

黄河三角洲冲积平原湿地土壤酶活性与养分相关性研究\*

刘艳<sup>1</sup>, 马风云<sup>1</sup>, 宋玉民<sup>2</sup>, 侯龙鱼<sup>1</sup>, 崔晓东<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东省林业科学研究院, 济南 250014)

**摘要:**对黄河三角洲冲积平原湿地酶活性与土壤养分相关性做了研究。结果表明: 随着离海距离的增加, 土壤有机质及各养分表现出有规律的变化, 土壤脲酶、过氧化氢酶活性沿湿地演替的方向活性升高, 过氧化物酶活性降低。土壤有机质和各养分与酶活性相关性达极显著和显著水平, 不同土壤酶活性之间也有显著的相关性。3 种酶可以作为评价黄河三角洲冲积平原湿地土壤肥力的指标。  
**关键词:** 土壤养分; 酶活性; 群落; 黄河三角洲  
中图分类号: S154. 2; P343 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2008)01-0059-03

Correlative Research on the Activity of Enzyme and Soil Nutrient of Different Wetlands in Yellow River Delta

LIU Yan<sup>1</sup>, MA Feng-yun<sup>1</sup>, SONG Yu-min<sup>2</sup>, HOU Long-yu<sup>1</sup>, CUI Xiao-dong<sup>1</sup>  
(1. College of Forestry, Shandong Agriculture University, Tai'an, Shanong 271018, China;  
2. Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014, China)

**Abstract:** Correlative research was made on the activity of enzyme and soil nutrient of different wetlands in Yellow River Delta. The results show that soil organic content and great nutrient content change regularity as it far away from the sea. The enzyme activities of urease and catalase in wetland soils were almost in the same order, but the activity of soil peroxidase was on the contrary. Enzyme activities of soil were significantly related to soil nutrients. There were also correlations among different enzyme activities. So enzyme activities could be used as an index for soil fertility evaluation of wetlands covered with different vegetation in Yellow River Delta.  
**Key words:** soil nutrient; soil enzyme activity; vegetation; Yellow River Delta

土壤酶以稳定的蛋白质形式存在与土壤中, 参与了包括土壤生物化学过程在内的自然界物质循环<sup>[9]</sup>。土壤酶和土壤微生物一起共同推动土壤的代谢过程, 土壤酶与土壤肥力的关系成为人们研究的热点。对高原湿地退化土壤<sup>[1]</sup>、农田土壤<sup>[3]</sup>、林地土壤<sup>[6, 10-11]</sup>、丘陵草地及撂荒草地土壤<sup>[2, 4-5]</sup>的土壤酶和养分的相关性研究, 并发现了可以表征各类土壤肥力的各种酶类。针对冲积平原不同湿地演替阶段的土壤养分与酶活性的相关性研究较少。该文研究探讨了黄河三角洲冲积平原湿地的土壤养分和酶活性的相关性, 旨在为黄河三角洲湿地的管理和退化湿地的恢复提供依据。

1 研究区概况

试验地位于山东省东营市内, 该地处于黄河三角洲的东北部, 属于暖温带大陆性气候, 全年平均气温 12.3℃, 太阳辐射年总量 5 146~ 5 411 J/m<sup>2</sup>, 年日照时数 2 571~ 2 865 h, 平均 2 682 h, 是我国日照较丰沛的地区之一, 平均无霜期 210 d, 年降水量 574.4 mm, 其中约 63.9% 的降水集中于夏季, 年蒸发量 1 962.1 mm, 是降水量的 3.6 倍, 土壤为冲击性黄土母质在海浸母质上沉积而成, 机械组成以粉沙为主, 沙黏相间, 层次变化复杂。由于土壤发育时间相对较短, 尚未形成良好的结构。土壤 pH 值 6.79~ 8.87, 平均 7.94, 地

下水位较浅, 水质矿化度较高。  
在与海岸线垂直方向上, 选取具有典型意义的湿地研究样带, 根据离海远近的不同, 主要为光板地、翅碱蓬(*Suaeda glauca*)群落、柽柳(*Tamarix chinensis*)群落、白茅(*Imperata cylindrical*)群落。光板地几乎无植被, 仅有零星的翅碱蓬; 翅碱蓬群落建群种为翅碱蓬, 样地距海约 8 km, 伴生种有柽柳、芦苇(*Phragmites communis*), 柽柳群落建群种为柽柳, 伴生种有碱蓬、芦苇、鹅绒藤(*Cynanchum chinense*)、补血草(*Lionium bicolor*), 白茅群落建群种为白茅, 伴生种有苦菜(*Sonchus loleraceus*)、芦苇、荻(*Miscanthus sacchariflorus*)、茜草(*Rubia cordifolia*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、罗布麻(*Rubia cordifolia*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、鹅绒藤、獐毛(*Aeluropus littoralis*)、藜(*Chenopodium album*)、野生大豆(*Glycine soja*)。

2 试验方法

2.1 样本采集

每一个取样点取 0~ 20 cm, 20~ 40 cm 两层土壤, 每种湿地类型分别选取 3 个样地, 每个样地有 3 个重复, 后用四

\* 收稿日期: 2006-09-14  
基金项目: 山东省重点项目“黄河三角洲重盐碱地生态系统建设与造林技术研究”(011150106)  
作者简介: 刘艳(1982-), 女, 山东济南人, 在读硕士, 主要从事生态系统建设方面的研究。  
通信作者: 马风云。

分法混合后取出一个土样;测定的土壤属性包括土壤有机质、全氮、、速效氮、速效磷、速效钾、脲酶、过氧化氢酶、过氧化物酶。

### 2.2 土壤性质测定方法

土壤有机质:重铬酸钾容量法;全氮:凯氏蒸馏法;有效氮:碱解扩散法;速效磷:Olsen 法(恒温水浴振荡浸提);速效钾:醋酸铵浸提火焰光度法<sup>[8]</sup>。脲酶活性:比色法;过氧化氢酶活性:高锰酸钾滴定法;过氧化物酶活性:邻苯三酚比色法<sup>[9]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 湿地演替群落土壤养分特征

由表 1 看出有机质和大量养分土壤各层及平均值均表现出极显著性差异。土壤有机质及大量养分含量表现为白茅群落> 柽柳群落> 碱蓬群落> 光板地。

表 1 湿地演替群落土壤有机质和大量养分均值的比较

指标	土层/ cm	光板地	碱蓬	柽柳	白茅	<i>f</i> 值
有机质/ (g• kg <sup>-1</sup> )	0- 20	2.4d	4.48c	5.93b	15.9a	2046.33* *
	20- 40	2.14c	3.29b	3.73b	7.96a	795.27* *
	平均	2.3d	3.89c	4.83b	11.93a	19315.9* *
全氮/ (g• kg <sup>-1</sup> )	0- 20	0.21c	0.25c	0.37b	0.75a	464.65* *
	20- 40	0.15b	0.17b	0.27a	0.27a	33.61* *
	平均	0.187c	0.21c	0.30b	0.51a	509.24* *
速效氮/ (mg• kg <sup>-1</sup> )	0- 20	10.83c	11.86c	15.09b	41.63a	1830.23* *
	20- 40	8.29c	12.94b	12.94b	20.48a	163.58* *
	平均	9.38d	12.40c	14.02b	31.06a	9281.84* *
速效磷/ (mg• kg <sup>-1</sup> )	0- 20	8.29c	9.15b	9.37b	10.66a	348.95* *
	20- 40	8.08c	9.58b	10.01a	9.67ab	113.84* *
	平均	8.15d	9.37c	9.69b	10.17a	1891.49* *
速效钾/ (mg• kg <sup>-1</sup> )	0- 20	65.98d	82.17c	124.38b	138.13a	1384.12* *
	20- 40	53.27c	132.68a	74.56b	56.24c	2051.56* *
	平均	59.46d	107.43a	99.47b	95.39c	1649.17* *

注:多重比较采用 scheffe's multiple comparison procedure (Scheffe) 法,每行含有相同字母的平均值没有显著差异,\* \*:极显著,\* :显著(α= 0.05)。

有机质含量白茅群落> 柽柳群落> 碱蓬群落> 光板地。白茅群落含量要远远高于其它 3 种湿地类型,达到 15.9 g/kg。其它 3 种湿地类型有机质表层含量均不到 6 g/kg。白茅群落有机质含量表层是光板地含量的 6 倍多,0- 40 cm 土层的平均值也达 5 倍。其它 3 种湿地类型有机质含量相差不太大。4 种湿地类型冲击形成湿地的时间顺序为光板地< 碱蓬群落< 柽柳群落< 白茅群落,这也是距离海岸由近及远的变化。在实地采样调查的过程中也发现,白茅群落的生长密集度要远远的高于其它 3 种湿地类型。且有一层厚厚的植被枯落物层。且白茅根系在土层中交错密集。其它 3 种远远没有达到这种程度,又因居海较近,地势相对较低,雨季来临时冲刷带走了土壤表层的植被枯落物,不利于土壤有机质及养分的积累。

大量养分大部分与有机质有极显著或者显著正相关

性<sup>[12]</sup>。光板地、碱蓬群落、柽柳群落、白茅群落大量养分的含量表现出与有机质相关的变化规律。调查研究的 4 种湿地类型,都是冲积形成的湿地,没有人为了的干扰,土壤理化性质的变化主要受其地被植物的影响。每年地被物生长消耗土壤中的有机质和养分的同时,其枯落物及腐烂根系有起着改良土壤性质,增加土壤养分的功能。速效钾在 20- 40 cm 土层柽柳群落和白茅群落均低于光板地和碱蓬群落。可能是由于白茅群落生长密集且非常茂盛,植物生长吸收了大量的速效养分,大量的蒸腾作用导致植物的迅速生长。对于自然演替的湿地,远离了人为的干扰,也就远离了人为补充速效养分。由于采样集中在 8 月,正是植物生长非常迅速,蒸腾作用较大,枯落物的分解过程低于植物生长的吸收量。

### 3.2 湿地演替群落土壤酶活性

光板地、碱蓬群落、柽柳群落、白茅群落土壤酶活性均有极显著性和显著性差异。均值比较表现出一定的规律性(表 2):脲酶、过氧化氢酶远离海的方向活性升高,过氧化物酶活性呈降低趋势。

脲酶是催化尿素水解的惟一酶,脲酶活性变化与土壤氮素状况及土壤理化性状有关<sup>[3]</sup>。土壤酶催化土壤中的一切生物化学反应,对土壤肥力有重要影响。脲酶催化尿素水解成氨,可以用来表征土壤中有机态氮的转化状况<sup>[10]</sup>。脲酶活性随湿地演替的方向增加,白茅群落土壤脲酶活性远远高于其它 3 种演替阶段,表层脲酶活性是其它 3 种类型的 15.2、4.4 和 3.6 倍。可能是因为远离海岸,受侵蚀相对较低,形成的白茅群落密集生长,枯落物及腐烂根系较多,土壤根系交错分布,有机质和氮素水平较高的作用。

过氧化氢酶能酶促水解过氧化氢,其活性与土壤的微生物数量有关,也与植物根系有关,可以用来表征土壤的生化活性<sup>[9]</sup>,过氧化物酶能氧化土壤中的有机物质,能反映土壤腐殖质化的强度大小<sup>[6]</sup>。过氧化氢酶活性为白茅群落> 柽柳群落> 碱蓬群落> 光板地。过氧化物酶多重比较光板地和白茅群落差异显著,碱蓬群落和柽柳群落没有明显差异。白茅群落土壤过氧化物酶活性低,一方面原因可能与白茅群落大量的枯落物和植物残体分解过程导致酶活性降低<sup>[9]</sup>;另一方面,可能与研究湿地土壤的季节性积水,土壤 pH 值和盐分含量有关。

表 2 湿地演替群落土壤酶活性

指标	土层/ cm	光板地	碱蓬	柽柳	白茅	<i>f</i> 值
脲酶 NH <sub>3</sub> -N/ (mg• g <sup>-1</sup> )	0- 20	0.023c	0.079b	0.098b	0.349a	778.02* *
	20- 40	0.013c	0.049b	0.057b	0.213a	492.33* *
	平均	0.018d	0.064c	0.0775b	0.281a	6000.32* *
过氧化氢酶 0.1 mol/L KMnO <sub>4</sub> / (ml• g <sup>-1</sup> )	0- 20	0.63b	0.85ba	0.87a	1a	11.49* *
	20- 40	0.55b	0.61a	0.61a	0.75a	5.45*
	平均	0.59c	0.725b	0.735b	0.875a	141.46* *
过氧化物酶 紫色没食素/ (mg• g <sup>-1</sup> )	0- 20	1.11a	0.917b	0.977ba	0.707c	29.76* *
	20- 40	1.23a	0.997b	0.997b	0.759c	65.63* *
	平均	1.17a	0.957b	0.987b	0.733c	335.07* *

注:多重比较采用 scheffe's multiple-comparison procedure (Scheffe) 法,每行含有相同字母的平均值没有显著差异,\* \*:极显著,\* :显著(α= 0.05)。

3.3 湿地演替群落土壤养分与酶活性相关性

土壤脲酶、过氧化氢酶和过氧化物酶与土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷均有极显著相关性。速效钾与过氧化氢酶有显著相关性,与脲酶和过氧化物酶没有显著相关性。

土壤养分含量尤其是有机质是土壤微生物的 C 源和 N 源,而土壤微生物的种类和数量又在某种程度上决定土壤酶的来源<sup>[3,11]</sup>。脲酶表征土壤有机态氮的转化情况。土壤过氧化氢酶酶促过氧化氢的分解有利于防止它对生物体的毒害作用。脲酶和过氧化氢酶活性与土壤有机质含量和微生物数量有关。过氧化物酶能氧化土壤有机质,对植物残体腐殖化过程研究表明,在分解过程中,过氧化物酶活性降低较其它酶要快<sup>[9]</sup>。

由于脲酶、过氧化氢酶和过氧化物酶均与土壤有机质及各养分关系密切,均可用来表征湿地土壤的肥力。

表 3 湿地演替群落土壤养分与酶活性相关性

酶类	有机质	全氮	速效氮	速效磷	速效钾
脲酶	0.98394* *	0.88982* *	0.96489* *	0.75481* *	0.39558
过氧化氢酶	0.77808* *	0.77816* *	0.71239* *	0.56607* *	0.50548*
过氧化物酶	- 0.81936* *	- 0.684* *	- 0.78303* *	- 0.80145* *	- 0.36742

注: Pearson 相关系数。临界值  $r_{0.05(24)} = 0.4044$ ,  $r_{0.01(24)} = 0.5151$ 。

3.4 湿地演替群落土壤酶活性间相关性

土壤脲酶、过氧化氢酶、过氧化物酶两两之间有极显著的相关性。脲酶与过氧化氢酶显著性正相关,过氧化物酶和脲酶与过氧化氢酶显著性负相关。脲酶活性,过氧化氢酶活性与土壤有机质有着一致性,过氧化物酶在腐殖质的分解过程中酶活性降低<sup>[9]</sup>。土壤中的微生物数量和种类某种程度上决定了土壤酶的来源。

4 结论与讨论

黄河三角洲冲击平原湿地演替过程中,随着离海距离的由近及远,土壤有机质、各养分及脲酶、过氧化氢酶和过氧化物酶从光板地、碱蓬群落、柽柳群落和白茅群落显示出梯度变化规律。湿地类型在地被物变化的同时,土壤的性质表现出规律性的变化。

表 4 湿地演替群落土壤酶活性间相关系数

	脲酶	过氧化氢酶	过氧化物酶
脲酶	1		
过氧化氢酶	0.74701	1	
过氧化物酶	- 0.86789	- 0.65107	1

注: Pearson 相关系数。临界值  $r_{0.05(24)} = 0.4044$ ,  $r_{0.01(24)} = 0.5151$ 。

土壤养分沿着远离海的方向依次递增。光板地、碱蓬群落、柽柳群落和白茅群落的演替方向也是冲击平原形成的湿地在时间上由短及长的过程。土壤酶活性沿着湿地群落的演替方向呈现出规律性的变化。脲酶、过氧化氢酶远离海的方向活性升高,过氧化物酶活性呈降低趋势。

土壤有机质和各养分同土壤酶活性之间存在着相关性。脲酶、过氧化氢酶活性和土壤有机质及各养分显著性正相关,过氧化物酶和土壤有机质和各养分显著性负相关。可以用脲酶、过氧化氢酶和过氧化物酶表征土壤的肥力。

参考文献:

[1] 陆梅,田昆,陈玉惠,等. 高原湿地纳帕海退化土壤养分与酶活性研究[J]. 西南林学院学报, 2004, 24(1): 34-37.

[2] 郭继勋,林海俊,姜世成,等. 不同草原植被碱化草甸土的酶活性[J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 412-416.

[3] 刘建新. 不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 523-525.

[4] 张成娥,陈小利. 黄土丘陵区不同撂荒年限自然恢复的退化草地土壤养分及酶活性特征[J]. 草地学报, 1997, 5(3): 195-199.

[5] 安韶山,黄懿梅,郑粉莉,等. 黄土丘陵区草地土壤脲酶活性特征及其与土壤性质的关系[J]. 草地学报, 2005, 13(3): 233-237.

[6] 陈光升,钟章成,齐代华. 缙云山常绿阔叶林土壤酶活性与土壤肥力的关系[J]. 四川师范学院学报: 自然科学版, 2002, 23(2): 19-23.

[7] 张崇邦,金则新,柯世省. 天台山不同林型土壤酶活性与土壤微生物呼吸速率以及土壤理化特性关系研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(1): 51-56.

[8] 刘春生,杨守祥. 农业化学分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 8-63.

[9] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.

[10] 薛立,邝立刚,陈红跃,等. 不同林分土壤养分微生物与酶活性的研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 280-285.

[11] 王海英,宫渊波,龚伟. 不同林分土壤微生物、酶活性与土壤肥力的关系研究综述[J]. 四川林勘设计, 2005, 9(3): 9-14.

[12] 常凤来,田昆,莫剑锋,等. 不同利用方式对纳帕海高原湿地土壤质量的影响[J]. 湿地科学, 2005, 3(2): 132-135.