

苯噻草胺对水田土壤呼吸强度和酶活性的影响*

叶央芳^{1,2} 闵航^{1†} 周湘池²

(1 浙江大学生命科学学院, 杭州 310029)

(2 宁波大学生命科学与生物工程学院, 浙江宁波 315211)

摘要 研究了除草剂苯噻草胺对水稻田土壤呼吸强度和酶活性的影响。表明苯噻草胺使用后初期刺激土壤呼吸作用但随后产生轻微抑制,能激活脱氢酶的活性,但抑制过氧化氢酶活性随后产生一定的刺激作用。苯噻草胺强烈抑制脲酶活性,轻微抑制蛋白酶活性,但对磷酸酶具有刺激作用,而且随苯噻草胺施用浓度的增加而刺激作用增强。苯噻草胺比上一代除草剂丁草胺所造成的对水稻田土壤呼吸强度和酶活性的影响小。

关键词 除草剂; 苯噻草胺; 呼吸作用; 土壤酶

中图分类号 X172 文献标识码 A

苯噻草胺(mefenacet)是一种应用前景较好的新型乙酰苯胺类除草剂,化学名为 2-(1,3-苯并噻唑-2-氧基)-N-甲基乙酰替苯胺,具有活性高、可混性强、药效期长等优点,适用于移栽稻田的选择性芽前芽后除草,正在我国被开发并投入工业化生产^[1]。

农药等农用化学品被直接应用于土壤,从而直接影响土壤中微生物种群和酶的活性^[2,3],并引起对环境中生物体的毒性效应。而且农药的残留物极有可能在土壤中积累,对环境造成潜在的危害,甚至干扰自然生态平衡^[4]。苯噻草胺作为一种新型的酰胺类除草剂,它进入土壤后会产生怎样的环境效应尚不清楚,国内外仅有少量苯噻草胺在田间持留及药效等的报道^[1,5~7]。有报道认为,施用于水稻田的苯噻草胺在 0~1 cm 的好氧层,浓度下降稳定,半衰期为 9~11 d,在 1~5 cm 和 5~10 cm 的厌氧层,浓度下降也较稳定,但在土壤水中,浓度下降迅速,半衰期约为 3.3~4.1 d^[8]。苯噻草胺在水田中的消失速率比旱田快,但消失类型不同。如土壤有机质含量较低,微生物降解是苯噻草胺消失的主要因素,反之,则土壤吸附是其消失的主要因素。苯噻草胺一旦被土壤吸附,就难以被微生物降解,只有解析后,才能被微生物利用,即土壤有机质含量影响苯噻草胺的实际降解速率^[9]。另有报道苯噻草胺通过径流进入水体后,会抑制水蚤(*Daphnia magna*)运

动,但毒性不强,如与其他化合物共同作用,可对水蚤产生较大毒性^[10]。

苯噻草胺施用于水稻田后,会对土壤微生物活性和酶活性产生何种影响,国内外报道尚不多见。本文报道苯噻草胺对水稻田土壤呼吸强度和酶活性的影响。

1 材料和方法

1.1 土壤

土壤样品采自浙江大学华家池校区实验农场水稻田(黄松田土,按系统分类属于普通铁聚水耕人为土,按发生分类系统属于人为土纲,人为水成土亚纲,水稻土类,潴育型水稻土亚类,粉泥田土属,0~15 cm),土壤经风干,过 1 mm 筛备用。土壤理化性质见表 1。

1.2 苯噻草胺

60% 的苯噻草胺,可湿性粉剂,由中国美芬农化有限公司提供;90% 的苯噻草胺,无色透明晶体,由浙江大学农药残留研究实验室提供。

1.3 试验设置

取 2~15 cm 土层的新鲜水稻土,每份称取 1.5 kg,分别装入 18 只相同的塑料小桶(上口直径 179 mm,底面直径 134 mm,高 161 mm)中,加自来水适量,形成水封效果,以模拟水稻田中的厌氧环境。于 28 ℃ 预培养

* 国家 863 计划生物工程关键技术重大专项项目(2002A2104101)资助

† 通讯作者: Tel. 0571-86971287, E-mail: minhang@zju.edu.cn

作者简介: 叶央芳(1974~),女,浙江慈溪人,博士生,讲师,主要从事环境微生物学的研究。已发表多篇论文

收稿日期: 2002-09-16; 收到修改稿日期: 2003-05-04

2 周后, 分别加入不同剂量的 60% 的苯噻草胺, 每处理 3 个重复, 使浓度各为: 0、0.067、0.100、0.133、0.200、0.267 $\mu\text{g g}^{-1}$ 干土。继续培养, 定期取样测定

土壤酶及微生物活性。在整个试验阶段, 适时补水, 以保持厌氧环境。

表 1 黄松田土的主要理化性状

Table 1 The main physical and chemical properties of soil sample tested

土壤 Soil	有机质 Organic matter (g kg^{-1})	全氮 Total nitrogen (g kg^{-1})	C/N	全钾 Total potassium (g kg^{-1})	全磷 Total phosphorus (g kg^{-1})	pH
普通铁聚水耕人为土 General ferrie-agric anthropic soil	16.7	1.43	13.2	20.6	1.52	7.2

1.4 测定方法

土壤呼吸强度测定参见文献[2]; 脱氢酶活性测定参见文献[11]; 过氧化氢酶活性测定参见文献[12]; 脲酶、磷酸酶和蛋白酶活性测定参见文献[13]。

2 结果与讨论

2.1 苯噻草胺对水稻田土壤呼吸作用的影响

苯噻草胺对水稻田土壤呼吸作用的影响基本不大, 如图 1。在第 1 周, 3 个施用苯噻草胺浓度较低的土样呼吸作用都受到不同程度的刺激, 且刺激作用与苯噻草胺的施用浓度成正比, 但另 2 个土样由于所施苯噻草胺的浓度过高, 呼吸强度较低。随后 2 周中, 各处理土样的呼吸作用都被抑制, 直到在第 4 周后, 大部分土样的呼吸作用均有回升。由于苯噻草胺在水稻田土壤 0~1 cm 的好氧层中的半衰期 DT_{50} 为 9~11 d^[8], 所以土壤呼吸作用在第 2 周后的下降可能与苯噻草胺的代谢有关。

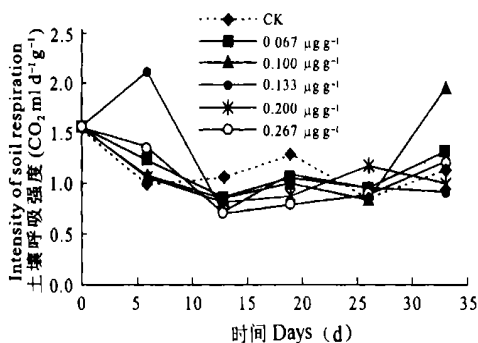


图 1 苯噻草胺对水稻田土壤呼吸作用的影响
Fig. 1 Effect of metolachlor on soil respiration in paddy soil

2.2 苯噻草胺对水稻田土壤脱氢酶活性的影响

图 2 表明苯噻草胺能激活脱氢酶的活性。但在各试验阶段, 不同处理土样的脱氢酶活性不同。在第 1 周, 以施用浓度最低的土样中脱氢酶活性最强, 其次是施用浓度为 0.100 $\mu\text{g g}^{-1}$ 干土和 0.133 $\mu\text{g g}^{-1}$ 干土的 2 种土样, 而施用浓度较高的 2 个土样的脱氢酶活性相对较低。在第 2 周, 除了中间浓度 0.133 $\mu\text{g g}^{-1}$ 干土的土样中脱氢酶受到进一步激活, 其他 4 个土样的脱氢酶活性均下降, 特别是前 2 个低浓度的土样, 脱氢酶活性下降显著, 而 2 个高浓度土样的脱氢酶活性下降幅度不大。4 周后, 2 个低浓度土样的脱氢酶活性加强, 特别是 0.067 $\mu\text{g g}^{-1}$ 干土的土样中脱氢酶活性达到最大, 而 0.133 $\mu\text{g g}^{-1}$ 干土的土样中脱氢酶活性再次增强。与此同时, 2 个高浓度土样的脱氢酶活性也显著提高, 但苯噻草胺施用浓度最大的土样中脱氢酶活性仍较低。

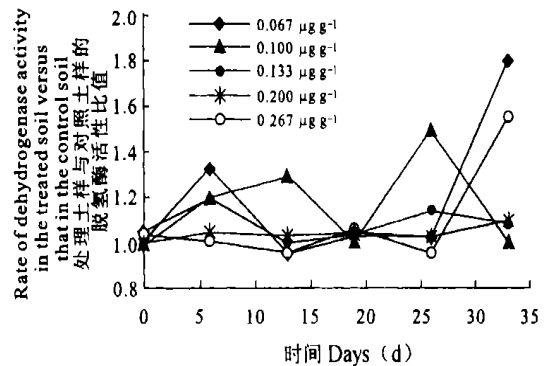


图 2 苯噻草胺对水稻田土壤脱氢酶活性的影响
Fig. 2 Effect of metolachlor on the activity of dehydrogenase in paddy soil

2.3 苯噻草胺对水稻田土壤过氧化氢酶活性的影响

在施用苯噻草胺的第 1 周, 所有土样中过氧化氢酶活性都有较大增强, 随后都迅速下降到第 5 周略有回升(图 3)。各处理土样的过氧化氢酶活性变化趋势基本上与对照土样相似, 表明这种刺激作用与施用苯噻草胺关系不大。

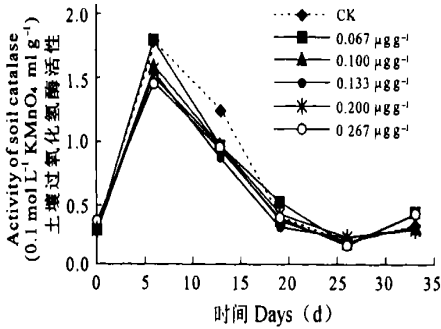


图 3 苯噻草胺对水稻田土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig 3 Effect of mefenacet on the activity of catalase in paddy soil

2.4 苯噻草胺对水稻田土壤脲酶活性的影响

苯噻草胺强烈抑制脲酶的活性, 见图 4, 特别是 2 个高浓度, 使用后第 6 天苯噻草胺使脲酶活性完全消失, 然后才慢慢恢复, 直到试验的最后阶段才接近或轻微超过对照水平。施用浓度相对较低的苯噻草胺对脲酶的抑制性也很大, 有些使脲酶失活, 但抑制过程稍缓, 到第 2 周抑制性达到最大, 而且苯噻草胺的施用浓度越大抑制性反而越小, 浓度为 0.133 μg g⁻¹ 干土的苯噻草胺在施用初期甚至对脲酶呈现刺激作用, 但刺激时间较短。从第 2 周开始, 3 种低浓度土样中的脲酶如同 2 种高浓度土样一样开始恢复, 直至试验最后阶段才接近或轻微超过对照水平。

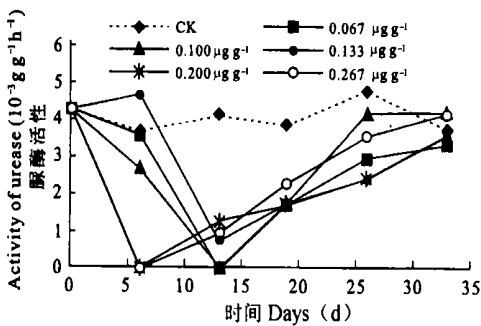


图 4 苯噻草胺对水稻田土壤脲酶活性的影响

Fig 4 Effect of mefenacet on the activity of urease in paddy soil

2.5 苯噻草胺对水稻田土壤蛋白酶活性的影响

图 5 表示苯噻草胺可轻微抑制水稻田土壤中的蛋白酶活性。在试验的前 3 周, 所有处理土样的蛋

白酶活性都小于对照土样, 而且施用浓度与抑制作用无显著相关。到第 4 周开始, 蛋白酶活性都稍有回升, 而且施用浓度最小的土样中蛋白酶活性在第 33 天明显增强。

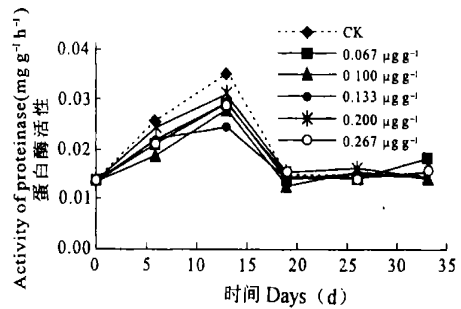


图 5 苯噻草胺对水稻田土壤蛋白酶活性的影响

Fig 5 Effect of mefenacet on the activity of proteinase in paddy soil

2.6 苯噻草胺对水稻田土壤磷酸酶活性的影响

苯噻草胺对水稻田土壤中的磷酸酶具有刺激作用, 见图 6。这种刺激作用在第 1 周不明显, 但在第 2 周相当显著, 各处理土样的磷酸酶活性远远大于对照土样, 而且酶活性随施用浓度的增加而增强。在随后的试验阶段, 5 个处理土样的磷酸酶活性逐渐下降, 趋于对照水平, 在第 33 天时稍低于对照。

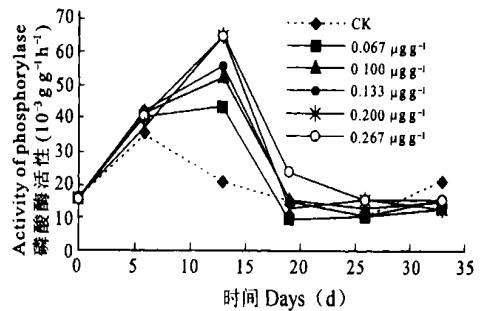


图 6 苯噻草胺对水稻田土壤磷酸酶活性的影响

Fig.6 Effect of mefenacet on the activity of phosphorylase in paddy soil

苯噻草胺是一种新型的酰胺类除草剂, 国内外尚无有关它对水稻田土壤呼吸强度和酶活性影响的报道, 但作为水稻田的新一代除草剂, 比上一代除草剂丁草胺所造成的影响小^[2]。丁草胺在一定程度上可抑制土壤呼吸作用, 但苯噻草胺使用后初期能刺激土壤呼吸作用, 随后产生轻微的抑制, 说明苯噻草胺本身对土壤微生物等的毒性较小。两者都能激活脱氢酶的活性。低浓度丁草胺能刺激过氧化氢酶活性, 但浓度过高则其刺激作用不明显, 而苯噻草胺使用后一开始抑制过氧化氢酶活性但随后能产生轻微的刺激作用。

参 考 文 献

- [1] 卢颖, 韩朔暎. 除草剂苯噻草胺在土壤中的吸附. 环境化学, 2000, 19(6): 513~ 517. Lu Y, Han S K. Sorption of herbicide mefenacet in soils (In Chinese). Environmental Chemistry, 2000, 19(6): 513~ 517
- [2] Min H, Ye Y F, Chen Z Y, *et al.* Effects of butachlor on microbial populations and enzyme activities in paddy soil. J. Environ. Sci. Health, 2001, B36(5): 581~ 595
- [3] Min H, Chen Z Y, Zhao Y H, *et al.* Effects of trifluralin on soil microbial populations and the nitrogen fixation activities. J. Environ. Sci. Health, 2001, B36(5): 569~ 579
- [4] Alexandre G S P, Claudio A. Effect of the pesticide 2, 4-D on microbial activity of the soil monitored by microcalorimetry. Thermochimica Acta, 2000, 349: 17~ 22
- [5] Hirahara Y, Nakamuro K, Sayato Y. Studies on behaviors of decomposition of pesticides in environment. Japan J. Toxicol. Environ. Health, 1997, 43(4): 221~ 229
- [6] Shigehisa H, Shiraiishi H. Biomonitoring with shrimp to detect seasonal change in river water toxicity. Environ. Toxicol. Chem., 1998, 17(4): 687~ 694
- [7] Kaori K, Makoto T, Takashi K, *et al.* Adsorption equilibriums of principal herbicides on paddy soils in Japan. The Science of the Total Environment, 2000, 263: 115~ 125
- [8] Fajardo F F, Takagi K, Ishizaka M, *et al.* Pattern and rate of dissipation of pretilachlor and mefenacet in plow layer and paddy water under lowland field conditions: A three-year study. Journal of Pesticide Science, 2000, 25(2): 94~ 100
- [9] 张承东, 韩朔暎, 卢颖. 不同土壤中苯噻草胺的微生物降解. 农业环境保护, 2001, 20(3): 152~ 154. Zhang C D, Han S K, Lu Y. Degradation of mefenacet in different soils (In Chinese). Agri-environ. Protect., 2001, 20(3): 152~ 154
- [10] Okamura H, Omori M, Luo R, *et al.* Application of short-term bioassay guided chemical analysis for water quality of agricultural land runoff. The Science of the Total Environment, 1999, 234: 223~ 231
- [11] 朱南文, 闵航, 陈美慈等. TTC—脱氢酶测定方法的探讨. 中国沼气, 1996, 14(2): 3~ 5. Zhu N W, Min H, Chen M C, *et al.* The study of determination on TTC-dehydrogenase activity (In Chinese). China Biogas, 1996, 14(2): 3~ 5
- [12] 中国科学院南京土壤研究所主编. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985. 263. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences ed. Research Method of Soil Microorganisms (In Chinese). Beijing: Science Press, 1985. 263
- [13] 严昶升. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社, 1988. 277~ 279. Yan C C. Research Method of Soil Fertility (In Chinese). Beijing: Agriculture Press, 1988. 277~ 279

EFFECTS OF MEFENACET ON MICROBIAL RESPIRATION AND ENZYME ACTIVITIES IN PADDY SOIL

Ye Yangfang^{1,2} Min Hang^{1†} Zhou Xiangchi²

(1 College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

(2 College of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China)

Abstract This paper deals with the influences of herbicide mefenacet on soil respiration and the activities of dehydrogenase, catalase, urease, proteinase and phosphorylase in paddy soil. The results showed that after application of mefenacet with concentration of 0.067, 0.100, 0.133, 0.200 and 0.267 $\mu\text{g g}^{-1}$ dried soil, soil respiration was stimulated at the beginning but reduced slightly afterwards, and the activity of dehydrogenase was enhanced in paddy soil. The soil catalase was less active than dehydrogenase, even inhibited within the first two weeks. The soil urease was strongly depressed and the activity of proteinase took on the slight inhibition within the whole period of experiment. The activity of phosphorylase, however, was raised with the increase of mefenacet concentrations within the first 18 days. Mefenacet had lower effects on soil respiration and enzyme activities than butachlor, an old generation of herbicide.

Key words Herbicide; Mefenacet; Soil respiration; Soil enzyme activity