

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

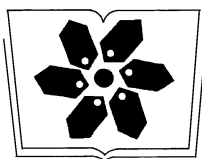
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 30 卷 第 24 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 424 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 48 * 2010-12

造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响

董丽洁¹, 陆兆华^{1,2}, 贾 琮¹, 裴定宇¹, 佟海荣¹, 李 伟¹, 朱金方¹, 夏孟婧¹

(1. 中国矿业大学(北京)恢复生态研究所 北京 100083; 2. 山东省黄河三角洲生态环境重点实验室 山东滨州 256600)

摘要:造纸废水含有大量有机营养物质,经生物塘处理后灌溉退化滨海盐碱地可以有效改善土壤化学性质。分析了不同灌溉方式对土壤脲酶、磷酸酶、脱氢酶活性的影响。结果表明:在废水灌溉、清污轮灌和清水灌溉3种处理下,棉田土壤的脲酶、磷酸酶和脱氢酶活性均有显著提高;同样,清污轮灌模式下,轻度、中度及重度盐碱化土壤的脲酶、磷酸酶和脱氢酶活性也均有较显著的提高。较之棉田土壤和轻度盐碱化土壤,中度和重度盐碱化土壤酶活性的提高更为显著,具体表现为,与对照相比,中度盐碱化土壤的脲酶、磷酸酶以及脱氢酶活性分别提高了44.7%、15.6%、12.4%,重度盐碱化土壤分别提高了82.3%、55.1%、32.0%。研究证明造纸废水灌溉不但可以提升退化盐碱地的土壤肥力,还可以显著提高退化盐碱地的土壤酶活性。

关键词:造纸废水;灌溉;盐碱地;土壤酶活性

The influence of irrigation with paper mill effluent on enzyme activity in the saline-alkaline lands of Yellow River Delta

DONG Lijie¹, LU Zhaohua^{1,2}, JIA Qiong¹, PEI Dingyu¹, TONG Hairong¹, LI Wei¹, ZHU Jinfang¹, XIA Mengjing¹

1 Institute of Restoration Ecology, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

2 Key Lab of Eco-environmental Science for Yellow River Delta in Shandong Province, Binzhou, Shandong 256600, China

Abstract: Paper mill effluent contains a lot of organic matter, which can be used to improve the chemical properties of degraded coastal saline-alkaline lands after biological pond treatment. At the same time, the increase of soil organic matter after irrigation provided a lot of carbon source for microbes, the microbes have grew with using these carbon source, which increase the enzyme activity. The soil enzyme activity and soil fertility also has certain correlation. The urease activity is related to the amount of substrate microorganisms, organic matter and total nitrogen, the higher of the soil nitrogen content, the better of the urease activity. The high low of phosphatase activity and dehydrogenase activity are related to the high low of the amount of the soil organic matter. The influence on soil enzyme activity under different irrigation modes was further analyzed. The results showed that the activities of urease, phosphatase, and dehydrogenase in cotton field soil were significantly increased under the three irrigation modes of sewage irrigation, feculence-clearing rotation irrigation, and fresh water irrigation. Similarly, under the treatment of feculence-clearing rotation irrigation, the activities of urease, phosphatase, and dehydrogenase in slight, moderate and severe salinization soils were also significantly increased. Specifically, compared with the cotton field and slight saline soils, the enzyme activities were increased more significantly in the moderate and severe saline soils. That is, compared with the control group, the activities of urease, phosphatase, and dehydrogenase were enhanced by 44.7%, 15.6%, and 12.4%, respectively, in the moderate saline soil; and by 44.7%, 15.6%, and 12.4%, respectively, in the severe saline soil. The average activities of the three enzymes in the cotton soil were the highest with sewage water irrigation. The activities of urease, phosphatase, and dehydrogenase under the sewage water irrigation mode were 1.23, 1.05, 1.39 times as many as those under the feculence-clearing rotation irrigation mode separately. Under the feculence-clearing rotation irrigation, the average activities of the three enzymes in slight, moderate

基金项目:国家“十一五”科技支撑项目(2006BAC01A13);国家自然科学基金项目(30770412);山东省科技计划项目(2005GG42060003, 2008GG10006024, 2008GG3NS07005)

收稿日期:2009-11-19; **修订日期:**2010-09-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: donglijie1985@163.com

and severe saline soils were the highest. In the slight saline soil, the activities of urease, phosphatase, and dehydrogenase under the feculence-clearing rotation irrigation mode were 1.09, 1.08, 0.97 times as many as those under the sewage water irrigation mode separately. In the moderate saline soil, the activities of urease, phosphatase, and dehydrogenase under the feculence-clearing rotation irrigation mode were 1.12, 1.07, 1.15 times as many as those under the sewage water irrigation mode separately. In severe saline soil, the activities of urease, phosphatase, and dehydrogenase under the feculence-clearing rotation irrigation mode were 0.98, 1.12, 1.31 times as many as those under the sewage water irrigation mode separately. The feculence-clearing rotation irrigation is critical in improving the three enzyme activities and soil fertility of the degraded saline wetlands. This study proved that irrigation with paper mill effluent not only could improve soil fertility, but also could significantly increase enzyme activity of the degraded saline-alkaline lands. The increase of soil enzyme activity showed that: the quality of the salinization soil has been effectively improved by irrigation with treated paper mill effluent.

Key Words: paper mill effluent; irrigation; salinization land; soil enzyme activity

黄河三角洲是指以山东省东营市垦利县的宁海为顶点,东邻渤海,北起套尔河口,南至淄脉沟的扇形冲积平原,由 1855 年黄河改道入渤海淤积而成,是中国三大三角洲和重点开发地区之一^[1-2]。但农业及油田开发对该区域湿地生态系统造成严重影响,湿地萎缩加速,生态环境问题突出,严重影响到黄河三角洲区域及环渤海经济圈的生态安全^[3]。针对近年来出现的黄河三角洲湿地严重退化现象,国家和地方政府把恢复三角洲作为一个重要战略目标。联合国开发计划署(UNDP)已把“支持黄河三角洲可持续发展”作为《中国 21 世纪议程》的优先项目;并把“发展黄河三角洲高效生态经济”列入国家“十五”及“十一五”国民经济规划纲要。因此,修复黄河三角洲潮土带盐碱化湿地,重建滨海绿色生态屏障,已成当务之急。目前,文献^[4-6]研究了利用再生水、其他咸水及海水灌溉对退化湿地的改良,提出了相应的灌溉模式。国内也开展了利用滨海湿地处理造纸废水的实践,对湿地处理废水效果进行了探讨,但对湿地酶活性的动态变化还未见研究。

土壤酶是由微生物、动植物活体分泌及动植物残骸分解释放于土壤中的一类具有催化能力的生物活性物质,随着土壤酶的研究进展,土壤酶活性作为农业土壤质量和生态系统功能的生物活性指标已被广泛研究^[7-8]。在土壤体系中,从土壤理化性质方面探讨土壤肥力质量的研究较多^[9-11],而将土壤酶活性指标作为评价土壤肥力质量优劣的研究相对较少。酶在土壤中所进行的各种物化反应过程中均起着重要的作用,和土壤肥力的演变过程也息息相关,酶活性在一定程度上反映了土壤肥力状况。因此在寻找评价土壤肥力水平高低的指标时,土壤酶活性应作为一个重要的关注对象^[12]之一。本试验采用经过处理的造纸废水进行退化湿地灌溉,一方面可作为淡水资源的补充,另一方面可为土壤提供有机营养物质和微量元素,改善土壤性状。同时探讨不同造纸废水灌溉模式下,土壤酶活性变化规律,以期找出合理的灌溉模式。

1 研究区概况

试验区域位于山东省沾化县城以北约 10km 的山东海韵生态纸业有限公司湿地内,该湿地面积 1000hm²,南北长约 6km,东西最宽处约 3km。该区域属东亚暖温带亚湿润大陆性季风气候,年平均气温 12.5℃左右,年平均降水量约 600 mm,年蒸发量 1 800—2 000 mm。湿地内各地块盐碱化程度不一,据此将其划分为轻度、中度、重度退化湿地。本实验选取试验区内不同程度的盐碱化土壤,以及试验区附近的棉田土壤。各土壤背景值见表 1。

2 研究方法

2.1 实验设计

2008 年 5 月份从野外选取轻度、中度、重度盐碱化土样,以及棉田土样。将采集的新鲜土样挑出粗的植物残体,置于阴凉处风干,风干后过筛。然后装盆,分为 3 组共 36 盆置于温室中,每组中棉田、轻度、中度、重度土样各设置 3 个重复,一组 12 盆;每盆种植展叶期的芦苇 30 株(芦苇平均株高为 32cm)。3 组盆栽实验分

别做不同处理,第 1 组浇灌造纸废水,第 2 组清水与造纸废水轮灌,第 3 组浇清水设为对照。为保证芦苇的成活率,5 月份统一浇灌清水,6 月份开始采用 3 种不同处理方式。使用塑料盆规格为:底部长宽 45cm×35cm、上部长宽 45cm×35cm 高 27cm。每周浇水 1 次,每次浇水量为 4L。

表 1 不同土壤的背景值
Table 1 Background value of different soils

土壤类型 Soil type	pH	水溶性 总盐/% Total soluble salts	脲酶活性 (mgNH ₃ -N/ (g±24 h)) Urease activity	磷酸酶活性 (mg 苯酚/ (g±24 h)) Phosphatase activity	脱氢酶活性 (μgTPF/ (g±24 h)) Dehydrogenase activity	有机质 (g/kg) Organic matter	全氮/% Total nitrogen
棉田土壤 Cotton soil	8.48	0.37	0.82	0.21	0.03	9.13	0.45
轻度盐碱化土壤 Slight salinization soil	8.52	0.40	0.78	0.20	0.04	9.84	0.45
中度盐碱化土壤 Moderate salinization soil	8.83	1.41	0.66	0.19	0.03	8.91	0.42
重度盐碱化土壤 Severe salinization soil	7.83	2.50	0.60	0.06	0.01	6.07	0.38

* 棉田土壤位于试验区附近,由盐碱化土壤经过长期种植植物,演化形成

实验灌溉废水来自山东海韵造纸厂储存塘废水,性质见表 2。该造纸厂废水工艺流程为:原水→调节塘→厌氧塘→好氧塘→兼性塘→储存塘→芦苇湿地。

表 2 储存塘水质指标
Table 2 Water quality of the storage pond

指标 Index	COD/(mg/L)	TN/(mg/L)	TP/(mg/L)	SS/(mg/L)	pH	矿化度/(mg/L)
数值 Value	924	25.3	4.66	726.3	7.83	3984

2.2 测量指标与测定方法

2.2.1 土壤取样方法

采用对角线取样法,在置于温室的塑料盆内选取 5 个点,用内径为 1.5cm 的金属采样器在各点处采集 0—10cm 表层土样,带回实验室进行土样预处理,分别在 2008 年 7、8、9、10 月份 4 次采样测定(黄河三角洲芦苇展叶期为 5 月份,落叶期 10 月底以后)。

2.2.2 测定指标和方法

水质指标(pH、COD、TN、TP 等)参照《水和废水监测分析方法》^[13],土壤理化性质(pH、盐分等)参照《土壤农化分析》^[14],土壤有机质采用重铬酸钾容量法,以 g/kg 表示;全氮测量采用凯氏法;脲酶采用苯酚钠比色法,以 mgNH₃-N/(g±24 h)表示;磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法,以 mg 苯酚/(g±24 h)表示;脱氢酶采用氯化三苯四氯唑(TTC)法,以 μgTPF/(g±24 h)表示^[15]。

2.3 使主要用仪器设备

TU-1901 紫外可见分光光度计、真空抽滤机、土壤筛、调温电热板、鼓风干燥箱、生化培养箱、恒温振荡机等。

2.4 数据分析

采用 SPSS 统计软件利用单因素方差分析(ANOVA)对实验数据差异性进行显著性分析,并且利用邓肯多重比较法(Duncan's multiple range test)分别对不同程度盐碱化土壤和不同灌溉处理方式之间的两两差异性进行比较分析。

3 结果与分析

脲酶是一种酰胺酶,能促进尿素分解和多肽链肽键水解,有效分解基质中的蛋白质,与基质微生物数量、

有机质、全氮和凯氏氮含量相关,土壤中氮素含量越高,脲酶活性越好;有机磷是土壤全磷的重要组成部分,约占土壤全磷的 20%—50%,有机磷必须在各种湿地磷酸酶转化为无机磷后才能被植物根系及土壤微生物吸收,磷酸酶能促进磷酸酯水解释放出磷酸根,磷酸酶活性与土壤中有有机物含量及供氧条件有关,土壤养分充足,供氧条件越好,酶活性越高;脱氢酶是一种氧化酶,能促进碳水化合物、有机酸等有机物脱氢氧化,起着递氢体作用,其活性主要受气温和基质的影响^[16]。同时 3 种酶活性都受气温影响,通常酶活性在 8、9 月份达到最大值,气温升高或降低都对酶活性有一定影响。

3.1 不同处理方式下不同盐碱化土壤脲酶月间变化

由图 1 可看出,在废水灌溉、清污轮灌以及清水灌溉 3 种灌溉方式下,棉田、轻度盐碱化、中度盐碱化、重度盐碱化土壤的脲酶月间变化趋势大致是一致的;清水处理显示了脲酶活性的季节变化。7、8 月份脲酶活性较低,随着灌溉次数的增加,9、10 月份脲酶活性较 7、8 月份有较为明显的提高。对棉田土壤来说,废水灌溉处理下脲酶活性最好,10 月份废水灌溉处理下,棉田土壤脲酶活性比对照提高了 53.4%;对于轻度、中度、重度盐碱化土壤,清污轮灌处理下,脲酶活性最高,10 月份清污轮灌处理下,轻度、中度、重度盐碱化土壤的脲酶活性分别比对照提高了 11.1%、44.7%、83.2%。7、8 月份脲酶活性较本底值低,而 9、10 月份脲酶活性显著增加,说明脲酶的活性先受到抑制,然后才恢复,这与严金龙^[17]等的研究是一致的。浇灌初期,脲酶活性受废水 COD_{Cr} 的影响,受到抑制,但随着浇灌次数的增加,土壤中的有机质和有机氮增加,从而提高了脲酶的活性,这可能是脲酶活性先受到抑制,然后才恢复的原因。

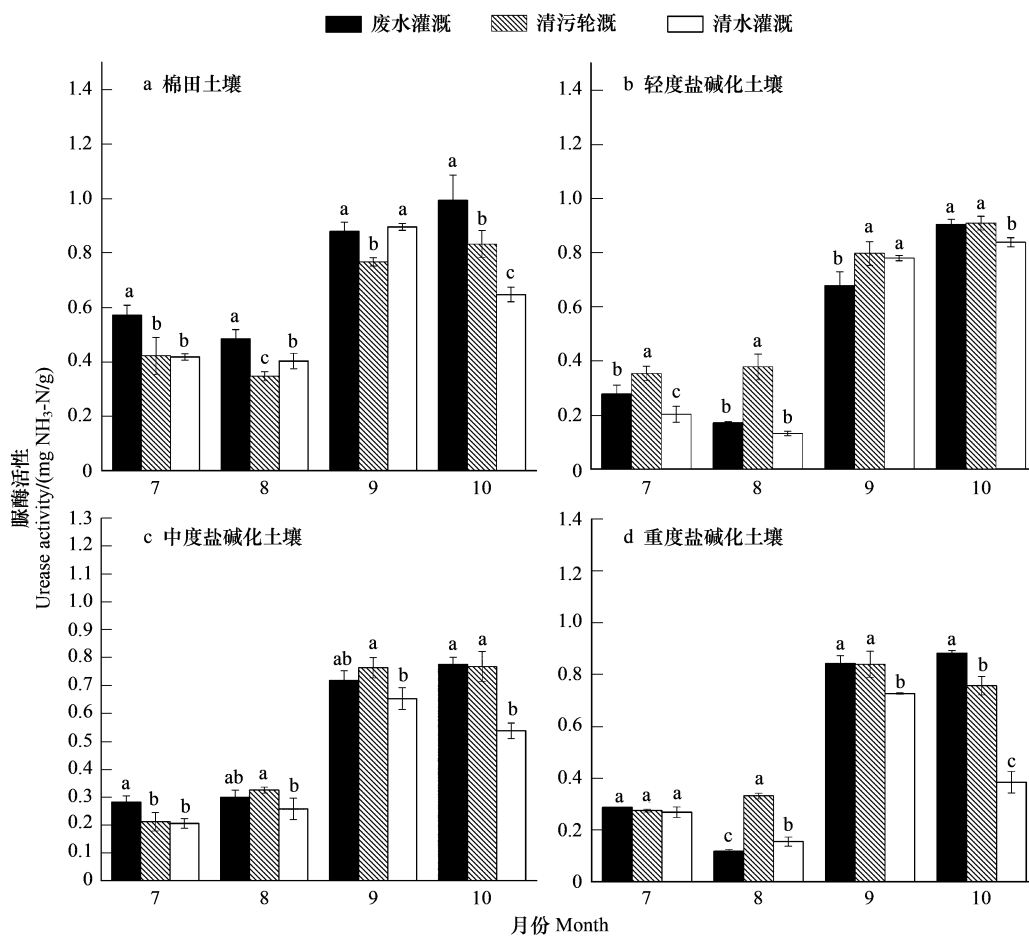


图 1 不同处理方式下不同土壤脲酶月间变化情况 (显著水平 $\alpha = 0.05$)

Fig. 1 The month change of urease activity in different soils under different treatments (significance level $\alpha = 0.05$)

图中同一月份中不同字母表示差异显著

3.2 不同处理方式下不同盐碱化土壤磷酸酶月间变化情况

由图 2 可看出,在废水灌溉、清污轮灌以及清水灌溉 3 种灌溉方式下,棉田、轻度盐碱化、中度盐碱化、重度盐碱化土壤的磷酸酶月间变化趋势大致是一致的;清水处理显示了磷酸酶活性的季节变化。8、9 月份 4 种土壤的磷酸酶活性达到最大值,10 月份磷酸酶活性略低于 9 月份。废水灌溉、清污轮灌以及清水灌溉 3 种处理下,废水灌溉和清污轮灌处理下磷酸酶活性有较大提高,对于棉田土壤来说,废水灌溉处理下磷酸酶活性最高;对于轻度、中度及重度盐碱化土壤来说,清污轮灌处理下磷酸酶活性最高。但磷酸酶活性在 9 月份达到最大值,10 月份比 9 月份有所下降,这与李甲亮^[18]等的研究是一致的。磷酸酶活性与土壤中有机物含量及供氧条件有关,土壤养分充足,供氧条件越好,酶活性越高。另外,磷酸酶活性受季节影响较大,10 月份以后,活性下降。

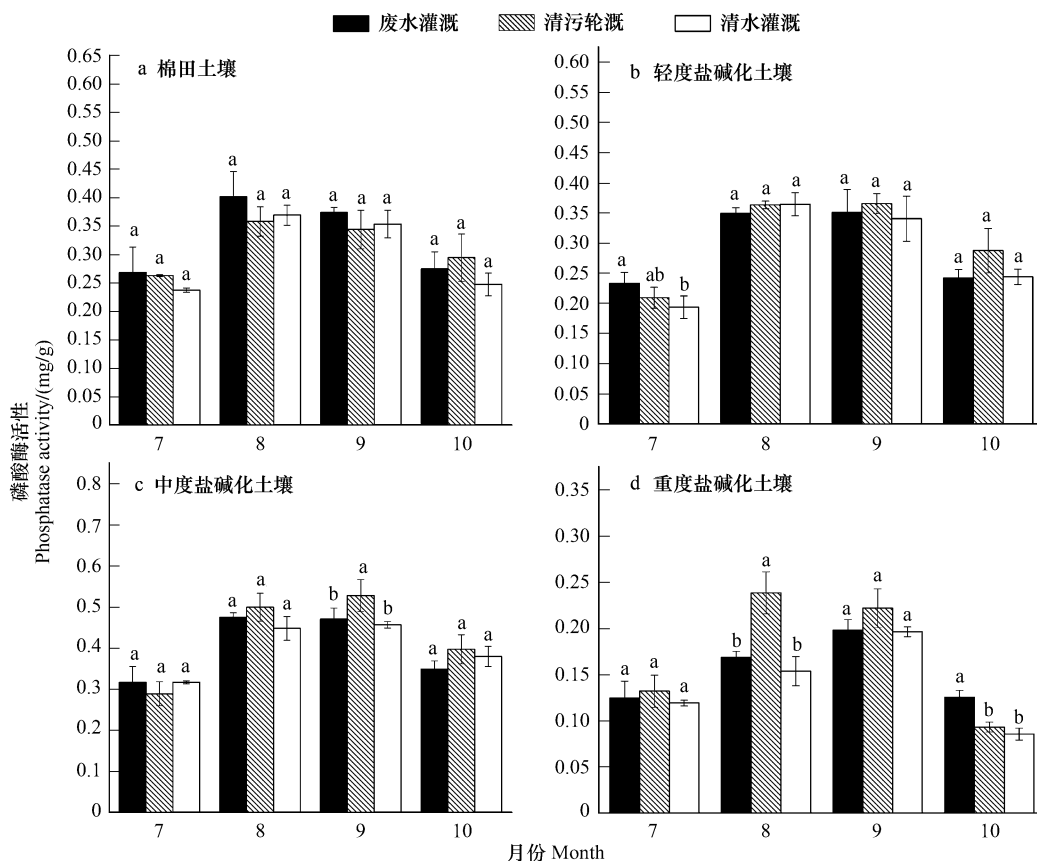


图 2 不同处理方式下不同土壤磷酸酶月间变化情况(显著水平 $\alpha = 0.05$)

Fig. 2 The month change of phosphatase activity in different soils under different treatments (significance level $\alpha = 0.05$)

图中同一月份中不同字母表示差异显著

3.3 不同处理方式下不同盐碱化土壤脱氢酶月间变化情况

由图 3 可看出,4 种土壤的脱氢酶变化趋势不一致;清水处理显示了脱氢酶活性的季节变化。棉田土壤脱氢酶活性 10 月份达到最大值;轻度、中度盐碱化土壤脱氢酶活性 8 月份达到最大值;重度盐碱化土壤脱氢酶活性 9 月份达到最大值。棉田、轻度盐碱化土壤在废水灌溉处理下,脱氢酶活性最高;中度、重度盐碱化土壤在清污轮灌处理下,脱氢酶活性最高。废水灌溉后,由于供氢体的增加,棉田土壤与轻度盐碱化土壤的脱氢酶活性迅速增加,而中度盐碱化土壤和重度盐碱化土壤则在清污轮灌处理下脱氢酶活性增加,这可能与土壤基质有关,这两种土壤中微生物含量远小于棉田土壤,废水灌溉大量的污染物抑制了微生物的活性,而清污轮灌处理则提供了较为适宜的养分比例,并且也减少了污染物质的含量。

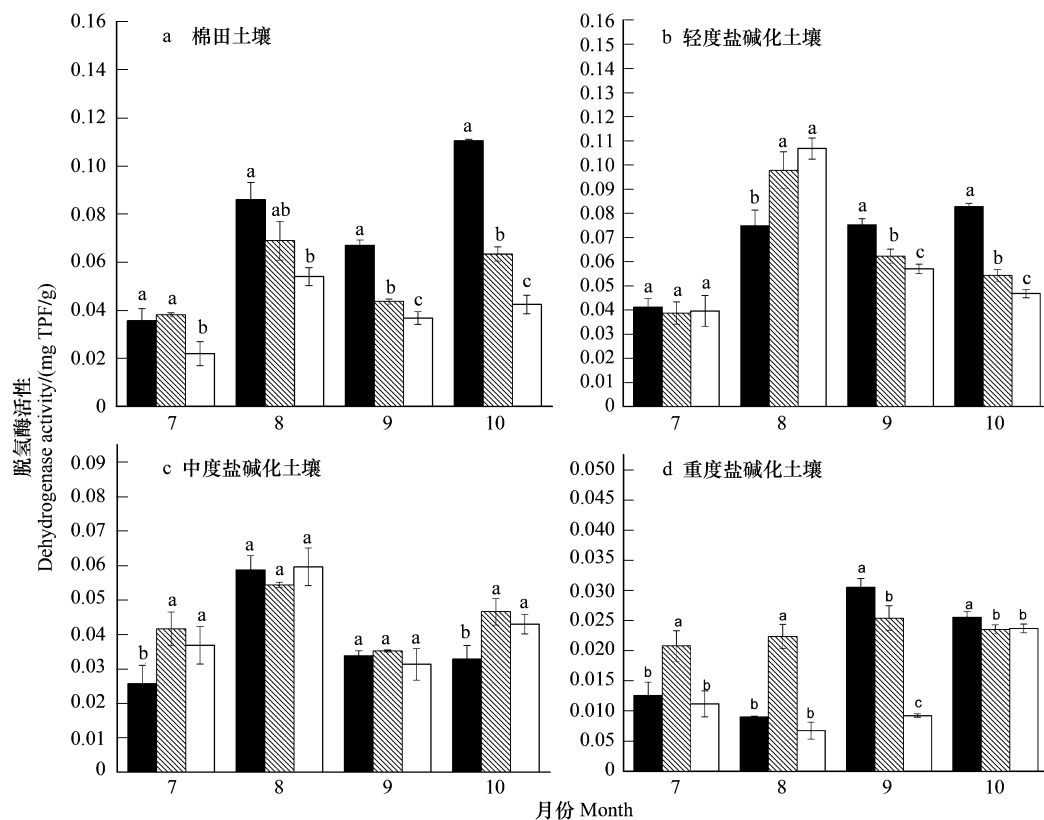


图3 不同处理方式下不同土壤脱氢酶月间变化情况(显著水平 $\alpha = 0.05$)

Fig. 3 The month change of dehydrogenase activity in different soils under different treatments (significance level $\alpha = 0.05$)

图中同一月份中不同字母表示差异显著

4 结论与讨论

(1) 与对照相比,在废水灌溉和清污轮灌处理方式下,10月底测定棉田土壤的有机质和全氮含量平均增加了37%、34.7%;轻度盐碱化土壤的有机质和全氮含量平均增加了30.7%、26.7%;中度盐碱化土壤的有机质和全氮含量平均增加了45.2%、17.6%;重度盐碱化土壤的有机质和全氮含量平均增加了57.9%、10.2%。灌溉后土壤有机质的增加为微生物提供了大量的碳源,微生物利用这些碳源促进生长,增加了酶的活性^[19]。废水灌溉或清污轮灌后,不同程度盐碱地土壤脲酶活性显著增加,是因为灌溉增加了土壤中的有机氮和有机质,从而提高了土壤脲酶的活性;灌溉后退化湿地土壤磷酸酶活性有了一定的提高,但并不显著,磷酸酶活性的增加与脲酶活性的增加有一定的相似,其与土壤有机质含量有关及供氧条件有关,土壤养分高,供氧条件好,酶活性就越高;脱氢酶活由于浇灌后供氢体(脱氢酶在反应中以有机物作为供氢体)的增加,因此也有了较明显的提高。

(2) 由脲酶、磷酸酶、脱氢酶的活性来看,棉田土壤采用废水灌溉处理,3种酶平均活性最高,废水灌溉模式下,棉田土壤的脲酶、磷酸酶以及脱氢酶的活性分别是清污轮灌模式下的1.23、1.05、1.39倍;轻度、中度、重度盐碱化土壤采用清污轮灌处理,3种酶平均活性最高;清污轮灌模式下,轻度盐碱化土壤的脲酶、磷酸酶以及脱氢酶的活性分别是废水灌溉模式下的1.09、1.08、0.97倍,中度盐碱化土壤的脲酶、磷酸酶以及脱氢酶的活性分别是废水灌溉模式下的1.12、1.07、1.15倍,重度盐碱化土壤的脲酶、磷酸酶以及脱氢酶的活性分别是废水灌溉模式下的0.98、1.12、1.31倍,清污轮灌更有助于退化盐碱化湿地土壤3种酶活性和肥力的提高。

(3) 土壤酶活性在一定程度上反映了土壤肥力状况,土壤酶活性的提高说明,采用处理后的造纸废水浇灌不同程度盐碱化土壤,可有效改善盐碱化土壤质量。

致谢:感谢山东省黄河三角洲生态环境重点实验室各位老师野外调查和实验过程中所提供的帮助。

References:

- [1] Yin J D, Jiang Z L, Li X M, Zhang S S, Haibara K. Strategic Concept on comprehensive development of Yellow River Delta saline and alkaline land. *Journal of Nanjing Forestry University*, 2000, 24(5): 61-63.
- [2] Mu C R, Yang L S, Wang J H, Hu Y M, Lin H Z. Wetland ecosystems formation and its protection in Yellow River Delta. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(1): 123-126.
- [3] Chen W F, Zhou W Z, Shi Y X. Crisis of wetlands in the Yellow River Delta and its protection. *Journal of Agro-Environmental Science*, 2003, 22(4): 499-502.
- [4] Peng Z G, Yang P L, Wang Y, Ren S M. Effects of irrigation with reclaimed water on available nutrient and salinize-alkalization. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006(6): 58-61.
- [5] Chen X M, Bai B, Huang D A. Effects of seawater irrigation on soil salinize-alkalization and saturation conductivity in yellow river delta. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(2): 50-54.
- [6] Miyamoto S, Arturo C. Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline water. *Landscape and Urban Planning*, 2006(77): 28-38.
- [7] Wang J H, Yin R, Zhang H Y, Lin X G, Chen R R, Qin S W. Changes in soil enzyme activities, microbial biomass, and soil nutrition status in response to fertilization regimes in a long-term field experiment. *Ecology and Environment*, 2007, 16(1): 191-196.
- [8] Veronica A M, Leo C, David S R, Luis P A. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. *Applied Soil Ecology*, 2007, 35: 35-45.
- [9] Hou P Q, Ren J, Tao L, Chen X M, Fu X Y. Effects of the desert ecological forest irrigated by papermaking wastewater on soil nutrition element. *Journal of Lanzhou Jiaotong University*, 2008, 27(1): 42-45.
- [10] Cheng Z, Dong M M. Effects of irrigation with papermaking wastewater on the amount of soil organic matter. *Environmental Study and Monitoring*, 2006, 19(1): 29-30.
- [11] Fernando G S, Carmen T C, M C, Seoane S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 2005, 37: 877-887.
- [12] Wang C, Wang D J, Sun R J, Lin J H. The relationship between soil enzyme activities and soil nutrients by long-term fertilizer experiments. *Ecology and Environment*, 2008, 17(2): 688-692.
- [13] National Environmental Protection Agency. *Water and Exhausted Water Monitoring Analysis Method*: 4th edition. Beijing: The Press of Chinese Environmental Science, 2002.
- [14] Bao S D. *Soil Agrochemical Analysis*. Beijing: The Press of Chinese Agriculture, 2005.
- [15] Guan S Y. *Soil Enzyme and Its Research Methods*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1986.
- [16] Rogers B F, Tate III R L. Temporal analysis of the soil microbial community along a toposequence in pineland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, 33: 1389-1401.
- [17] Yan J L, Quan G X, Ding C. Influences of pulping wastewater irrigation on the soil properties and the activity of urease. *Transactions of China Pulp and Paper*, 2008, 4(23): 58-60.
- [18] Li J L, Lu Z H, Wang L, Tian J Y, Li P H, Xiao Z F. Dynamic changes of reed wetland enzyme activity and their correlations with wastewater purification. *Periodical of Ocean University of China*, 2008, 38(3): 483-488.
- [19] Anna P, Giuseppina I, Maria A R, Liliana G. Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 2006, 38(3): 600-610.

参考文献:

- [1] 尹建道,姜志林,李兴明,张思树,生原喜久雄. 黄河三角洲盐碱地综合开发构想. *南京林业大学学报*, 2000, 24(5): 61-63.
- [2] 穆从如,杨林生,王景华,胡远满,林恒章. 黄河三角洲湿地生态系统的形成及其保护. *应用生态学报*, 2000, 11(1): 123-126.
- [3] 陈为峰,周维芝,史衍玺. 黄河三角洲湿地面临的问题及其保护. *农业环境科学学报*, 2003, 22(4): 499-502.
- [4] 彭致功,杨培岭,王勇,任淑梅. 再生水灌溉对草坪土壤速效养分及盐碱化的效应. *水土保持学报*, 2006(6): 58-61.
- [5] 陈效民,白冰,黄德安. 黄河三角洲海水灌溉对土壤盐碱化和导水率的影. *农业工程学报*, 2006, 22(2): 50-54.
- [7] 王俊华,尹睿,张华勇,林先贵,陈瑞蕊,钦绳武. 长期定位施肥对农田土壤酶活性及其相关因素的影响. *生态环境*, 2007, 16(1): 191-196.
- [9] 侯倍强,任珺,陶玲,陈学民,伏小勇. 造纸废水灌溉对沙漠生态林土壤营养成份的影响. *兰州交通大学学报*, 2008, 27(1): 42-45.
- [10] 程钟,董毛毛. 造纸废水灌溉对湿地土壤中有机质含量的影响. *环境研究与监测*, 2006, 19(1): 29-30.
- [12] 王灿,王建德,孙瑞娟,林静惠. 长期不同施肥方式下土壤酶活性与肥力因素的相关性. *生态环境*, 2008, 17(2): 688-692.
- [13] 国家环境保护总局. *水和废水监测分析方法*: 第4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [14] 鲍士旦. *土壤农化分析*. 北京: 农业出版社, 2005.
- [15] 关松荫. *土壤酶及其研究法*. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [17] 严金龙,全桂香,丁成. 造纸废水污灌对土壤性质及脲酶活性的影响. *中国造纸学报*, 2008, 4(23): 58-60.
- [18] 李甲亮,陆兆华,王琳,田家怡,李鹏辉,肖忠峰. 芦苇湿地酶活性动态变化及其与净化功能相关性. *中国海洋大学学报*, 2008, 38(3): 483-488.

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元