

阿维菌素对蔬菜地土壤微生物 及土壤酶的生态毒理效应*

谢显传^{1,2} 张少华^{3,4} 王冬生¹ 皇甫伟国³ 杨挺³ 赵健³

(1 上海市农业科学院植物保护研究所,上海市设施园艺技术重点实验室,上海 201106)

(2 南京大学环境学院,南京 210093)

(3 宁波市农业科学研究所农产品检测中心,浙江宁波 315040)

(4 宁波市产品质量监督检验所,浙江宁波 315040)

摘要 研究了阿维菌素对蔬菜地土壤微生物和土壤酶的生态毒理效应。实验结果表明,阿维菌素在低浓度时(1~10 mg kg⁻¹)对土壤脲酶活性和脱氢酶活性有轻微的激活作用,而对土壤微生物呼吸强度没有明显的影响;在高浓度时(50~100 mg kg⁻¹)对土壤微生物呼吸强度、脲酶活性以及脱氢酶活性均有明显抑制作用;不同浓度阿维菌素在不同程度上均会造成土壤微生物生物量的减少和过氧化氢酶活性被强烈激活。

关键词 阿维菌素;土壤;微生物;脲酶;脱氢酶;过氧化氢酶

中图分类号 X131.2 **文献标识码** A

土壤生态系统中的各种微生物及土壤酶对土壤中的碳、氮等物质和能量的循环起着十分重要的作用,是农田土壤的重要组成部分,也是表示土壤肥力和评价土壤生态安全性的重要指标。农药是被人们有目的地投入到自然环境中的有机污染物,它在田间使用时附着在作物的量仅为 20%~30%,其余大部分进入土壤、水、大气等生态环境,对生态环境构成了严重的潜在危害。

阿维菌素(abamectin)是从阿维链霉菌的发酵产物中分离出的基本结构为十六元大环内酯二糖苷类化合物,它具有药效高、针对性强、无药害的特点,对蔬菜上的各种螨类、小菜蛾、菜青虫、斑潜蝇、蓟马、蚜虫等多种害虫具有广谱的防效,是目前蔬菜生产上应用最多的农药品种之一。由于蔬菜生产一般常年连茬种植,复种指数高,每一茬蔬菜生产中往往会多次使用阿维菌素农药防治虫害,这得蔬菜地土壤系统往往可能常年处于阿维菌素的胁迫状态下,可能对土壤微生物和无脊椎动物(如蚯蚓)产生影响。

孙英健等通过实验发现^[1],阿维菌素对 4 种土壤中的微生物和蚯蚓有着不同程度的影响;张跃华等报道了阿维菌素对土壤中的细菌、放线菌、真菌有明显抑制作用^[2],另外,国外也有学者对此问题进行了相关的报道与论述^[3,4],研究了阿维菌素对土壤生态系统的影响。但关于阿维菌素对蔬菜地的土壤酶及土壤微生物影响的研究未见相关报道,因此本论文在设定的浓度下研究阿维菌素对蔬菜地土壤的微生物及土壤生物酶的动态影响。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

土壤样品取自上海市农业科学院实验农场的蔬菜地 2~20 cm 耕作层土壤,土壤为网纹筒育湿润富铁土,其主要理化性质见表 1。土壤样品采集后放置室内自然风干后研磨,过 60 目筛后备用。

表 1 土壤样品的主要理化性质

Table 1 Main physical and chemical properties of soil samples 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
蔬菜地土壤 Soil sample from vegetable field	25.7	1.54	14.5	26.9	1.82	7.3

* 上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻字 2003 第 10-6 号)

作者简介:谢显传(1977~),男,硕士,主要从事农药残留检测及农药环境毒理方向研究。电话:021-32208660-3152, E-mail: xchxie@sina.com

收稿日期:2006-04-25;收到修改稿日期:2006-10-08

1.2 供试农药

阿维菌素标准品(纯度 > 99%),白色结晶粉末状,为 Fluka 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 预培养 称取 200 g 土样加入 250 ml 三角瓶,加入一定量蒸馏水调节土样的含水量至田间持水量的 60% 左右。用保鲜膜封住三角瓶口以减少水分挥发,并用针在保鲜膜上刺 30 个左右小孔保持瓶内的通气。土样放于 26 °C 恒温培养箱中预培养 7 d,培养箱光照设定每天 12 h 光照,每 3 d 依称量记录补加损失水份。

1.3.2 实验设计 实验设 6 个处理,每个处理 4 次重复,其中一个处理设为空白对照,其他 5 个处理中分别加入不同剂量的阿维菌素使得土壤农药浓度分别为 1、5、10、50、100 mg kg⁻¹,添加阿维菌素后的第 1、3、7、14、21、28 天取样,测定土壤的微生物呼吸强度、微生物生物量以及脲酶、过氧化氢酶、脱氢酶的酶活性。

1.4 测定方法

土壤中微生物呼吸强度的测定参见文献[5],微生物生物量的测定参见文献[6],脲酶的测定参见文献[7],过氧化氢酶的测定参见文献[8],脱氢酶的测定参见文献[9]。

2 结果与讨论

2.1 阿维菌素对土壤微生物呼吸强度的影响

由图 1 可以看出,在 1 mg kg⁻¹、5 mg kg⁻¹ 和 10 mg kg⁻¹ 三个较低浓度时,阿维菌素对土壤的呼吸强度影响并没有明显的影响,而在 50 mg kg⁻¹ 和

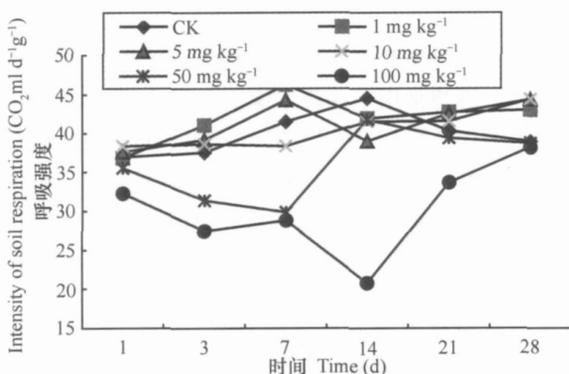


图 1 阿维菌素浓度与培养时间对土壤微生物呼吸强度的影响

Fig. 1 Effects of concentration of abamectin and duration of soil sample incubation on soil respiration

100 mg kg⁻¹ 两个较高浓度时,阿维菌素对土壤微生物呼吸强度明显受到抑制,最高抑制率可达到 53.4% 左右。阿维菌素虽是属于微生物发酵产物,并具有对多种昆虫具有高效高毒作用,但对土壤微生物没有很强烈的抑制作用,张跃华等^[2]报道阿维菌素在低浓度剂量 (< 100 mg kg⁻¹) 下对土壤中的细菌和真菌没有显著的抑制作用,只有在高浓度剂量 (> 100 mg kg⁻¹) 时表现出对土壤细菌和真菌有一定的抑制作用,其中同剂量条件下对细菌的抑制率要高于真菌。本实验结果也在一定程度上能验证以上报道。

2.2 阿维菌素对土壤微生物生物量的影响

磷脂存在所有活的细胞膜中,是细胞膜的重要组成部分,而当细胞死亡后,磷脂的磷酸根从甘油二酯酶解释放而迅速降解。因此总磷脂含量被认为是能准确反映活的微生物生物量的指标^[6,10]。由图 2 可知,所有添加阿维菌素的处理土壤的磷脂含量要低于对照土壤,随着添加剂量越高,土壤的磷脂含量降低越多,表现出一定的剂量-效应关系。1 mg kg⁻¹、5 mg kg⁻¹ 和 10 mg kg⁻¹ 这三个浓度较低处理 7~21 d 后土壤的磷脂含量与对照相比有一定程度降低,但降低程度不是很明显,而 50 mg kg⁻¹ 和 100 mg kg⁻¹ 处理 7~21 d 后土壤中磷脂含量明显降低,100 mg kg⁻¹ 处理后的第 14 天土壤磷脂含量降低到最低,抑制率达到 22.4%,表明这两个剂量处理后,土壤微生物生物量大大减少。

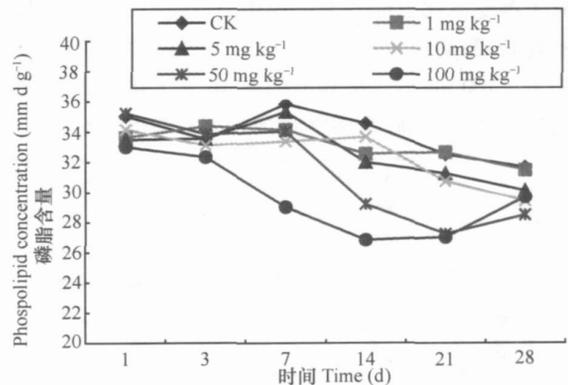


图 2 阿维菌素浓度与培养时间对土壤微生物生物量(磷脂含量)的影响

Fig. 2 Effects of concentration of abamectin and duration of soil sample incubation on biomass of soil microbes (phospholipid content)

2.3 阿维菌素对土壤脲酶活性的影响

由图 3 可以看出,1 mg kg⁻¹ 和 5 mg kg⁻¹ 剂量处理后的第 3~7 天,处理土壤的脲酶活性要稍高于对照土壤,阿维菌素对土壤脲酶表现出一些激活作用,

随着培养时间的延长,这些处理的脲酶活性在第21~28天恢复至对照水平;而 50 mg kg^{-1} 和 100 mg kg^{-1} 剂量处理的土壤脲酶活性表现出强烈的被抑制作用;添加剂量越高,土壤脲酶活性越低,抑制作用越明显。 100 mg kg^{-1} 处理后的第14天脲酶活性降低到最低,抑制率达到48.6%,随着培养时间的延长,脲酶活性有所回升,在第28天脲酶活性恢复到对照水平的70.5%。

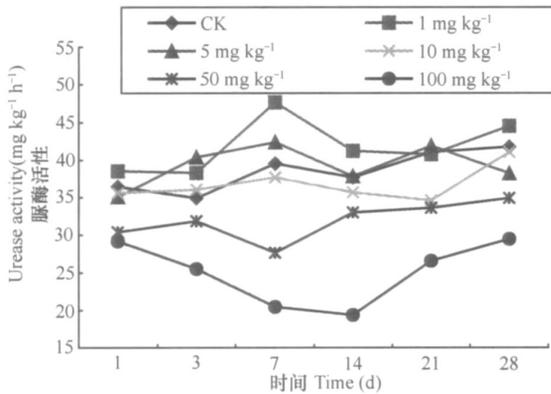


图3 阿维菌素浓度与培养时间对土壤脲酶活性的影响
Fig.3 Effects of concentration of abamectin and duration of soil sample incubation on soil urease activity

2.4 阿维菌素对土壤过氧化氢酶活性的影响

实验结果表明(图4),添加 $1\sim 100\text{ mg kg}^{-1}$ 阿维菌素处理后的第1~28天内在不同程度上均表现出对土壤过氧化氢酶有激活作用,且添加的阿维菌素浓度越高,激活作用越强烈,表现出明显的剂量-效应关系。 100 mg kg^{-1} 处理后的第14天土壤过氧化氢酶活性激活到最高,其活性达到对照水平的216.8%。

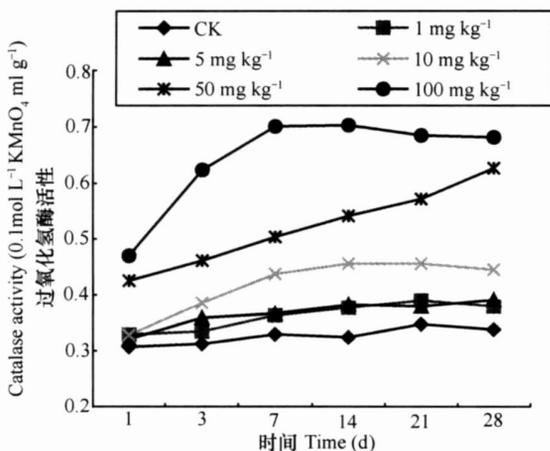


图4 阿维菌素浓度与培养时间对土壤过氧化氢酶的影响
Fig.4 Effects of concentration of abamectin and duration of soil sample incubation on soil catalase activity

2.5 阿维菌素对土壤脱氢酶活性的影响

由图5可以看出,添加低浓度阿维菌素对土壤脱氢酶有一定激活作用,而添加的高浓度阿维菌素对土壤脱氢酶有强烈的抑制作用。 1 mg kg^{-1} 剂量处理后的第1~14天,处理土壤中脱氢酶活性要稍高于对照土壤,表现出一些激活作用。随着培养时间的延长,这些处理的脱氢酶活性在第21~28天恢复至对照水平;而 50 mg kg^{-1} 和 100 mg kg^{-1} 剂量处理的土壤脱氢酶活性表现出强烈的被抑制作用, 100 mg kg^{-1} 处理被抑制程度要高于 50 mg kg^{-1} 处理,表现出一定的剂量-效应关系。 100 mg kg^{-1} 处理后的第7天脲酶活性降低到最低,抑制率达到52.3%,随着培养时间的延长,脲酶活性有所回升,在第28天脲酶活性恢复到对照水平的66.2%。

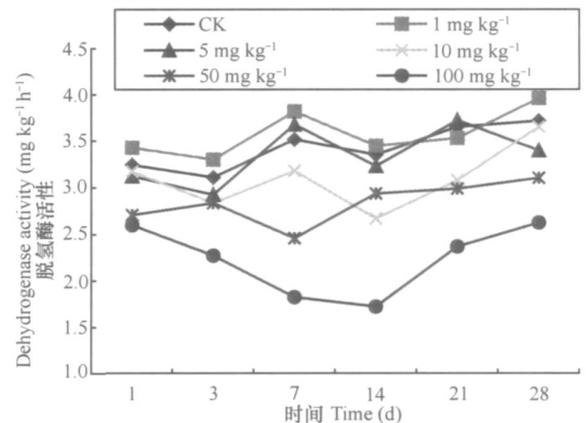


图5 阿维菌素浓度与培养时间对土壤脱氢酶的影响
Fig.5 Effects of concentration of abamectin and duration of soil sample incubation on soil dehydrogenase activity

3 结论

由于对外来化学物质具有高度的敏感性,土壤微生物和土壤酶常用于评价土壤生态环境,将其作为一项生态毒理学指标,用以判断外来化学物质对土壤的污染程度及可能对生态环境造成的影响^[11,12]。本文通过研究在设定不同浓度条件下阿维菌素对土壤微生物呼吸强度、微生物生物量、脲酶活性、过氧化氢酶活性、脱氢酶活性这5个指标的影响,初步得到以下结论:(1)阿维菌素在低浓度时($1\sim 10\text{ mg kg}^{-1}$)对土壤脲酶活性和脱氢酶活性有轻微的激活作用,而对土壤微生物呼吸强度没有明显的影响;(2)在高浓度时($50\sim 100\text{ mg kg}^{-1}$)对土壤微生物呼吸强度、脲酶活性以及脱氢酶活性均有明显抑制作用;(3)不同浓度阿维菌素在不同程度上均会造成土壤微生物生物量的

减少和过氧化氢酶活性被强烈激活。

然而,阿维菌素常与其他种类农药,如有机磷类农药和菊酯类农药,制成混配制剂来防治蔬菜生产中的多种害虫^[13],并且在生产中使用阿维菌素来防治害虫的同时,也使用杀菌剂或除草剂进行病害和杂草的防治,这就造成了在实际生产中蔬菜地土壤除受阿维菌素的影响外,同时也受到其他化学物质的影响。研究阿维菌素与其他化学物质形成的复合污染对土壤微生物和土壤酶的生态毒理效应更具有实际意义,需要对此进行更深入的研究。

参考文献

- [1] 孙英健,刁晓平,沈建忠. 阿维菌素 B1a 对土壤微生物和蚯蚓的影响. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2140 ~ 2143. Sun Y J, Diao X P, Shen J Z. Effects of avermectin B1a on soil microorganism and earthworm (*Eisenia fetida*) (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(11): 2140 ~ 2143
- [2] 张跃华,罗志文,赵永勋. 阿维菌素对土壤微生物的活性影响. 佳木斯大学学报, 2002, 20(1): 49 ~ 51. Zhang Y H, Luo Z W, Zhao Y X. The effect of avermectin on the activity of soil microbiology (In Chinese). Journal of Jiamusi University, 2002, 20(1): 49 ~ 51
- [3] Hally B A, VandennHeuvel W J, Wislock P G. Environmental effects of the usage of avermectin in livestock. Vet Parasitology, 1993, 48(1/4): 109 ~ 125
- [4] Herd R. Points in question ecotoxicity of the avermectin. International Journal Parasitology, 1996, 26(5): 571 ~ 572
- [5] Min H, Chen Z Y, Zhao Y H, et al. Effects of trifluralin on soil microbial populations and the nitrogen fixation activities. Journal of Environmental Science and Health, 2001, B36(5): 569 ~ 579
- [6] Frostegard A, Tunlid A, Baath E. Microbial biomass measured as total lipid phosphate in soil of different organic content. Microbial Meth, 1991, 14: 151 ~ 163
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京:中国农业出版社, 1999. Lu R K. Analyse Methods of Soil and Agro-chemistry (In Chinese). Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1999
- [8] 关松荫. 土壤酶及其研究方法. 北京:北京希望电子出版社, 2002. Guan S Y. Soil Enzymes and Methods for Research (In Chinese). Beijing: Beijing Press of Hope Electron, 2002
- [9] Weaver R W, Angle J R, Bottomley P S, et al. Methods of Soil Analysis: Microbiological and Biochemical Properties. Part 2. SSA Book Ser. 5. Madison, WI: Soil Science Society of America, 775 ~ 883
- [10] 张超兰,徐建民,姚斌. 阿特拉津污染胁迫下土壤微生物生物量对外源有机无机物质的响应. 土壤学报, 2004, 41(2): 323 ~ 326. Zhang C L, Xu J M, Yao B. The response of soil microbial biomass to organic amendments and fertilizers under atrazine stress (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2004, 41(2): 323 ~ 326
- [11] 杨青华,韩锦峰. 棉田不同覆盖方式对土壤微生物和酶活性的影响. 土壤学报, 2005, 42(2): 348 ~ 351. Yang Q H, Han J F. Effects of mulching on soil microorganisms and enzyme activities in cotton field (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(2): 348 ~ 351
- [12] 叶央芳,闵航,周湘池. 苯噻草胺对水田土壤呼吸强度和酶活性的影响. 土壤学报, 2004, 41(1): 93 ~ 96. Ye Y F, Min H, Zhou X C. Effects of mefenacet on microbial respiration and enzyme activities in paddy soil (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2004, 41(1): 93 ~ 96
- [13] 谢显传,张少华,王冬生,等. 柱前衍生高效液相色谱法测定果蔬产品阿维菌素及其有毒代谢物的残留量. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2254 ~ 2260. Xie X C, Zhang S H, Wang D S, et al. Determination of abamectin and its toxicological metabolite in vegetables and fruits by HPLC with pre-column fluorescent derivatization (In Chinese). Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(11): 2254 ~ 2260

ECO-TOXICOLOGICAL EFFECTS OF ABAMECTIN ON VEGATABLE-GROWING SOIL MICROORGANISMS AND ENZYMES ACTIVITY

Xie Xianchuan^{1,2} Zhang Shaohua^{3,4} Wang Dongsheng¹ Huangpu Weiguo³ Yang Ting³ Zhao Jian³

(1 Plant Protection Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Science, Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural Technology, Shanghai 201106, China) (2 School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

(3 Analytical Center of Agricultural Produce, Ningbo Academy of Agricultural Science, Ningbo, Zhejiang 315040, China)

(4 Ningbo Supervision and Inspection Institute for Product Quality, Ningbo, Zhejiang 315040, China)

Abstract Effects of abamectin, applied at 1, 5, 10, 50 or 100 mg kg⁻¹, on vegetable-growing soil microorganisms and their respiration, and the activity of urease, dehydrogenase and catalase, in vegetable fields were investigated. Results show that when it was low in application rate (1 ~ 10 mg kg⁻¹) abamectin, stimulated slightly activity of urease and dehydrogenase, but did not have much on soil respiration. And when it was high (50 ~ 100 mg kg⁻¹), it displayed strong inhibitive effects on respiration, and activity of urease and dehydrogenase. Regardless of application rate (1 ~ 100 mg kg⁻¹), abamectin reduced biomass of soil microbes to a varying extent and strongly stimulated activity of soil catalase.

Key words Abamectin; Soil; Microorganisms; Urease; Dehydrogenase; Catalase