

泉州湾红树林河口湿地土壤氧化酶活性的时空变化

张娜¹, 吴沿友^{1,2}, 刘荣成¹, 朱咏莉¹, 廖群¹

(1. 现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室/江苏省重点实验室/江苏大学农业工程研究院, 江苏镇江 212013;
2. 中国科学院地球化学研究所/环境地球化学国家重点实验室, 贵州贵阳 550002)

摘要:以泉州湾红树林河口湿地为对象,对不同植被种类下2种土壤氧化还原酶(过氧化氢酶和多酚氧化酶)活性在不同季节(春季和秋季)和不同区域(上游、中游和下游)的时空变化规律进行了研究,结果表明:(1)土壤过氧化氢酶活性的季节变化规律为春季>秋季,多酚氧化酶活性则随季节变化无明显差异;(2)在不同区域,过氧化氢酶活性表现为上游高于中游和下游,多酚氧化酶活性则为中游低于上游和下游;(3)从总体上来看,植被种类对两种酶活力影响不大。由于植被的分布差异,从表观上看,原生的桐花树下的土壤过氧化氢酶活性显著低于其他植被(秋茄和白骨壤)与无植被生长的空地和裸地,秋茄和裸地下的土壤多酚氧化酶活性显著高于其他植被。从结果的分析可以看出,泉州湾红树林河口湿地土壤两种氧化酶活性变化成极显著的相关关系。以上结果为泉州湾河口湿地的生态修复与环境保护提供了一定的理论依据。

关键词:红树林;泉州湾湿地;过氧化氢酶;多酚氧化酶;时空变化

中图分类号: S154.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2009)05-0270-03

土壤酶活性是湿地生态自然状况的有效指标,可以揭示植被地境的指示作用。张咏梅等对土壤酶学的研究进展进行了探讨,阐明了土壤酶的检测、来源以及酶活性大小的影响因素^[1]。对于土壤酶的研究,国内外主要集中在农业土壤或陆

地森林土壤上^[2]。多年来,泉州湾红树林湿地土壤的研究主要集中在生物学、生态学诸方面^[3],而对处于这种特殊生境下的土壤酶时空分布规律的探讨,至今未见报道。

多酚氧化酶(PPO, Polyphenol oxidase)与过氧化氢酶(CAT, catalase)是湿地土壤酶研究的典型代表。郝建朝等和张坤生等分别阐述了土壤PPO和CAT的性质及功能^[4-5]。PPO参与土壤有机组分中芳香族化合物的转化作用,能进行去甲基化反应,对于木质素降解具有重要作用^[6-8],因此其活性可以作为表征土壤腐殖化程度的标志。另外,PPO还能将生物体细胞分泌的有毒酚类物质氧化成醌,保护生命的正常活动^[9]。CAT活性可以作为反映土壤微生物学过程强度的

收稿日期:2009-03-12

基金项目:福建省社会发展重点项目(编号:2007Y0040);南昌大学资源与环境教育部重点实验室资助。

作者简介:张娜(1983-),女,山西晋城人,硕士研究生,主要从事湿地修复研究。E-mail: liusueq96002@163.com

通讯作者:吴沿友,博士,教授,博士生导师,主要从事农业生态环境研究。E-mail: yanyouwu@ujc.edu.cn

(上接第269页)

佳配方亦为 A₂ B₃ C₂ D₃, 即胡萝卜汁 25%、鲜橙汁 15%、白砂糖 8%、柠檬酸 0.20%,两者完全一致。

3.2 不同稳定剂对产品稳定性的影响

对CMC、黄原胶和琼脂及复合稳定剂进行了比较试验,结果(表3)表明,试验选用的稳定剂对胡萝卜饮料的稳定性均有一定作用,其作用大小与用量呈正相关;复合稳定剂的效果较单一稳定剂的好,使用0.10%黄原胶+0.10%CMC效果最佳,且其最佳用量为0.25%。

表3 不同的稳定剂对产品的影响的感官评价

处理号	稳定剂	感官评价
1	0.1% CMC	明显分层
2	0.2% CMC	分层较多
3	0.1%黄原胶	稍有分层、口感较黏
4	0.2%黄原胶	分层不多
5	0.1%琼脂	少量分层
6	0.2%琼脂	不分层
7	0.10%黄原胶+0.10%CMC	不分层、质地均匀
8	0.10%琼脂+0.10%CMC	轻微分层、质地均匀
9	0.10%琼脂+0.10%黄原胶	稍有分层、质地均匀

4 结论

本试验结果表明,胡萝卜甜橙复合饮料的最佳配方组合为胡萝卜汁 25%、鲜橙汁 15%、白砂糖 8%、柠檬酸 0.20%。最佳稳定剂为:0.10%黄原胶+0.10%CMC其最佳用量为0.25%。

通过此方法制得的胡萝卜甜橙复合饮料色泽橙红色,无杂色,完全似胡萝卜汁的鲜艳色泽;组织形态均匀稳定,半透明液体,流动性好,不分层,没有沉淀,无杂质;滋味清甜适口,口感细腻、柔和,风味协调,兼有淡淡的胡萝卜汁和鲜橙的成熟香味。

参考文献

- [1] 金龙飞. 胡萝卜汁的研制[J]. 江苏食品与发酵, 2001(4): 31-32
- [2] 陈中, 芮汉明. 软饮料生产工艺学[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1998: 64
- [3] 葛毅强. 复合蔬菜汁的研制[J]. 饮料工业, 2000 3(5): 12-15
- [4] 柴文晖. 保健型胡萝卜饮料的研制[J]. 农牧产品开发, 2001(4): 18

标志,与土壤呼吸强度和土壤微生物活动相关。它可以催化过氧化氢转化成水,同时又是土壤肥力的指标。生物体 CAT 则可以清除生物体细胞在生长代谢过程中产生的活性氧 O^+ ,维护生命的正常活动。

本研究主要针对泉州湾红树林湿地不同植被种类下土壤 PPO 与 CAT 活性在不同季节(春季和秋季)和不同区域(上游、中游和下游)的变化规律进行了分析,并探讨 2 种酶活性变化与植被种类之间的关系,以期为泉州湾河口湿地的各类红树植物环境适应性研究提供必要的的数据支持和理论依据,并对于进一步开展泉州湾河口湿地的生态修复与环境保护工作具有积极的指导意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

泉州湾红树林湿地(东经 $118^{\circ}46'$,北纬 $24^{\circ}50'$)位于福建省东南部,处于洛阳江出海口,自泉州市惠安县洛阳镇的陈坝起至白沙,总面积 $87\ 619\ \text{hm}^2$,其中滩涂面积 $56\ 815\ \text{hm}^2$,水域面积 $30\ 814\ \text{hm}^2$;年均气温 $19.2\ ^{\circ}\text{C}$,1月平均气温为 $12.1\ ^{\circ}\text{C}$,4月平均气温为 $20.4\ ^{\circ}\text{C}$,7月平均气温为 $27.1\ ^{\circ}\text{C}$,11月平均气温为 $19.3\ ^{\circ}\text{C}$,极端最低气温为 $2.1\ ^{\circ}\text{C}$,极端最高气温为 $37\ ^{\circ}\text{C}$,全年几乎无霜,年均降水量 $1\ 120\ \text{mm}$;主要集中在 5~6月,年均蒸发量约 $2\ 000\ \text{mm}$;土壤盐度为 0.35% ~ 2.89% ,由于受江水和海潮的相互影响,盐度值随河口向河内逐渐降低。

泉州湾红树林湿地属于典型的滨海红树林湿地,土壤为河口及滨海滩涂淤泥和沙质淤泥,湿地主要的红树植物有三种:桐花树(*Aegiceras corniculatum*)(分为原生和人工种植)、秋茄(*Kandelia candel*),白骨壤(*Avicennia marina*)。长期以来在围垦开发,泥沙淤积,外来物种入侵等因素作用下,红树林群落遭受了不同程度的破坏。2002年在该地域批准成立了省级红树林自然保护区,开展了大规模的红树林植被恢复建设。

1.2 土壤样品采集

土壤取样为定点取样。取样时间为 2007年 4月(春季)和 11月(秋季)。将泉州湾红树林湿地区域设置分为上游(屿头村)、中游(西方村)、下游(白沙村)。在各区域处选择长势较好的红树林植被,在每个植被周围进行取样,并以空地(曾经有红树林生长,现被破坏)和裸地(刚形成的,不曾有植被生长)同时做对比,共 39个样点。每个样点取样深度为 $50\ \text{cm}$ 每 $10\ \text{cm}$ 为 1层,分为 5层,重复 3次。样品带回实验室后,一部分置于冰箱中保存,用于土壤酶活性的分析;另一部分经风干处理后,用于其他指标的测定。处理土样方法见文献[10]。

1.3 酶活性测定

1.3.1 CAT 活性测定 置 $2.00\ \text{g}$ 新鲜土样于 $100\ \text{mL}$ 三角瓶中,并注入 $40\ \text{mL}$ 蒸馏水和 $5\ \text{mL}\ 3\%$ 的过氧化氢溶液。将三角瓶放在往复振荡机上,振荡 $20\ \text{min}$ 取出后加入 $5\ \text{mL}\ 1.5\ \text{mol/L}$ 的 H_2SO_4 ,以稳定未分解的过氧化氢。然后将瓶中的悬液用慢速型滤纸过滤,吸取 $25\ \text{mL}$ 滤液用 $5\ \text{nmol/L}$ KMnO_4 滴定至淡粉红色终点。酶活性以 $1.00\ \text{g}$ 土壤 $20\ \text{min}$ 内消耗 $0.1\ \text{mol/LKMnO}_4$ 的体积(mL 表示)表示(mL/g^{min})。

1.3.2 PPO 活性测定 取 $1.00\ \text{g}$ 土样置于 $50\ \text{mL}$ 三角瓶中,

然后加入 $10.0\ \text{mL}\ 1\%$ 邻苯三酚溶液摇匀,塞好塞子,置于 $30\ ^{\circ}\text{C}$ 环境中培养 $2\ \text{h}$ 与此同时,做不加基质的对照试验,以 $10.0\ \text{mL}\ \text{H}_2\text{O}$ 代替基质。培养结束后,取出三角瓶,加入 $4\ \text{mL}$ pH 值 4.5的柠檬酸-磷酸缓冲液,再加入 $35\ \text{mL}$ 乙醚,用力振荡数次,萃取 $30\ \text{min}$ 最后将含有紫色没食子素的着色乙醚相进行比色(波长为 $430\ \text{nm}$)。酶活性以 $1.00\ \text{g}$ 土壤在 $2\ \text{h}$ 内生成的没食子素的质量(mg 表示)表示(mg/g^{h})。

1.4 数据分析

利用 Excel 2007 和 SPSS 3.0 统计软件进行显著性及相关分析。

2 结果与分析

2.1 CAT PPO 活性不同季节的变化及其相关性

CAT 酶活性受季节变化影响很大,由表 1 方差分析可知,春季 CAT 活性均值为 $0.60\ \text{mL/g}$ 标准差为 $0.02\ \text{mL/g}$ 秋季 CAT 活性均值为 $0.45\ \text{mL/g}$ 标准差为 $0.01\ \text{mL/g}$ 春季显著大于秋季,PPO 活性在季节间无显著变化。由表 1 可知,PPO 春季变化幅度相对较大,即变异系数较大,其次是 PPO 秋季和 CAT 春季,CAT 秋季的变化幅度最小。从总体来看,表明 CAT 季节变化的相对稳定性大于 PPO。

经分析得到本研究中过氧化氢酶和多酚氧化酶存在极显著的正相关关系($r^2=0.235$, $n=130$, $P=0.007$)。这说明泉州湾湿地两种氧化还原酶之间存在相互促进作用,对环境也有相似的适应性。

表 1 不同季节土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶活性

酶类	春季(n=65)	秋季(n=65)
CAT(mL/g)	$0.60\ \text{a}\pm 0.02$	$0.45\ \text{b}\pm 0.01$
PPO(mg/g)	$16.98\ \text{a}\pm 1.29$	$16.80\ \text{a}\pm 0.57$

注:平均值后同行字母不同者差异显著($P<0.05$)。

2.2 CAT PPO 活性不同区域的分布规律

两种氧化还原酶活性在不同区域均有显著变化。将不同区域春秋季节酶活性全部做方差分析,从图 1 可以得出,CAT 区域变化主要表现为上游显著大于中游和下游,PPO 活性中游显著小于上游和下游。

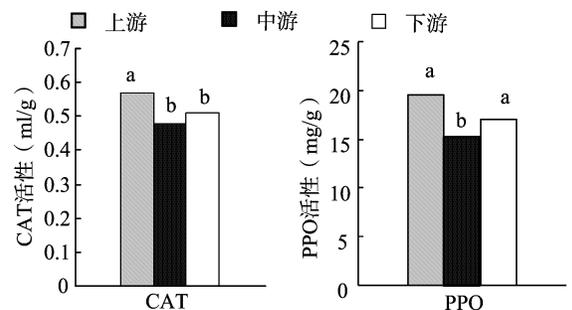


图 1 不同区域土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶活性

2.3 不同植被种类下 CAT PPO 活性比较

不同植被种类下土壤 2 种氧化还原酶活性表现有差异。由表 2 可见,土壤 CAT 活性以原生的桐花树为最低,并显著低于其他植被(桐花树、白骨壤和秋茄)以及无植被生长的空地和裸地。土壤 PPO 活性则以秋茄和裸地为较高,并与桐花树、白骨壤和百年生桐花树存在显著差异。

表2 不同植被下土壤过氧化氢酶和多酚氧化酶活性

酶类	桐花树 (n=25)	白骨壤 (n=20)	秋茄 (n=20)	百年生桐花树 (n=10)	空地 (n=30)	裸地 (n=15)
CAT(mL/g)	0.54 ^a ±0.03	0.53 ^a ±0.03	0.55 ^a ±0.03	0.35 ^b ±0.03	0.55 ^a ±0.03	0.56 ^a ±0.03
PRO(mg/g)	12.4 ^a ±0.9	16.7 ^b ±1.9	22.1 ^c ±1.3	14.9 ^{ab} ±1.6	12.9 ^{ab} ±1.2	23.9 ^c ±2.7

注:平均值后同行字母不同者差异显著($P < 0.05$)。

3 讨论

泉州湾湿地有植被和无植被土壤的 PRO活性春秋两季无明显差异, CAT活性春秋两季变化规律为春季>秋季。CAT活性春秋两季变化规律与孙炳寅等在潮间带互花米草盐沼土壤的研究结果相似^[12]。一方面,当地11月份的平均气温(19.3℃)低于4月份(20.4℃),湿地土壤微生物生长繁殖速率相对较低,微生物总量减少,分泌的酶也较少,所以11月份土壤CAT和PRO活性都应该比4月份低。而另一方面,11月份湿地土壤微生物总量减少使得有机质分解速度减少,有机质的腐殖化程度降低。土壤PRO活性与有机质的腐殖化程度有关^[13-14],腐殖化程度越低,PRO活性越高。土壤CAT活性与有机质的腐殖化程度不相关。因此,综合以上两方面因素,从表观来看,PRO活性没有春秋两季季节变化,而CAT活性则存在明显的春秋两季季节变化(春季>秋季)规律。

另外,CAT活性还受土壤盐度的影响。刘存歧等对长江口潮滩湿地CAT的研究表明CAT活性与土壤盐度呈负相关^[15]。由于泉州湾湿地上游区域靠近洛阳江,土壤盐度较小,故上游CAT活性最大。原生的桐花树仅分布在中游,其土壤盐度高于上游,所以原生桐花树下土壤的CAT活性仅反映中游,故其土壤CAT较小。而空地、裸地与其他植被(桐花树、白骨壤和秋茄)下土壤的CAT活性大小无显著差别,表明泉州湾湿地CAT活性与植物种类或有无植被覆盖的因素不存在相关性。

从不同植被来看,泉州湾湿地中游区域植物生长最为繁茂,枯枝落叶大量输入到土壤中,在土壤中形成大量腐殖质,抑制了PRO的活性,呈现出中游PRO的活性最小的情形。秋茄覆被下土壤PRO活性显著大于其他植被,这是因为秋茄仅分布在中游区和上游区,植物相对较少,土壤腐殖化程度低,故PRO活性也大。裸地为刚淤积形成的,腐殖化程度极低,因此,PRO活性也最大。

从以上讨论中还可以看出,两种酶既有相同受控因子,与温度和土壤有机质含量有关;又有不同的受控因子,CAT受盐度控制,PRO受土壤有机质腐殖化程度的控制。因此,两种酶活性有极显著相关性,对环境有相似的适应性。

4 结论

(1)泉州湾河口湿地过氧化氢酶活力是春季大于秋季,上游大于中、下游,这与湿地土壤温度、有机质含量高低和盐度分布有关。(2)泉州湾河口湿地多酚氧化酶活力,春秋两

季变化不显著,中游小于上下游,刚淤积形成的裸地大于除秋茄以外的各植被区,这与湿地土壤温度、有机质含量高低以及有机质腐殖化程度不同有关。(3)泉州湾河口湿地过氧化氢酶与多酚氧化酶活力有极显著的相关性,表明两种酶既有相同的受控因子如温度和有机质含量,又有不同的受控因子如盐度和有机质腐殖化程度。植被种类对两种酶活力的影响不大,这些结果对泉州湾河口湿地的生态修复与环境保护具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 林鹏.中国红树林生态系统[M].北京:科学出版社,1997.
- [4] 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.
- [5] 张坤生,田荟琳.过氧化氢酶的功能及研究[J].食品科技,2007(1):8-11.
- [6] 杨万勤,王开运.土壤酶研究动态与展望[J].应用与环境生物学报,2002,8(5):564-570.
- [7] Dugan N, Esposito E. Potential applications of oxidative enzymes and phenoloxidase-like compounds in wastewater and soil treatment: a review[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2000, 28: 83-99.
- [8] Michel K, Matzner E. Response of enzyme activities to nitrogen addition in forest floors of different C-to-N ratios[J]. Biology and Fertility of Soils, 2003, 38: 102-109.
- [9] 吴红梅,萧慧,刘刚,等.多酚氧化酶的研究进展[J].茶叶通报,2004,26(2):62-64.
- [10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:14-21.
- [11] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986:320-329.
- [12] 孙炳寅,朱长生.互花米草草场土壤微生物生态分布及某些酶活性的研究[J].生态学报,1989,9(3):240-244.
- [13] Ma Y, Zhang JY, Wang MH. Microbial activity during composting of anthracene-contaminated soil[J]. Chemosphere, 2003, 52: 1505-1513.
- [14] 姜培坤,蒋秋怡,董林根,等.杉木樟树根际土壤生化特性比较分析[J].浙江林学院学报,1995,12(1):1-5.
- [15] 刘存歧,陆健健,李贺鹏.长江口潮滩湿地土壤酶活性的陆向变化以及环境因子的相关性[J].生态学报,2007,27(9):3663-3669.