产培育及开发利用、文化研究等提出指导性意见。可供广大竹子生产、研究、经营、栽培、加工利用单位或个人、竹农、专业户、生产厂家、科研院校、农林、园林部门等参考学习。

(紫竹林)