

# Research Advance of the Relationship between Soil Enzyme Activity and Soil Fertility in Forest Land

Tingting Cao<sup>1,2,3,4</sup>, Zhen Guo<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co. Ltd., Institute of Land Engineering and Technology, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>3</sup>Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Natural and Resources, Xi'an Shaanxi

<sup>4</sup>Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi  
Email: caotingtingbeyond@163.com

Received: June 2<sup>nd</sup>, 2019; accepted: June 17<sup>th</sup>, 2019; published: June 24<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The origin, classification and dynamic variation of soil enzymes, the interaction mechanism and correlation between soil enzymes and soil fertility, and the possibility of using soil enzyme activity as the evaluation index of soil fertility were summed up in order to further understand the relationship between soil enzyme activity and soil fertility. The soil enzyme activity can be used as an index to evaluate the soil fertility, and the research direction in the future is also discussed.

## Keywords

Soil Microorganism, Enzyme Activity, Soil Fertility

---

# 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展

曹婷婷<sup>1,2,3,4</sup>, 郭 振<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

<sup>3</sup>自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

<sup>4</sup>陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: caotingtingbeyond@163.com

收稿日期: 2019年6月2日; 录用日期: 2019年6月17日; 发布日期: 2019年6月24日

## 摘要

为了进一步了解林地土壤酶活性与土壤肥力的关系研究, 本文综述了土壤酶的来源、分类及动态变化, 土壤酶与土壤肥力的作用机理及相互关系, 以及用土壤酶活性作为土壤肥力评价指标的可行性分析。提出土壤酶活性可作为评价土壤肥力的指标, 并探讨了今后的研究方向。

## 关键词

土壤微生物, 酶活性, 土壤肥力

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

土壤酶在土壤生态系统的物质循环和能量流动方面扮演重要的角色。目前, 在几乎所有的森林生态系统研究中, 土壤酶活性的监测似乎成为必不可少的研究内容。森林凋落物分解过程中的酶活性动态, 植被特征与酶活性的关系, 土壤微生物与土壤酶的关系, 植物-土壤界面的土壤酶, 森林土壤质量评价指标的土壤酶及人类活动干扰对森林土壤酶活性的影响等是当前森林土壤酶学的研究重点。由于土壤酶的功能和生态重要性, 森林土壤酶研究可能包括土壤酶系统分异; 作为森林土壤质量综合评价指标的土壤酶活性; 植被动态与土壤酶的关系; 退化森林生态系统的土壤酶活性特征; 人工林土壤酶活性特征; 人类活动对森林土壤酶系统的影响等。

同时土壤酶也是土壤的组成部分。它是一种生物催化剂, 参与土壤中的各种生物化学过程。它不仅能反映土壤生物活性的高低, 而且在土壤营养物质的循环和能量的转化过程中起着重要作用, 还能表征土壤养分转化的快慢。在森林生态系统中, 土壤微生物是生态系统的重要成员。它参与森林生态系统的物质和能量循环, 是土壤中最活跃的部分, 对林木营养有着重要意义。土壤微生物及林木根系等能够释放各种酶类进入土壤, 土壤酶类和微生物一起推动着土壤的代谢过程。

有关研究报道指出, 研究土壤酶活性的变化, 将有助于了解土壤肥力的现状和演化[1]。近年来, 关于土壤酶的研究发展较快, 但主要集中于农业土壤的不同土类和不同肥力水平土壤的酶活性、施用有机肥和无机肥对酶活性的影响等方面[2]-[7]。对土壤肥力的表征, 单纯用土壤理化性质来评价土壤肥力的高低很难全面反应土壤肥力特征, 因此要加强对土壤酶的研究。但是, 作为今后土壤科学基础研究的一个重点, 强调土壤肥力的生物学特性包括生化特性还没有予以更大重视[8]。尤其是在林地土壤方面, 国外报道不多, 国内也是近 10 年才有较大发展。本文拟就土壤酶的研究概况、土壤酶活性作为土壤肥力评价指标的可能性、土壤酶活性与土壤肥力的研究机理及酶活性与森林土壤肥力因素的关系做一论述。

## 2. 土壤酶的研究概况

土壤酶是能催化土壤生物学反应的蛋白质, 主要来自土壤微生物和植物根系, 也来自土壤动物和进入土壤的动植物残体。它是在没有微生物繁殖发生情况下, 土壤里存在的具有活性的蛋白质。它包括: 1) 在细胞外执行催化功能, 自由存在于土壤溶液里或固定在无机或有机组分上的酶; 2) 存在于细胞碎片内的酶; 3) 存在于死细胞或具有生命力但不进行繁殖的细胞内的酶。

关于土壤存在聚积酶的报道, 最初见于上世纪末。1899年 Woods 发现土壤中有过氧化氢酶的存在, 并指出它来源于植物的腐解。Konvg 和 Gvle 用气量法对之进行了首次测定。随后又发现了淀粉酶、磷酸酶和脲酶。早期土壤酶的研究主要是酶的来源、类型以及一些研究方法等。50年代后, 许多理论成果及研究方法引入酶学研究, 加之土壤生物化学的迅速发展, 使土壤酶学逐渐发展成为土壤科学的一个新分支。目前土壤酶主要向两个领域延伸: 1) 了解土壤酶存在的状态及生化动力学特性, 包括研究酶的稳定提取, 稳定机理及现代化测试方法并阐明它们在生态系统中的作用; 2) 应用土壤酶学知识解决现代环境、农林业及其他方面的实际问题。

我国土壤酶学研究起步于 20 世纪 60 年代初期, 研究的土壤种类较少仅涉及水稻土、红壤、棕壤和黑土等, 其研究内容仅为土壤酶与土壤微生物的关系及耕作技术对土壤酶的影响及其与植物生长的关系。从 20 世纪 70 年代开始, 土壤酶研究的土壤类型涉及十几种, 研究内容既结合微生物性质研究土壤酶活性, 同时又特别注意研究一些土壤积累酶的特性以及土壤酶活性与土壤其他肥力因素的关系, 用土壤酶评价农业技术措施的效果, 鉴别土壤类型和肥力水平。研究的酶类主要有: 过氧化氢酶、多酚氧化酶、脲酶、蛋白酶、磷酸酶、脱氢酶和蔗糖等, 在林型上多集中于杉木与马尾松混交林、杉木、落叶松和沙棘等林地。目前, 推广和应用土壤酶学知识解决现代环境、农业和其他方面的实际问题已经取得一定进步。我国近 20 年来对土壤酶的研究也有了蓬勃发展, 且重点在农地土壤酶, 而对森林土壤酶重视不够, 今后有必要开展更深入的研究。

### 2.1. 土壤酶的来源

土壤酶来源于土壤中微生物活动的分泌物[9] [10]。大量研究表明, 植物根确实能将一些酶分泌至根际土壤, 但是由于技术手段等方面的原因, 很难区别根际土壤中植物和微生物对于土壤酶活性的贡献。植物残体在分解的过程中也能够向土壤释放酶, 或者在分解的植物细胞组织中保持部分活性[11]。

### 2.2. 土壤酶的分类

按照酶的催化反应类型和功能, 国际酶学委员会于 1961 年提出了一个分类系统, 把酶分为 6 大类型, 即水解酶、裂合酶、氧化还原酶、转移酶、异构酶和连接酶, 土壤中酶活性的研究主要涉及到前 4 类酶[12]。水解酶包括各种脂类酶、糖苷酶和肽酶。氧化还原酶是土壤中另一类研究较多的酶类, 主要是催化氢的转移或电子传递的氧化还原反应, 由于这些酶所催化的反应大多与获得能量或放出能量有关, 因此在生物体内起着重要作用; 转移酶类催化某些化合物中基团的转移, 即一种分子上的某一基团转移到另一分子上去的反应, 不仅参与蛋白质、核酸和脂肪的代谢, 而且参与激素和抗菌素的合成和转化; 裂合酶在土壤中也具有某些活性, 但直到现在对于这类酶的研究还很少。

根据酶的反应类型, 国际酶学委员会于 1961 年将酶分为 6 大类型, 即连接酶氧化还原酶、裂合酶、异构酶、转移酶、水解酶, 土壤中酶活性的研究主要涉及到前 4 类酶[12]。

根据酶在土壤中的分布规律, Burns 把土壤中的酶分为 2 类[13], 一类是生物酶, 包括分布在细胞质里的胞内酶、外周质空间的酶以及细胞表面的酶; 另一类为非生物酶, 这类非生物酶是指细胞生长过程中产生的废弃物。

### 2.3. 土壤酶活性动态变化

林地土壤中酶的活性与土层深度有着一定的相关性, 有研究者对柑橘园的酶活性随土层分布情况进行了研究, 结果表明: 土壤转化酶与脲酶随着土层深度的增加活性降低[14]。有研究者对银杏园土壤脲酶、转化酶及蛋白酶变化进行了研究, 结果表明上述三种酶活性均随土层深度的增加而递减[15]。

森林凋落物是森林生态系统的重要组成部分,凋落物分解与森林生态系统中主要养分元素(C、N、P、S等)的循环密切相关,是森林生态系统中的物质转化过程之一。凋落物的分解包括淋洗作用、机械破碎、土壤腐食动物的消化和腐生营养微生物对化合物的酶解等过程。一方面可能因为凋落物的腐解能释放酶进入土壤中,从而提高土壤酶活性;另一方面由于凋落物中生物区系的变化,尤其是微生物数量和活性的升高,凋落物和土壤中的酶活性也会升高。酶活性升高有利于凋落物和土壤有机物质的分解、转换和养分元素的释放,对于提高森林土壤肥力和维持生态系统的物质循环和能量流动具有重要意义。关松荫[9]指出,森林凋落物分解过程中凋落物和土壤中的酚氧化酶活性的变化规律及其受生物和非生物因素控制的机制,表明土壤和凋落物的酚氧化酶活性发生显著变化,但与凋落物的质量和土壤微环境状况(土壤水分含量和温度等)有关;地中海生态系统灌木林地中 *Cistus incanus* 和 *Myrtus communis* 叶凋落物分解过程中的土壤酶活性动态,结果表明,凋落物与土壤中的木聚糖酶、纤维素分解酶和过氧化物酶活性与凋落物的分解过程密切相关,并受到土壤微气候条件和凋落物质量的影响。可见凋落物和土壤的酶活性动态研究对于了解森林凋落物分解过程,尤其是纤维素和木质素等物质的降解具有重要意义。

由于土壤类型不同,土壤酶活性有差异。与耕作土壤相比,森林土壤具有较高的酶活性,森林土壤中蔗糖酶、多酚氧化酶、磷酸酶活性比耕作土壤中的要高。土壤酶活性随林地利用方式变化的规律与微生物数量变化相似,表现为阔叶林 > 针阔混交林 > 针叶林[16]。

### 3. 酶活性与土壤肥力的研究机理

土壤肥力是评判土壤质量的综合性指标,土壤肥力不仅与潜在有效养分有关,而且与土壤中存在的胶体吸附性能有关,而上述两种特性与酶活性息息相关。因此土壤酶活性可以表征土壤肥力,是土壤质量评价的关键性指标。土壤酶是一种高分子生物催化剂,土壤中腐殖质的分解及合成需要其提供催化作用,除此之外,土壤肥力质量是土壤酶活性的基础,土壤有机质、氮、磷的含量与形态均与酶活性有关。

土壤酶的存在形式主要有结合态和游离态,主要存在于土壤固相或液相中。土壤酶对土壤中物质循环过程起非常重要的作用,土壤酶的活性决定了酶促反应的强度。土壤是一个集水、气、固、液等多项介质为一体的综合体,因此土壤酶的活性也受到系统中多方面因素的影响,主要包括胶体离子浓度,氧化还原点位等直接或者间接影响。因此研究土壤酶的活性及引起土壤新陈代谢性能,可以有力的解释土壤的本质。

### 4. 结束语

土壤酶作为影响农业生产的主要因素之一,它的活性不仅与作物产量和土壤管理措施之间有一定关系,更与土壤肥力关系密切。它们参与了土壤的发生和发育,加速腐殖质的合成与分解,并参与与有效肥力的形成有关的诸多过程的主要环节。酶学方法和酶的活性指标可以广泛应用于评价土壤肥力,鉴别土壤熟化度,同时,还可以用它来评价各种农业措施和肥料的效果。

就林地土壤酶活性与土壤肥力关系研究而言,研究方法和技术的进一步改进显得十分重要,仍然是今后的研究重点之一。近年来,随着世界人口的持续增加,生态环境日益恶化,保护森林生态环境,保护物种多样性,实现林业可持续发展已引起全人类的关注。因此,结合林地土壤微生物、酶活性与土壤肥力关系的深入研究,寻找一个理想的综合指标,筛选出一种集生态效益、经济效益、社会效益于一体的退耕还林草的林-果-草合理配置的模式应是今后的主要努力方向。可以预见,随着土壤酶学的发展,森林土壤酶研究将对森林生态学和森林土壤学的研究起到积极的推动作用。

### 参考文献

- [1] 曹承绵,李荣华,张志明.红壤的酶活性与土壤肥力[J].土壤通报,1996,17(7):15-19.
- [2] 唐艳,杨林林,叶家颖.银杏园土壤酶活性与土壤肥力的关系研究[J].广西植物,1999,19(3):277-281.

- [3] 郑文教, 王良睦, 林鹏. 福建和溪亚热带雨林土壤酶活性的研究[J]. 生态学杂志, 1995, 14(6): 16-20.
- [4] 胡海波, 康立新, 梁珍海, 等. 泥质海岸防护林土壤酶活性与理化性质关系的研究[J]. 东北林业大学学报, 2005, 23(5): 37-44.
- [5] 罗明, 庞俊峰, 李叙勇, 等. 新疆天山云杉林区森林土壤微生物学特性及酶活性[J]. 生态学杂志, 1997, 16(1): 26-30.
- [6] 张成娥, 陈小利. 森林砍伐开垦对土壤酶活性及养分的影响[J]. 生态学杂志, 1998, 17(6): 18-21.
- [7] 张庆费, 宋永昌, 由文辉. 浙江天童植物群落次生演替与土壤肥力的关系[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 174-178.
- [8] 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.
- [9] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [10] Burns, R.G. (1978) Soilenzymes. Academic Press, New York.
- [11] 孙翠玲, 郭玉文, 佟超然, 等. 杨树混交林地土壤微生物与酶活性的变异研究[J]. 林业科学, 1997, 33(6): 488-496.
- [12] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1): 105-109.
- [13] Burns, R.G. (1982) Enzyme Activity in Soil: Location and a Possible Role in Microbial Activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 14, 423-427. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(82\)90099-2](https://doi.org/10.1016/0038-0717(82)90099-2)
- [14] 王成秋, 王树良, 杨剑虹, 等. 紫色土柑橘园土壤酶活性及其影响因素研究[J]. 中国南方果树, 1999, 28(5): 7-10.
- [15] 赵林森, 王九龄. 杨槐混交林生长及土壤酶与肥力的相互关系[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(4): 1-7.
- [16] 许景伟, 王卫东, 李成. 不同类型黑松混交林土壤微生物酶及其与土壤养分关系的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1): 51-55.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)