

冻融作用对石油污染土壤酶活性和水溶性碳的影响

兴¹, 李法云^{1,2}, 张 营¹, 马溪平¹, 李 崇¹, 王效举³

(1. 辽宁大学环境学院, 辽宁 沈阳 110036; 2. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128; 3. 日本埼玉县环境科学国际中心, 3470115)

摘 要:通过现场采样调查及室内分析测试,研究了石油污染土壤经过 10 个冻融循环和恒温处理后,土壤中过氧化氢酶和脲酶的活性、土壤呼吸速率、水溶性有机碳及微生物量碳的变化特征。结果表明,冻融作用对中重度污染土壤中过氧化氢酶和脲酶的活性有促进作用,过氧化氢酶活性提高 6.64%,脲酶活性增加 41.11%,但对土壤微生物量碳影响不大;水溶性有机碳受冻融作用影响较大,其比恒温处理提高 67.04 mg·kg⁻¹,且土壤中总石油烃含量越高,水溶性有机碳变化越大;中重度石油污染土壤经过冻融处理后,其石油烃含量较之恒温处理减少明显,两种不同处理的差值达 290.268 mg·kg⁻¹,而对于高度石油污染土壤来说,冻融作用则可能不利于石油烃的降解。

关键词:辽河油田;冻融作用;酶活性;呼吸速率;水溶性有机碳

中图分类号:X53 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2008)03-0914-06

The Effect of Freezing and Thawing on Enzyme Activity and Dissolved Organic Carbon in Petroleum Contaminated Soil

QIAO Xing-guo¹, LI Fa-yun^{1,2}, ZHANG Ying¹, MA Xi-ping¹, LI Chong¹, Oh Kokyo³

(1.School of Environmental Science, Liaoning University, Shengyang 110036, China; 2. School of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3.Center for Environmental Science in Saitama, 3470115, Japan)

Abstract: In northeast China climatic regions, soils may be subjected to freeze-thaw cycles which occur frequently in late winter and early spring. Freezing may have strong effects on soil physical properties, microbial activity and microbial community. Microbial biomass and soil enzyme activity could have valuable influence on microbial degradation in contaminated soil. This paper studied the variations of catalase (CAT), urease activity, microbial biomass carbon, respiratory rate and water-dissolved organic carbon in petroleum contaminated soils after 10 freezing-thawing cycles (FTCs). The results showed that freezing and thawing of contaminated soils did not have a strong effect on soil microbial biomass C, while catalase activity and urease activity were increased due to the FTCs, the increasing rate of CAT and urease activity in soil was 6.64% and 41.11%, respectively. Water dissolved organic carbon (DOC) in soil after freezing and thawing treatment was increased 67.04 mg·kg⁻¹ compared with soil without FTCs, and a significant correlation existed between DOC and TPHs (total petroleum hydrocarbons) concentrations. Compared with soils without FTCs, the concentrations of TPHs in soil moderately contaminated with petroleum decreased more after freezing and thawing treatments, the difference between the treatments was 290.268 mg·kg⁻¹; however, high concentration of TPHs in soil might have an negative effect on its degradation. Although freeze-thaw cycles can alter soil microbial biomass and enzyme activity, their overall impact on microbial degradation in contaminated soil remains unclear.

Keywords: Liaohe oil field; freezing and thawing; enzyme activity; respiratory rate; water dissolved organic carbon

收稿日期:2007-07-16

基金项目:国家自然科学基金(30570342);国家重点基础研究发展计划项目(2004CB418506);国家教育部留学回国人员科研启动资金(教外司留[2005]383 号);辽宁省高校污染控制与环境修复重点实验室与辽宁省环境保护开放实验室基金

作者简介: 兴(1982—),男,辽宁沈阳人,硕士研究生,主要从事污染生态学方面的研究。 E-mail: ggxxqiao@163.com

通讯作者:李法云

随着石油工业的发展,其在开采、运输、加工及消耗过程中,难以避免对土壤造成污染。目前,我国石油年产量已超过 1.0×10^{11} kg, 每年新污染土壤 1.0×10^8 kg。在辽河油田的重污染区,土壤原油含量高达 1.0×10^4 mg $\cdot$ kg $^{-1}$,是临界值(500 mg $\cdot$ kg $^{-1}$)的 20 倍^[1],且污染面积正呈扩大的趋势。石油的主要成分为烷烃、环烷烃和芳香烃等各种碳氢化合物,其中一些有机化合物可干扰动物内分泌系统,影响生物繁衍,使人类的免疫功能失调,具有致癌、致畸和致基因突变的作用,对人类健康和环境质量产生严重威胁^[1-2]。因此,石油污染土壤的治理势在必行。

土壤的季节性冻融作用是中国北方地区重要的气候特征,冻融作用可使土壤的物理、化学和生物学性质发生明显的变化,如使土壤的疏松度增加,促进有机物质和细菌的接触及增强酶的活化效应,加强有机物的矿化作用等^[3-5]。土壤中石油污染的降解与微生物种类、活性具有极为密切的关系。因此,冻融作用一定程度上可能对石油污染土壤的微生物修复产生重要的影响。目前,国内有关冻融作用对石油污染土壤微生物修复的影响少有研究报道。为此,本文结合我国东北低温地区特有的气候特征,通过对辽河油田污染土壤的调查,初步研究了冻融作用对石油污染土壤酶活、呼吸和水溶性有机碳等的影响,以期对该地区土壤的微生物修复研究提供可能的理论依据。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集和处理

供试土壤于 2006 年 3 月 30 日采自辽河油田兴隆台采油区,采样点冬季平均气温为-1.7℃,表层土壤通常在 11 月份冻结,3 月份融化。采样时,剥去表层覆盖物后,每个油井附近采集 6 点土样并进行混合,采样深度约为 0~30 cm,共采集 4 个混合样(编号

为 A、B、C 和 D),其中 C 样品土壤有植被覆盖。对照土样采自辽宁大学校内,采样当天将土样带回实验室,经碾碎混匀后,过 1 mm 筛,装入试剂袋密封,放入冰箱 4℃保存备用。采样点土壤基本情况等如表 1 所示。由表 1 可知,油井周围土壤中的总石油烃含量随开采年代的不同并未呈现规律性的变化。在早期开采的油井附近土壤中,总石油烃含量为 12 800.38 mg $\cdot$ kg $^{-1}$ 以上,说明东北地区土壤中石油污染物分解较为缓慢,且受开采过程中新的石油污染物排放的影响。2001 年开采的油井附近土壤中,总石油烃含量为 22 491.31 mg $\cdot$ kg $^{-1}$,是临界值的 45 倍,土壤石油烃污染较为严重。

1.2 试验设计

试验土样 500 g 装入 PVC(直径 100 mm)管中,密封保存。冻融处理指土样在-20℃冻结 24 h,5℃解冻 24 h,一个冻融循环共 48 h。重复此循环 10 次。恒温处理指土样 4℃培养 20 d。同时设置对照土样,然后,把冻融土样和恒温处理土样于 4℃培养 7 d。

1.3 试验方法

土样 pH 值采用玻璃电极法(土:水=1.0:2.5)测定;土壤中总石油烃含量 (total petroleum hydrocarbons/TPHs) 的测定采用重量法,紫外分光光度计法测定降解液中的石油含量;脲酶(Urease)活性的测定采用奈氏比色法,以 1 g 干土 24 h 生成的 NH₃-N 量为脲酶的 1 个活性单位;过氧化氢酶(Catalase)活性的测定采用高锰酸钾滴定法,酶活性以 1 g 干土 1 h 内消耗的 0.1 mol $\cdot$ L $^{-1}$ KMnO₄ 体积数(以 mL 计)表示;土壤微生物量碳采用熏蒸-培养方法(The fumigation-incubation method, FI);土壤呼吸速率采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 光合作用分析仪 (配带土壤呼吸室)测定;土壤中的水溶性有机碳(DOC)采用 Liqui TOC/TNb 总有机碳测定仪测定。

表 1 采样点的基本情况
Table 1 The basic data of the sampling sites

油井代号	A	B	C	D	CK
地理位置	N 40°58.92' E 122°15.566'	N 40°59.22' E 122°15.605'	N 41°03.98' E 122°20.570'	N 40°59.31' E 122°15.757'	N 41°49.45' E 123°23.45'
开采年代	1972 年 9 月	1982 年 7 月	1991 年 11 月	2001 年 6 月	—
密度/g $\cdot$ cm $^{-3}$	2.65	2.65	2.65	2.65	2.63
pH	8.53	8.54	8.98	8.64	7.66
含水率/%	15.22	25.74	12.31	21.60	7.02
有机质/g $\cdot$ kg $^{-1}$	23.36	24.30	25.27	22.73	15.79
总 N/g $\cdot$ kg $^{-1}$	1.99	2.03	2.20	1.78	1.31
含油量/mg $\cdot$ kg $^{-1}$	12 800.38	4 789.86	15 709.94	22 491.31	—

2 结果与分析

2.1 冻融作用对土壤酶活性的影响

过氧化氢酶广泛存在于微生物的细胞中,属于氧化还原酶类,是在生物呼吸过程中和有机物质的生物化学氧化反应过程中形成,在土壤营养物质的转化过程中起着重要的作用,它能酶促 H_2O_2 分解,从而解除 H_2O_2 对微生物的毒害,为土壤微生物活动提供一个良好的土壤环境^[6,7]。

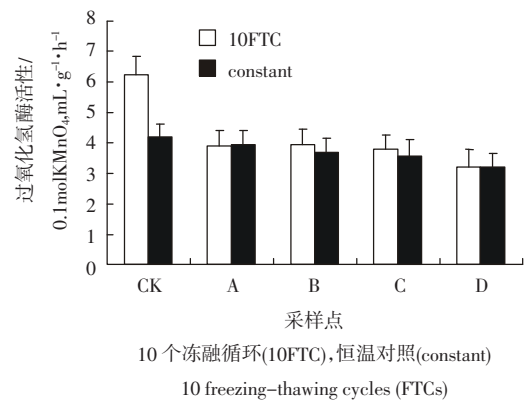


图 1 冻融作用对土壤过氧化氢酶活性的变化
Figure 1 Effect of freezing-thawing treatments on catalase activity in petroleum contaminated soil

如图 1 所示,冻融处理对不同浓度石油污染土壤过氧化氢酶活性均无显著性影响,其中 B 处土样经过冻融处理后,与恒温处理土样相比,过氧化氢酶活性提高 6.64%,D 处土样经冻融处理,与恒温处理相比,过氧化氢酶活性无明显变化,可能是因为 D 处土样中石油烃含量过高,此时生物呼吸过程中,过氧化氢酶活性对温度反应不甚灵敏,而对于 CK 对照土样来说,冻融处理与恒温处理相比,过氧化氢酶活性竟提高 47.65%,表明冻融作用对石油烃含量较低的土

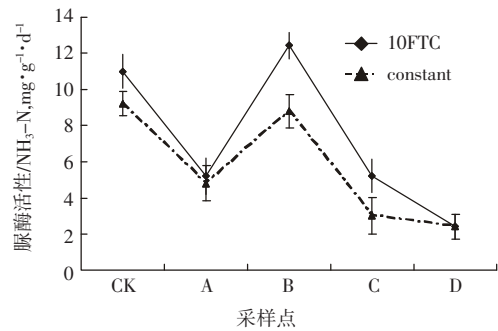


图 2 冻融处理对土壤脲酶活性的变化
Figure 2 Effect of freezing-thawing treatments on urease activity in petroleum contaminated soil

壤中过氧化氢酶活性影响较为明显。

土壤脲酶对很多污染物浓度的变化十分敏感,如图 2 所示,冻融作用对 A、D 处的土壤脲酶活性影响差异不大,D 处土样脲酶活性不同处理间的差异仅为 0.04%,而 B、C 处土样的脲酶活性受冻融作用影响较为明显,其中,B 处土样冻融与恒温处理相比,脲酶活性增加 41.11%,CK 对照样的两种不同处理间,脲酶活性差异为 19.45%。发现土壤脲酶活性与土壤中 TPHs 含量呈现显著负相关。这与李慧等^[8]的研究结果相一致。

2.2 冻融作用对土壤微生物量碳的影响

土壤微生物量是土壤有机质的活性部分,一般是指土壤中体积小于 $5\times 10^3\text{ m}^3$ 的生物总量,是有机碳代谢及污染物降解的驱动力,参与土壤养分转化和循环等生化过程。土壤微生物量本身是土壤养分的储备库,对土壤 N、P 和植物有效性在一定程度上起着支配作用^[9-12]。如图 3 所示,冻融作用对不同浓度的土壤微生物量碳无显著性影响,B 处土样受冻融作用影响相对最大,与恒温培养土样相比,土壤微生物量碳升高 1.46%,Hannu 等^[12]的研究同样表明冻融作用对土壤微生物量碳无明显影响,CK 对照样中的微生物量碳比石油污染土壤中的均低,而且不同浓度间土壤微生物量碳亦无明显差异。

2.3 冻融作用对土壤呼吸速率的影响

季节性冻融过程中,土壤内仍有一定量的 CO_2 排放,说明土壤中的微生物仍有呼吸作用存在^[13,14],进而可以根据 CO_2 排放量的大小来评测土壤中微生物活性的强弱。

如图 4 所示,A、B 和 D 处的土样经过冻融处理

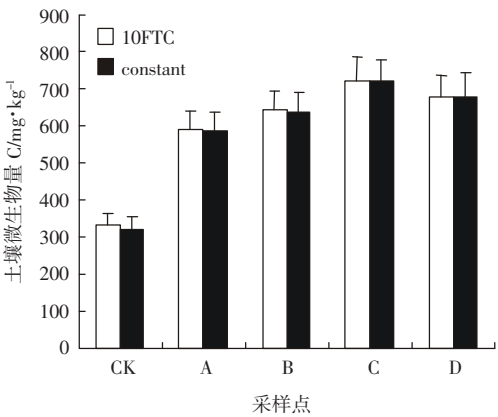


图 3 冻融处理对土壤微生物量碳的变化
Figure 3 Effect of freezing-thawing treatments on microbial biomass carbon in petroleum contaminated soil

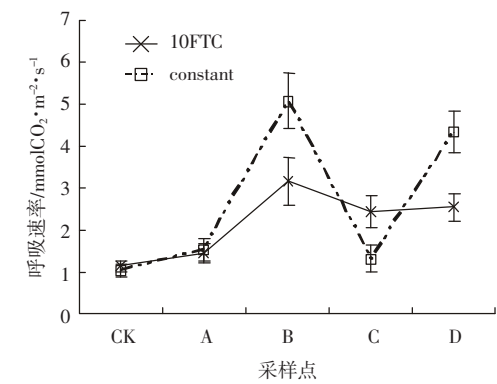


图 4 冻融处理对土壤呼吸速率的影响

Figure 4 Effect of freezing–thawing treatments on respiratory rate in petroleum contaminated soil

后,呼吸速率比恒温处理的均有所下降,B处差值最大,两者间达 $1.907\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,表明此处微生物的代谢活性受温度的影响较为明显,冻融作用对微生物的生长活动有一定的抑制作用,这与 Feng 等^[15]的研究结果相一致,且此种抑制作用可能与土壤中石油烃含量有关;C处土样经冻融处理后,呼吸速率却比恒温处理的呼吸值升高 $1.128\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,这可能是因为该处土样中长出植物,植物根际间分泌的物质促进微生物的代谢,使其呼吸作用有所增强。在 Feng 等^[15]的研究中亦发现,土壤中混有植物后,土壤的呼吸强度增加。

2.4 冻融作用对土壤水溶性有机碳(DOC)的影响

土壤中的水溶性有机碳(DOC)指土壤样品中在室温及天然 pH 条件下,能溶于水相的有机组分。水溶性有机碳是微生物的重要能源,它与土壤微生物生物量一样,是土壤中的活性有机质,容易被土壤微生物分解利用,在提供土壤微生物养分方面起着重要的作

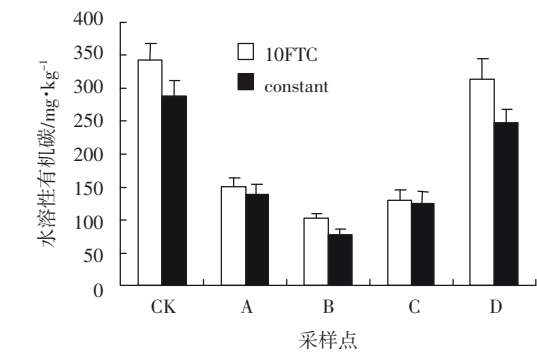


图 5 冻融处理对土壤水溶性有机碳的影响

Figure 5 Effect of freezing–thawing treatments on dissolved organic carbon in petroleum contaminated soil

用^[16-19]。

如图 5 所示,冻融作用对各个土样间水溶性有机碳影响均较为显著,D处土样最为明显,经冻融处理后,土壤水溶性有机碳比恒温处理的土样中提高 $67.04\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;B处土样不同处理间的水溶性有机碳差值也达到 $22.75\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,表明土壤水溶性有机碳受冻融作用影响较为剧烈,在 Heidi 等^[20]的研究中也发现类似的结果,且水溶性有机碳随土壤中石油烃含量的增大而增加。

2.5 冻融作用对土壤中总石油烃(TPHs)的影响

石油烃(Total Petroleum Hydrocarbons)作为原油进入环境后变化较为明显的组分,其含量的变化可以表征石油污染土壤的降解情况。

如图 6 所示,B处土样经过冻融处理后,石油烃的降解比恒温处理降解多 $290.268\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,而 A、C 和 D 处土样经过冻融处理后,石油烃的降解反而比恒温处理降解的少,D处的两种不同处理间的差值甚至高达 $1\,685.30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,这也许是因为 B 处土样在冻融过程中,有适应低温的微生物生长,且其在微生物种群中占优势,并在土壤的微生物修复过程中发挥积极的作用;而对 A、C 和 D 处土样来说,可能因为这些土样中石油烃含量较高,不利于低温微生物的生长,冻融作用对有些微生物的生长繁殖有抑制作用,且这种作用对于微生物的生长具有重要的作用,因而不利于污染土壤的微生物降解。日本学者 Yuzuru 等^[21]利用冻融的方法修复污染土壤,发现冻融作用可明显

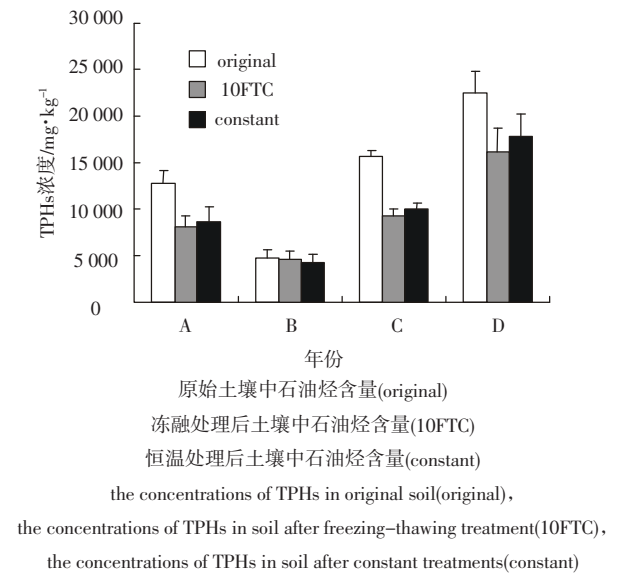


图 6 土壤中 TPHs 的含量变化

Figure 6 Change of concentration of TPHs in the petroleum contaminated soil

提高对土壤污染物的去除效果。

3 结论

季节性冻融是中国北方地区重要的气候特征,冻融作用影响土壤营养物质的迁移和转化,冻融波动是营养物质活化的主要驱动因子^[10],其导致微生物呼吸强度和微生物可利用营养物质浓度增加^[22]。通过对辽河油田土壤的冻融处理发现,冻融作用影响土壤中营养物质的迁移和转化,土样冻融处理后,土壤水溶性有机碳比恒温处理提高,水溶性有机碳可被土壤中的微生物作为营养物质而吸收利用,促进适应低温条件微生物的繁殖与生长^[23,24]。酶的活性直接影响到有机物的微生物降解情况,冻融作用在一定程度上使土壤过氧化氢酶和脲酶的活性增强,此时微生物加速对有机物的降解。土样中植物的根际分泌物促进微生物的活性,使微生物的呼吸作用增加,加速对有机污染物的降解。由此可见,植物-微生物联合修复方法将可能是石油烃污染土壤修复有效途径。通过以上分析,可见冻融作用对土壤微生物的生长环境具有一定的影响,进而关系到微生物的生长和繁殖,最终可能在某种程度上影响石油污染土壤的微生物降解。

参考文献:

- [1] Ding K Q, Luo Y M, Sun T H, et al. Bioremediation of soil contaminated with petroleum using forced-aeration composting [J]. *Pedosphere*, 2002, 12 (2): 145-150.
- [2] 李法云, 藏树良, 罗 义. 污染土壤的生物修复技术[J]. 生态学杂志, 2003, 22(1): 35-39.
LI Fa-yun, ZANG Shu-liang, LUO Yi. Bioremediation of contaminated soils: a review[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2003, 22(1): 35-39.
- [3] 谯兴国, 李法云, 王效举, 等. 冻融作用对石油污染土壤微生物修复的影响 [J]. 气象与环境学报, 2006, 22(6): 56-60.
QIAO Xing-guo, LI Fa-yun, OH Kokyo, et al. Effects of freezing and thawing on microbial remediation of petroleum-contaminated soil [J]. *Journal of Meteorology and Environment*, 2006, 22(6): 56-60.
- [4] 朴春和, 刘广深, 洪业汤. 干湿交替和冻融作用对土壤肥力和生态环境的影响 [J]. 生态学杂志, 1995, 14 (6): 29-34.
PIAO Chun-he, LIU Guang-shen, HONG Ye-tang. Effects of Alternative drying-rewetting and greezing-flhawing on soft fertility and ecological environment [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1995, 14(6): 9-34.
- [5] Herrmann, A, Witter E. Sources of C and N contributing to the flush in mineralization upon freeze-thaw cycles in soils [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2002, 34: 1495-1504.
- [6] 蒯 昕, 李培军, 孙铁珩, 等. 石油污染土壤的生物修复与土壤酶活性关系[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1226-1229.
LIN Xin, LI Pei-jun, SUN Tie-hang, et al. Bioremediation of petroleum-contaminated soil and its relationship with soil enzyme activ-

- ities[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(10): 1226-1229.
- [7] 武雪萍, 刘增俊, 赵跃华, 等. 施用芝麻饼肥对植烟根际土壤酶活性和微生物碳、氮的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(4): 541-546.
WU Xue-ping, LIU Zeng-jun, ZHAO Yue-hua, et al. Effects of sesame cake fertilizer on soil enzyme activities and microbial C and N at rhizosphere of tobacco [J]. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 2005, 11 (4): 541-546.
- [8] 李 惠, 陈冠雄, 杨 涛, 等. 沈抚灌区含油废水灌溉对稻田土壤微生物种群及土壤酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1355-1359.
LI Hui, CHEN Guan-xiong, YANG Tao, et al. Impacts of petroleum containing wastewater irrigation on microbial population and enzyme activities in paddy soil of Shenfu irrigation area[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(7): 1355-1359.
- [9] 张海燕, 张旭东, 李 军, 等. 土壤微生物量测定方法概述[J]. 微生物学杂志, 2005, 25(4): 95-99.
ZHANG Hai-yan, ZHANG Xu-dong, LI jun, et al. Outline of soil microbial biomass measurement methods [J]. *Journal of Microbiology*, 2005, 25(4): 95-99.
- [10] Brookes P C, Powlson D S, Jenkinson D S. Phosphorus in the soil microbial biomass [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1984, 16: 169-175.
- [11] 胡亚林, 汪思龙, 颜绍旭. 影响土壤微生物活性与群落结构因素研究进展[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 170-176.
HU Ya-lin, WANG Si-long, YAN Shao-kui. Research advances on the factors influencing the activity and community structure of soil microorganism [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(1): 170-176.
- [12] Hannu T K, Tuula J, Minna M K T, et al. Microbial communities, biomass, and activities in soils as affected by freeze thaw cycles [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 12: 1-11.
- [13] Panikov N S, Dedysh S N. Cold season CH₄ and CO₂ emission from boreal peat bogs (West Siberia): Winter fluxes and thaw activation dynamics [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2000, 14: 1071-1080.
- [14] 刘 颖, 韩士杰, 胡艳玲, 等. 土壤温度和湿度对长白松林土壤呼吸速率的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1581-1585.
LIU Ying, HAN Shi-jie, HU Yan-ling, et al. Effects of soil temperature and humidity on soil respiration rate under Pinus sylvestrifomis forest [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(9): 1581-1585.
- [15] Feng X J, Nielsen L L, Simpson M J Responses of soil organic matter and microorganisms to freeze-thaw cycles [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2007, 39: 2027-2037.
- [16] 张金波, 宋长春, 杨文燕. 小叶章湿地表土水溶性有机碳季节动态变化及影响因素分析[J]. 环境科学学报, 2005, 25(10): 1397-1402.
ZHANG Jin-bo, SONG Chang-chun, YANG Wen-yan. Seasonal dynamics of dissolved organic carbon and its impact factors in the Doyeuxia augustifolia marsh soil [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2005, 25(10): 1397-1402.
- [17] 王连峰, 潘根兴, 石盛莉, 等. 酸尘降影响下庐山森林生态系统土壤溶液溶解有机碳分布[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(1): 29-34.
WANG Lian-feng, PAN Gen-xing, SHI Sheng-li, et al. Dissolved organic carbon in soil solution of paludalfs udalfs in Mt. Lushan forest

under impact of acid deposition [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2002, 8(1): 29–34.

- [18] 张甲坤, 陶 澍, 曹 军. 土壤中水溶性有机碳测定中的样品保存与前处理方法[J]. *土壤通报*, 2000, 31(4): 174–176.

ZHANG Jia-shen, TAO Shu, CAO Jun. Soil sample preservation and pretreatment for water soluble organic carbon determination[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 31(4): 174–176.

- [19] 俞元春, 李淑芬. 江苏下蜀林区土壤溶解有机碳与土壤因子的关系[J]. *土壤*, 2003, 35(5): 424–428.

YU Yuan-chun, LI Shu-fen. Correlations between dissolved organic carbon (DOC) and some other factors of forest soils in Xiashu, Jiangsu [J]. *Soils*, 2003, 35(5): 424–428.

- [20] Heidi S K, Anders M, Martin H. Responses of springtail and mite populations to prolonged periods of soil freeze–thaw cycles in a sub–arctic

ecosystem [J]. *Applied Soil Ecology*, 2007, 36: 136–146.

- [21] Yuzuru S, Masashi k. Method and apparatus for remediation of polluted soil by freezing and thawing manner[P]. Japan Kokai Tokkyo Koho, 2003. 6.

- [22] Henry H A L. Soil freeze–thaw cycle experiments: Trends, method–ological weaknesses and suggested improvements [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2007, 39: 977–986.

- [23] Muller C, Martin M, Stevens R J, et al. Processes leading to N₂O emissions in grassland soil during freezing and thawing [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002, 34: 1325–1331.

- [24] Michele F, Berwyn L W, Anthony C E, et al. Simulating soil freeze/thaw cycles typical of winter alpine conditions: Implications for N and P availability [J]. *Applied Soil Ecology*, 2007, 35: 247–255.

中国土壤学会第十一届全国会员代表大会暨 第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会

2008年 9 月 24—27 日在北京召开

由中国土壤学会主办, 中国农业大学资源与环境学院等九单位承办, 于 2008 年 9 月 24–27 日在北京召开“中国土壤学会第十一届全国会员代表大会暨第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会”。

大会主题: 土壤科学与社会可持续发展

主要议题:

(一) 围绕土壤科学与农业可持续发展、土壤科学与资源可持续利用和土壤科学与生态安全和环境健康等内容, 开展分专题的学术研讨和交流

- 土壤资源现状、问题与展望
- 土壤性质与演变过程
- 生态环境协调与粮食安全保障
- 工业化和城市化及肥料高投入对土壤质量与生态环境的影响
- 土壤在社会、环境和农业可持续发展中的作用
- 土壤资源合理利用和提高土壤质量的政策与建议
- 土地资源利用–生态环境友好–粮食安全保障和谐的政策、措施与建议

(二) 总结中国土壤学会第十届理事会工作; 修改和制定有关条例; 选举第十一届中国土壤学会理事、常务理事、理事长, 确定各专业委员会主任; 讨论和确定第十一届理事会的主要任务

(三) 颁奖表彰

组委会联系方式:

通讯地址: 北京市海淀区圆明园西路 2 号 中国农业大学资源与环境学院

邮编: 100094

联系人: 王雪娟 张福锁 **联系电话:** 010–62732232 **传真:** 62731016 **手机:** 13811893123 **E-mail:** fertrdc@cau.edu.cn