

文章编号:1001-4810(2008)04-0316-05

## 秸秆还田对岩溶区与非岩溶区 土壤酶活性影响的对比研究

韦红群<sup>1,2</sup>, 曾建华<sup>1</sup>, 梁建宏<sup>1,2</sup>, 蒋健波<sup>2</sup>, 覃星铭<sup>2</sup>, 黄雪曼<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 国土资源部岩溶动力学重点实验室, 广西 桂林 541004;

2. 广西师范大学生命科学学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:**通过室内模拟试验,研究了岩溶区棕色石灰土与非岩溶区红壤对玉米秸秆有机物料降解过程中土壤pH值、秸秆降解率和酶活性的变化特征。结果表明:秸秆降解期间,土壤pH值在前期有下降的趋势,后期慢慢回升;秸秆降解速度最快主要集中在降解的最初30d,之后呈缓慢上升趋势,到98d基本达到平衡,降解速度大大减慢;过氧化氢酶的变化不明显,土壤蔗糖酶、脲酶、纤维素酶和蛋白酶活性都在不同程度上呈现“前期上升,中期下降,后期上升”的变化趋势。因素比较结果表明:除蛋白酶的活性是非岩溶区的大于岩溶区外,其它的基本上都是岩溶区的大于非岩溶区;从降解率来看也是岩溶区的要稍高于非岩溶区。由此认为,秸秆在岩溶区土壤中的降解作用比非岩溶区更强。

**关键词:** 秸秆还田; pH值; 降解率; 岩溶区与非岩溶区; 土壤酶

中图分类号: S154.2

文献标识码: A

秸秆如能有效直接还田、过腹还田和堆沤还田,就能在很大程度上增加土壤有机质,改善土壤结构,减少过量施用化肥带来的土壤退化和污染,增强农业发展后劲<sup>[1]</sup>。土壤酶能在接近常温、常压和pH值的条件下,大大加快土壤中许多重要的生物化学过程——包括腐殖质的合成和分解、各类有机物质的水解和转化以及有机物和某些无机物的氧化和还原等。可以说,凡是与土壤中的物质和能量转化有关的生物化学过程,都是在土壤酶的作用下进行的。秸秆还田可以增加土壤中各种酶的数量,而且给土壤酶提供了大量作用底物,因而提高了土壤酶的活性<sup>[2]</sup>。有研究显示<sup>[3~7]</sup>,较未施用秸秆的对照土而言,秸秆还田能使土壤的转化酶、蛋白酶、淀粉酶、蔗糖酶、磷酸酶、脱氢酶和ATP酶等的活性得到不同程度的提高。土壤之间性质的差异导致有机质在其中的分解情况迥异。因此,本文主要从岩溶区与非岩溶区两种不同土壤质地

出发,比较两地区土壤对同一秸秆降解速率的快慢和土壤酶活性变化趋势的差异性,为岩溶区与非岩溶区秸秆还田技术提供参考资料,也为寻找和研究岩溶地区土地的持续利用方式,提高单位面积产量,了解并改善土壤肥力条件,更好地利用岩溶区土地资源和培肥地力提供有价值的依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区概况及样品采集

采集地点为广西桂林潮田乡毛村下狮赖屯,区内主要分岩溶区和非岩溶区两种岩性区类型。研究区地层主要由泥盆系融县组(D<sub>3r</sub>)和东岗岭组(D<sub>2d</sub>)碳酸岩盐及一套含铁的砂岩组成。岩溶区内的石灰土为棕色石灰土,分层明显;非岩溶区内的地带性硅酸盐红

基金项目:国家科技支撑计划课题(2006BAC01A16);中国地质科学院岩溶地质研究所所控项目(200702)、广西科技厅创新能力项目(桂科能0842008)。

第一作者简介:韦红群(1985-),女,在读硕士生。研究方向:岩溶微生物。

收稿日期:2008-05-20

壤层次也很清楚。岩溶区土壤的pH值、有机质、全氮和全磷分别为6.57、6.12%、0.112%、0.141%，非岩溶区的分别为4.47、3.37%、0.072%和0.088%。

玉米秆样品采集:采集无病虫害或病虫害不严重的干玉米秆,直接切碎,长度约1~3cm。土壤样品采集:采集岩溶区与非岩溶区林地表层5~15cm土壤并混合均匀,然后风干再过20目筛。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 玉米秸秆降解的室内模拟实验

将土样与一定量秸秆混匀后,盛于圆柱形硬质塑料瓶(直径×高=5.5cm×12.5cm)中,加入量相当于每667m<sup>2</sup>还田施入500kg秸秆。因秸秆本身C/N为60:1~80:1,而适宜微生物活动的C/N为25:1,秸秆还田后土壤中氮素不足,使得微生物与作物争夺氮素<sup>[8]</sup>,因此本试验加施尿素以调整土壤的C/N为25左右。加水至土壤田间持水量的60%,于25℃恒温培养箱内培养,分别于第0d,3d,7d,14d,21d,28d,42d,56d,84d,98d,133d,147d和160d进行土壤酶活性、pH值及降解率的跟踪测定。每个处理做4个重复,即共104个样瓶。

### 1.2.2 有关理化指标测定

(1)秸秆降解率的测定:定期挑拣出培养瓶中所剩秸秆,置于100目筛中冲洗干净,于60℃烘干称重<sup>[9]</sup>。

(2) pH值的测定 采用水土比2.5:1的电位法;

(3)有机质测定 用重铬酸钾容量法;

(4)全氮测定 采用半微量凯氏法;

(5)全磷测定 采用酸溶钼锑抗比色法;

(6)土壤酶活性的测定 过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶、纤维素酶按关松荫<sup>[10]</sup>中的方法进行;蛋白酶按曹承绵<sup>[11]</sup>中的方法进行。酶活性表示:过氧化氢酶——0.1N KMnO<sub>4</sub>/mL/g<sub>干土</sub>;蔗糖酶——葡萄糖 mg/g<sub>干土</sub> (37℃, 24h);脲酶——NH<sub>3</sub>-N mg/g<sub>干土</sub> (37℃, 24h);纤维素酶——葡萄糖 mg/10g<sub>干土</sub> (37℃, 72h);蛋白酶——甘氨酸 μg/g<sub>干土</sub> (30℃, 24h)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 秸秆降解对土壤pH值的影响

土壤pH值的变化实验结果如表1所示。从表1可看出,非岩溶区原土样(即培养0d的土样)的pH值为4.47,岩溶区的为6.57。随着培养天数的增加,非岩溶区总体上呈上升趋势,到第14天时有下降的趋势,但波动不是很明显,在56d时达到第一个高峰,pH值为4.70,增加了5%,160d时达到第二个高峰,

pH值为4.76,增加了7%;而岩溶区的则在开始时的30天内呈下降趋势,后面慢慢上升,上升幅度也不明显,在98d时达到第一个高峰,pH值为6.43,但还是比原土降低了2%,到133d时有第二个最高峰,pH值为6.69,增加了2%。降解前期pH值的下降主要因为降解前期秸秆分解速度快,产生的有机酸类物质使得土壤向偏酸方向变化<sup>[12]</sup>。

表1 不同培养天数土壤pH值的变化

Tab. 1 The variation of soil pH during different culture days

培养天数/d	非岩溶区	岩溶区
0	4.47	6.57
3	4.51	6.40
7	4.56	6.40
14	4.49	6.32
21	4.51	6.27
28	4.58	6.33
42	4.60	6.41
56	4.70	6.43
84	4.58	6.38
98	4.66	6.57
133	4.75	6.69
147	4.73	6.66
160	4.76	6.65

### 2.2 两种土壤中玉米秸秆降解率比较

图1表示两两相邻取样日期间秸秆降解速率的差值比较,结果表明秸秆降解速率最快的主要集中在最初60d,此时降解率达到55%以上。降解过程主要分三个时期:前期降解速率呈加速上升趋势;中期呈减速趋势,加快速度较前期明显减慢;后期呈平稳趋势,降解很慢。岩溶区前期主要集中在前30d,出现峰值的时间约28d,中期为30~84d;非岩溶区前期主要集中在前45d,峰值时间约42d,中期为45~84d。岩溶区在第21d、非岩溶区在第28d时降解速率都有一个下降趋势,可能是由秸秆降解期间土壤微生物优势群的变化所致,其中非岩溶区受到的影响较大。非岩溶区降解峰值出现的时间比岩溶区滞后15d左右。总降解时间持续160d,岩溶区降解率为77%,非岩溶区为75%。总体上岩溶区降解速度要比非岩溶区大。差异主要源于两种土样质地不同:石灰土(岩溶区)质地粘重<sup>[13]</sup>(<0.05mm的粘粒含量达89%~97%,<0.001mm的粘粒含量达47%~50%),有机质含量高(6.12%),偏碱性(pH=6.57);红壤(非岩溶区)质地疏松(<0.05mm的粘粒含量约为60%~87%,<0.001mm

的粘粒含量约为 29%~36%),有机质含量低(3.37%),酸性(pH=4.47)。李湘等<sup>[14]</sup>研究了碱处理、汽爆处理、酸处理、未处理四个不同的预处理方法对秸秆发酵的影响,结果表明碱处理秸秆分解率较高。本次试验为酸碱两种土壤环境,结果也表明呈碱性的秸秆分解快,因为pH值为7.0左右时微生物活动旺盛。

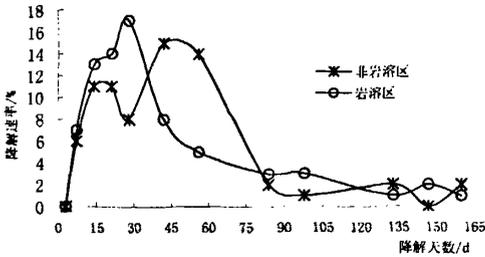


图1 两种土壤中玉米秸秆降解速率比较  
Fig.1 Comparison of the rate of corn straw degradation in karst and non-karst areas

### 2.3 玉米秸秆不同降解时期对土壤酶活性的影响

玉米秸秆的主要成分是纤维素,占35%,其次是半纤维素和木质素,各占15%。微生物作为产生各土壤酶的主要来源,在秸秆物质的降解过程中发挥了巨大的作用。土壤肥力不同,土壤酶活性也不同。凡是土壤肥力较高的土壤,土壤酶活性也相应较高,反之则低<sup>[15]</sup>。

#### 2.3.1 过氧化氢酶的变化特征

不同降解时期过氧化氢酶的变化特征如图2所示。

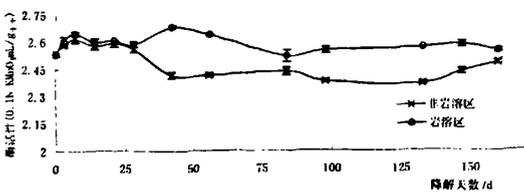


图2 玉米秸秆不同降解时期过氧化氢酶活性的变化特征  
Fig.2 The variation characteristics of catalase activity in different degrading phases of corn straw

图2表明岩溶区过氧化氢酶在第7d、42d、98d和147d时出现高峰;非岩溶区的在第7和21d时出现高峰,之后慢慢下降,但到98d时又呈上升趋势。总体上岩溶区酶活性较非岩溶区的高,主要是过氧化氢酶活性分布与pH值有关<sup>[16]</sup>。显碱性的土壤过氧化氢酶活性较高,基本不显层次性;显酸性的则较弱,有层次性分布特点。两地区过氧化氢酶的变化没有太明显的波动,酶活性主要集中在2.3~2.7个酶活力单位之间,

说明其酶活性较稳定,受秸秆还田的影响不大,这与李春霞等<sup>[17]</sup>报道的一致。

#### 2.3.2 蔗糖酶的变化特征

秸秆还田对土壤蔗糖酶影响趋势如图3。岩溶区在前7d和98d以后其蔗糖酶活性均比非岩溶区的高,但其在28~98d期间酶活性有很大的降低。非岩溶区的在14d时酶活性达到第一个高峰,42~84d酶活性最高,且达到一个暂时的平衡,之后逐渐下降。造成降解30d后酶活性进入低潮,可能原因是降解30d时秸秆进行初级分解,即水溶性和苯醇溶性物质的分解,之后进入次级分解,而木质素的分解会抑制蔗糖酶的活性<sup>[16]</sup>。而非岩溶区降低的幅度不大可能原因与秸秆的降解滞后性有关,即秸秆腐烂速度较岩溶区慢,因而由秸秆降解提供的有机肥料的水水平较岩溶区的平稳,因此其蔗糖酶活性在这时期变化幅度不大。

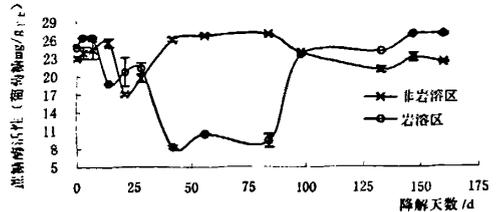


图3 玉米秸秆不同降解时期蔗糖酶活性的变化特征  
Fig.3 The variation characteristics of invertase activity in different degrading phases of corn straw

#### 2.3.3 脲酶的变化特征

脲酶是催化尿素水解的唯一酶,土壤脲酶的活性常被用来表示土壤的氮素养分状况<sup>[18]</sup>。秸秆还田对土壤脲酶影响趋势如图4。两地区脲酶变化趋势相似,培养3d后酶活性慢慢升高,42d后又呈下降趋势,98d后又慢慢回升。岩溶区在降解28d出现第一个高峰,而非岩溶区则到42d才出现。前98d岩溶区脲酶活性高于非岩溶区,之后是非岩溶区高于岩溶区。培养3d后酶活性慢慢升高,原因是首先碎秸秆可以增加土壤透气性提高地温;其次与秸秆中含有易分解含氮化合物有关<sup>[19]</sup>,因脲酶活性与土壤水解氮具有良好的相关性<sup>[20]</sup>,这些都有利于脲酶活性的提高。随着秸秆的继续降解,期间又没有对土壤进行翻松,再加上其它酶的相互作用,有机质大量累积,因此相比之下通气状况较差,导致脲酶活性降低。薛冬等人的研究表明<sup>[21]</sup>土壤脲酶、蔗糖酶等诸多酶类与土壤有机碳、全氮及全磷等显著相关或极显著相关。后期脲酶活性升高及与土壤肥力有关,因为秸秆的降解,使得土壤中有机质、全氮等含量增加<sup>[15]</sup>,从而使刺激脲酶活性增加。

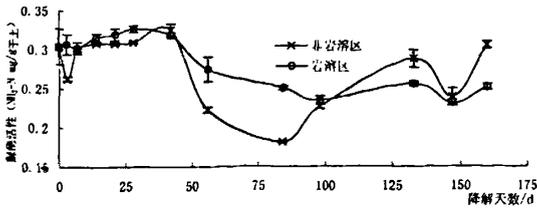


图4 玉米秸秆不同降解时期脲酶活性的变化特征  
Fig. 4 The variation characteristics of urease activity in different degrading phases of corn straw

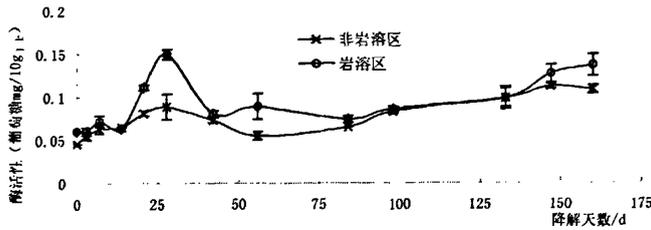


图5 玉米秸秆不同降解时期纤维素酶活性的变化特征  
Fig. 5 The variation characteristics of cellulose activity in different degrading phases of corn straw

解期间土壤微生物优势群的变化和土壤有机质含量有关。因为,首先由于土壤优势群的变化,会导致某一类微生物的死亡,同时刺激另一类微生物的活动。再次,秸秆降解增加了土壤表层有机质的含量,酶的底物多<sup>[12]</sup>,这些都会在一定程度上刺激纤维素酶的活性。

2.3.5 蛋白酶的变化特征

图6表明蛋白酶活性的变化也可分3个阶段,第一阶段为0~42d,酶活性呈急剧上升趋势,第二阶段

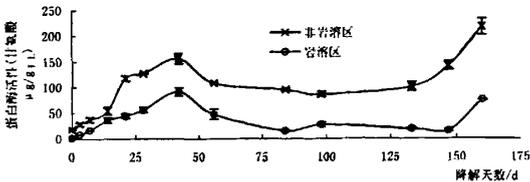


图6 玉米秸秆不同降解时期蛋白酶活性的变化特征  
Fig. 6 The variation characteristics of protease activity in different degrading phases of corn straw

酶活性降低并维持了一段时间,第三阶段为133~160d,酶活性又呈上升趋势。整个降解过程,岩溶区与非岩溶区蛋白酶活性有明显差别。在42d出现的波峰来看,岩溶区酶活性为91.26 甘氨酸  $\mu\text{g/g}$  干土,非岩溶区的为155.29 甘氨酸  $\mu\text{g/g}$  干土,非岩溶区比岩溶区高出约70%。蛋白酶能促使蛋白质水解成肽,进一步水解成氨基酸。它与脲酶一起参与土壤的氮素循环,因此它与脲酶的变化呈现相似的规律。降解初期两地区酶活性都呈增大趋势,是因为初期主要对易分解的水溶性和苯醇溶性物质的分解,蛋白质即是水溶性

2.3.4 纤维素酶的变化特征

由图5可看出两地区纤维素酶变化趋势相似,都是降解前28d酶活性缓慢上升,28~84d呈下降趋势,84d后回升,但岩溶区的酶活性较非岩溶区的大些。纤维素酶活性到后期才有明显上升是因为降解前和中期微生物群主要对秸秆中易腐解物先进行分解,而到后期纤维素降解菌才开始活跃,纤维素酶活性不断增强,此时主要对秸秆中纤维素进行降解。造成两地区纤维素酶活性在28d的上升,可能原因与秸秆降

的。随着秸秆的继续降解,秸秆中的蛋白质含量逐渐降低,因此蛋白酶活性也随之降低。后期活性回升主要也是由于秸秆降解提高土壤肥力所致。

3 结论与讨论

(1) 秸秆的腐解是土壤过氧化氢酶、转化酶、脲酶、蛋白酶和纤维素酶等秸秆腐解酶共同作用的结果。总体上岩溶区降解速度比非岩溶区大。秸秆降解速度最快主要集中在最初60d,之后呈缓慢上升趋势,到98d基本达到平衡,降解速度大大减慢。非岩溶区降解峰值出现的时间为第42d,岩溶区的为第28d,峰值出现时间前者比后者滞后15d左右。总降解时间持续160d,岩溶区降解率为77%,非岩溶区的为75%。

(2) 秸秆降解期间,土壤pH值前期有下降的趋势,后期慢慢回升,这与秸秆降解过程中不同时期降解产物变化规律相吻合。过氧化氢酶活性分布与pH值有关,显碱性的土壤过氧化氢酶活性较高,显酸性则较弱。两地区过氧化氢酶的变化没有明显波动,说明其酶活性较稳定,受秸秆还田影响不大。土壤蔗糖酶、脲酶、纤维素酶和蛋白酶活性都在不同程度上呈现“前期上升,中期下降,后期上升”的变化趋势,这与赵兰坡等<sup>[16]</sup>报道的一致。其中蔗糖酶和脲酶出现峰值时间,非岩溶区有明显的滞后性。

(3) 秸秆还田,在很大程度上刺激了土壤秸秆腐解酶活性的增加。本次实验所研究的5种酶中,除蛋白酶的活性是非岩溶区大于岩溶区外,其它均是岩溶

区大于非岩溶区,降解速率也是岩溶区高于非岩溶区。就本次实验结果而言,两种不同质地的土壤,秸秆在岩溶区中的降解作用更强。当然其中还应涉及到土壤理化性质的变化特征和微生物量等相关指标,这些内容现正在研究中。

(4) 秸秆还田不仅能使土壤的转化酶、蛋白酶、蔗糖酶、脲酶等的活性得到不同程度的提高,秸秆还田还可以改善土壤结构,提高土壤肥力<sup>[22]</sup>。据测定,长江中下游农区秸秆还田量为2 250~7 500kg/hm<sup>2</sup>,有机质增幅为0.01%~0.54%,平均增加0.151%。速效氮增加2~3.5mg/kg,平均增加2.7 mg/kg;速效磷增加1.7~7.5mg/kg,平均增加4.61 mg/kg;速效钾增加2.4~21.0mg/kg,平均增加7.37mg/kg<sup>[15]</sup>。官亮等<sup>[23]</sup>的研究也表明,施用有机物料不仅能够改善土壤的理化性质、培肥地力,还能增加玉米产量。因此,合理的利用有机物料培肥土壤具有重大意义。

#### 参考文献

- [1] 顾玉珍,李宁. 秸秆助降解微生物菌剂应用效果研究[J]. 上海农业科技, 2002, 6: 97-98.
- [2] 季立声,贾君水,张圣武,等. 秸秆直接还田的土壤生物学效应[J]. 山东农业大学学报, 1992, 23(4): 375-379.
- [3] 赵哲权,王明九,刑建民. 施用作物秸秆对土壤酶活性的影响[J]. 土壤肥料, 1990, (3): 28-29.
- [4] 杨玉爱,何念祖,叶正钱. 有机肥料对土壤锌、锰有效性的影响[J]. 土壤学报, 1990, 27(2): 196-201.
- [5] 金海洋,姚政,徐四新,等. 秸秆还田对土壤生物特性的影响研究[J]. 上海农业学报, 2006, 22(1): 39-41.
- [6] 姚胜蕊,薛炳焯,束怀瑞. 有机物料对盆栽苹果土壤酶活性的影响[J]. 土壤肥料, 2000, (1): 32-34.
- [7] 张点血,韩志卿,刘微,等. 玉米秸秆直接还田配施促腐剂效应研究[J]. 河北科技师范学院学报, 2004, 18(3): 1-4.
- [8] 李焕珍. 玉米秸秆直接还田培肥效果的研究[J]. 土壤通报, 1996, (5): 213-215.
- [9] 王树红,姚政,蒋小华,等. 影响还田秸秆降解速率的因素及组合效果[J]. 上海农业学报, 2001, 17(4): 74-77.
- [10] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986, 274-320.
- [11] 曹承绵,张志明,周礼恺. 几种土壤蛋白酶活性测定方法的比较[J]. 土壤通报, 1982, 13(2): 39-40.
- [12] 吴菲. 玉米连续多年还田对土壤理化性状和作物生长的影响[D]. 中国农业大学, 硕士学位论文, 2005. 6.
- [13] 曹建华,袁道先,裴建国,等. 受地质条件制约的中国西南岩溶生态系统[M]. 北京: 地质出版社, 2005, 20-22.
- [14] 李湘,魏秀英,董仁杰. 秸秆微生物降解过程中不同预处理方法的比较研究[J]. 农业工程学报, 2006, (22): 110-116.
- [15] 史央. 红壤中秸秆降解的微生物演替及应用研究[D]. 南京师范大学, 2003 届硕士学位论文, 2003, 5.
- [16] 赵兰波,姜岩. 施用有机物料对土壤酶活性的影响——1. 有机物料对土壤酶活性的效应[J]. 吉林农业大学学报, 1987, 9(4): 43-50.
- [17] 李春霞,陈阜,王俊忠,等. 秸秆还田与耕作方式对土壤酶活性动态变化的影响[J]. 河南农业科学, 2006, 11: 68-70.
- [18] 张为政. 作物茬口对土壤酶活性和微生物的影响[J]. 土壤肥料, 1993(5): 12-14.
- [19] Blasubramanian A et al. Effects of organic manuring on the activities of enzymes hydrolysis sucrose and urea and on soil aggregation[J]. Plant and Soil, 1972, 37: 319-328.
- [20] 汤树德. 作物秸秆直接还田的土壤生物学效应[J]. 土壤学报, 1980, 17(2): 172-181.
- [21] 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(18): 1455-1458.
- [22] 劳秀荣,孙伟红,王真,等. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 2003, 40(4): 618-623.
- [23] 官亮,孙文涛,王聪翔,等. 玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(2): 122-124, 130.

## Effects of straw returning to field on enzyme activity in karst and non-karst area

WEI Hong-qun<sup>1,2</sup>, CAO Jian-hua<sup>1</sup>, LIANG Jian-hong<sup>2</sup>, JIANG Jian-bo<sup>2</sup>,  
QIN Xing-ming<sup>2</sup>, HUANG Xue-man<sup>2</sup>

(1. Institute of Karst Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, and Key Laboratory of Karst Dynamics, Ministry of Land and Resources, Guilin, Guangxi 541004, China; 2. College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541004, China)

**Abstract:** In this paper the indoor simulation test is adopted to study the variation characteristics of soil pH, the rate of corn straw degradation and enzyme activity on brown rendzina in karst area and laterite in non-karst area in the degradation process of corn straw. The results show that: soil pH decreased in the early period, but increased in the late period; the largest degradation speed was mainly in the first 30 days, and then increased slowly, at the 98th day reached its balance; there were no significant changes in catalase, but the enzyme activity of invertase, urease, cellulose and protease showed a change tendency of "increase at the early stage, decrease at the middle stage and increase at the later stage". Factors comparison shows that: the activity of the protease in non-karst area is larger than that in karst area, but to other four kinds of enzyme activity, the results are reversed; the rate of corn straw degradation in karst area is also larger than non-karst area. Therefore, straw in the soil of karst area degrades more strongly.

**Key words:** straw returning; soil pH; degradation rate; karst and non-karst area; soil enzyme