

· 研究论文 ·

# 残留甲拌磷对土壤微生物活性的影响

彭振宝, 赵思峰, 危常州\*, 侯振安, 冯燕燕, 孔繁明

(石河子大学农学院 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

**摘要:** 在实验室控制条件下, 向土壤中施入甲拌磷使其质量分数分别为 2、8、20 mg/kg, 研究了其对土壤微生物数量, 微生物量碳、氮及土壤酶活性的影响。结果表明: 施入甲拌磷对土壤中的真菌及放线菌具有轻微的抑制作用, 但能很快恢复到对照水平; 对细菌有明显的抑制作用, 且抑制率随施药浓度的增大而增大, 甲拌磷 2、8、20 mg/kg 3 个处理的平均抑制率分别为 17.5%, 35.9% 和 48.5%。3 个浓度处理下, 土壤微生物生物量碳、氮含量平均分别比对照减少了 20.8%, 34.8%, 39.2% 和 19.1%, 28.2%, 36.1%。3 个浓度处理对土壤中蔗糖酶活性的平均抑制率分别为 28.0%, 23.6% 和 9.8%, 对蛋白酶活性的平均抑制率分别为 12.1%, 13.6% 和 23.8%, 对碱性磷酸酶活性的平均抑制率分别为 13.4%, 16.1% 和 26.3%。在土壤中施用甲拌磷 30 d 后, 2、8、20 mg/kg 处理组土壤微生物商 (SMB-C/SOC) 分别比对照减少了 13.1%, 28.6% 和 25%。研究表明, 土壤中施入甲拌磷改变了土壤微生物的群落结构, 降低了土壤微生物的活性。

**关键词:** 甲拌磷; 微生物; 土壤酶; 残留

DOI 10.3969/j.issn.1008-7303.2010.02.16

中图分类号: X172 S481.8 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2010)02-0207-07

## The influence of phorate residue on soil microbial activities

PENG Zhen-bao, ZHAO Si-feng, WEI Chang-zhou\*, HOU Zhen-an,  
FENG Yan-yan, KONG Fan-ming

(College of Agricultural Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production and Construction Group,  
Shihezi University, Shihezi 832003, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China)

**Abstract** Influence of phorate on the quantities of soil microbes, microbial biomass C, biomass N and enzyme activities under the laboratory control condition was studied. Phorate was added to soil at dosages of 2, 8, 20 mg/kg respectively. The results showed that after the application of phorate, the number of fungi and actinomycetes decreased slightly, but then recovered quickly to the levels of CK. Bacteria community was inhibited significantly and the inhibiting effect was more obvious with the concentration of the phorate increased. The average inhibiting rate of bacteria by three concentrations of phorate were 17.5%, 35.9% and 48.5%, respectively. Soil microbial biomass C and N decreased significantly with the increasing of concentration of the phorate. Compared with CK, soil microbial biomass C and N decreased in average by 20.8%, 34.8%, 39.2% and 19.1%, 28.2%, 36.1%,

收稿日期: 2009-11-26 修回日期: 2010-03-17

作者简介: 彭振宝 (1982-), 男, 安徽砀山人, 硕士研究生, 主要从事农田土壤生态环境研究, E-mail pengzhenbao@sina.com; \* 通讯作者 (Author for correspondence): 危常州 (1966-), 男, 湖北人, 教授, 博士生导师, 主要从事作物信息技术与作物营养生理研究, 电话: 0993-2058227, E-mail changzhou.we@gnail.com

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目 (2007BAC20B04); 农业部行业公益性专项 (200803030).

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

respectively after treated by 2, 8, 20 mg/kg phorate. The activities of the soil sucrase, soil protease, and alkaline phosphatase in soils treated with the same concentration of phorate were all inhibited remarkably, the average inhibiting rates were 28.0%, 23.6% and 9.8%; 12.1%, 13.6% and 23.8%; 13.4%, 16.1% and 26.3%, respectively. Compared with CK, the soil SMB-C/SOC decreased by 13.1%, 28.6% and 25.0%, respectively, when phorate was added to soil at dosages of 2, 8, 20 mg/kg 30 days later. Conclusion: The microbial community structure changed and the microbial activity reduced when phorate was added to soil.

**Key words** phorate; soil microbe; soil enzyme; residue

甲拌磷 (phorate) 化学名称为 O, O-二乙基-S-(乙硫基甲基)二硫代磷酸酯, 是高毒、广谱、内吸性的杀虫、杀螨剂, 因其具有毒性强和持效期长等特点, 因而常作为拌种使用以防治农作物苗期害虫。新疆为我国最重要的棉花种植基地, 甲拌磷拌种防治棉花苗期地老虎 *Agrotis ypsilon*、蚜虫 (aphids)、蓟马 (thrips) 以及叶螨 (mites) 等害虫的技术已应用了多年, 目前还未找到能完全替代该药剂拌种使用的杀虫剂。虽然甲拌磷属于非持久性农药, 但大量甲拌磷随棉种进入环境仍然会污染农田土壤和表面水体, 且其在自然环境中通常会代谢为毒性更强的甲拌磷砒。甲拌磷砒在环境中更稳定, 比甲拌磷的残留期更长, 可通过食物链影响植物、动物和微生物的正常生命活动, 最终影响人类健康。前人对甲拌磷在土壤或植物组织中的降解规律和残留时间等已有研究<sup>[1-3]</sup>, 也初步研究了其对土壤呼吸作用和土壤中微生物的影响<sup>[4]</sup>, 证明其对土壤中微生物存在中等毒害从而最终会影响土壤呼吸强度。但有关甲拌磷对土壤微生物组成及土壤酶活性方面的研究尚未见报道。土壤微生物是土壤生态系统的重要组成部分, 对土壤功能、生态系统的稳定和自然界元素循环等具有重要的意义<sup>[5]</sup>, 化学农药进入到土壤后会对土壤中的微生物群落及其活性产生一定的影响<sup>[5]</sup>。目前, 化学农药对土壤中微生物及其活性的影响已成为农药生态安全评价的重要指标之一<sup>[6-7]</sup>。本研究通过在土壤中加入不同浓度的甲拌磷, 然后在不同间隔时间内分别测定其对土壤中可培养真菌、细菌和放线菌, 土壤蔗糖酶、蛋白酶和碱性磷酸酶以及生物量碳和生物量氮的影响, 旨在明确甲拌磷在农田环境中的生态效应。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

60% 甲拌磷 (phorate) 乳油, 天津市金泰化工

股份有限公司生产, 使用时用水稀释至所需浓度。

土壤: 取自石河子大学农学院实验站从未施用过甲拌磷及其他农药的荒地, 取 2~20 cm 土层的匀质沙壤土, 去除植物根及其他杂物, 风干, 过孔径 4 mm 筛备用。其理化性质为: 有机质 13.5 g/kg, 土壤全氮 0.853 g/kg, 速效磷 20.63 mg/kg, 速效钾 201.56 mg/kg, pH 值为 8.56。与相同地区的农田土壤差异不明显。

### 1.2 实验方法

1.2.1 实验设计及土壤处理 称取 1 kg 风干土置于盆钵中, 加水适量使土壤保持湿润, 于 28 °C 预培养 14 d 使微生物保持较高的活性。向预培养好的土壤中添加稀释后的甲拌磷溶液, 使其在土壤中的质量分数分别达到 0, 2.8 和 20 mg/kg。每个处理设 5 组重复。调节土壤含水量至田间最大持水量的 60%, 培养过程中为了保持土壤湿度不变, 每隔 2 d 采用称重法补充损失的水分。将盆钵置于培养箱中 25 °C 下黑暗培养, 分别于处理后 1, 3, 7, 14 和 30 d 取土样, 待测。

1.2.2 不同处理下可培养真菌、细菌和放线菌数量的测定 分别采用牛肉膏蛋白胨培养基、马丁氏孟加拉红培养基和改良的高氏 1 号培养基对土样中的细菌、真菌和放线菌进行培养。3 种培养基的配方分别为:

牛肉膏蛋白胨培养基<sup>[8]</sup>: 牛肉膏 5 g, 蛋白胨 10 g, 氯化钠 5 g, 琼脂 18 g, 水 1 000 mL, 调节 pH 值为 7.2~7.4。

马丁氏孟加拉红培养基<sup>[8]</sup>: KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, 蛋白胨 5 g, 葡萄糖 10 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL, 孟加拉红 33.4 mg。

改良的高氏 1 号培养基<sup>[8]</sup>: 可溶性淀粉 10 g, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1 g, MgSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 1 g, NaCl 11 g, CaCO<sub>3</sub> 3 g, 琼脂 18 g, 蒸馏水 1 000 mL, pH 值 7.2~7.4。

每 1 g 干土中各菌的数量 = (计数皿平均菌落

数 × 稀释倍数) / (鲜土重 / 干土重)<sup>[8]</sup>。

抑制率的计算公式为: 抑制率  $\% = (A - B) / A \times 100$  式中, A 为未加农药土壤中微生物数量和各种酶活值, B 为添加农药后土壤中微生物数量和各种酶活值。

1.2.3 生物量碳、氮的测定 土壤微生物生物量碳采用熏蒸浸提-重铬酸钾容量法<sup>[9]</sup>测定, 生物量氮采用熏蒸浸提-凯氏定氮法<sup>[10]</sup>测定。浸提液中的生物量碳采用  $K_2C_2O_7$  加热氧化、 $FeSO_4$  滴定法测定, 生物量氮采用凯氏定氮法测定。

生物量碳的计算:

$$B_C (\text{mg/kg}) = E_C / k_{E_C}$$

式中,  $E_C$  为熏蒸与未熏蒸土壤中有机碳的差值,  $k$  为转换系数, 取值 0.38

生物量氮的计算:

$$B_N (\text{mg/kg}) = E_N / k_{E_N}$$

$E_N$  为熏蒸与未熏蒸土壤中有机氮的差值,  $k$  为转换系数, 取值 0.54

1.2.4 土壤酶活性的测定 土壤蔗糖酶活性测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法<sup>[11]</sup>, 以 24 h 后每 1 g 土壤中葡萄糖的毫克数表示; 蛋白酶活性采用茚三酮比色法<sup>[11]</sup>测定, 以 24 h 后每 1 g 土壤中氨基氮的毫克数表示; 碱性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法<sup>[11]</sup>测定, 以 2 h 后每 100 g 干土中  $P_2O_5$  的毫克数表示。

1.2.5 数据统计分析 采用 Excel 2003 和 Spss

11.0 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 甲拌磷对土壤中可培养微生物数量及多样性的影响

2.1.1 对土壤中可培养微生物数量的影响 根据不同培养基平板上的菌落数分别对真菌、细菌和放线菌进行计数, 结果见表 1。可以看出: 在土壤中施用 3 个浓度的甲拌磷后, 除了 2 mg/kg 处理在 14 d 时对细菌数量有一定的促进作用外, 在其余整个试验期内 (30 d) 甲拌磷对土壤中细菌的数量均有明显的抑制作用, 抑制程度与施药浓度成正相关, 低浓度 (2 mg/kg)、中浓度 (8 mg/kg) 和高浓度 (20 mg/kg) 处理的平均抑制率分别为 17.5%、35.9% 和 48.5%, 各处理间差异达到显著水平。甲拌磷处理初期 (1~7 d) 对土壤中放线菌的数量有轻微的抑制作用, 且抑制率随处理浓度的增加而明显增加, 14 d 以后基本恢复至对照水平, 30 d 后低浓度处理对放线菌数量有一定促进作用。试验初期 (1~7 d) 甲拌磷对土壤中真菌的数量有轻微的抑制作用, 14 d 后基本恢复到对照水平, 30 d 时各施药处理对土壤中真菌数量均有轻微的促进作用, 但各处理间差异不明显。以上结果表明: 甲拌磷处理对土壤中细菌、真菌和放线菌所产生的影响不同, 细菌对甲拌磷最为敏感, 放线菌次之, 真菌受影响最小。

表 1 甲拌磷对土壤中细菌、真菌、放线菌总数的影响

Table 1 Effect of phorate on numbers of soil bacteria ( $\times 10^5$  /g), actinomycetes ( $\times 10^4$  /g) and fungi ( $\times 10^3$  /g)

土壤微生物 Soil microbes	甲拌磷 phorate/(mg/kg)	微生物数量 Numbers of microbes				
		1 d	3 d	7 d	14 d	30 d
细菌 Bacteria	0	61.0 ± 7.6 a	62.3 ± 6.8 a	70.0 ± 6.6 a	66.3 ± 8.5 a	73.3 ± 5.5 a
	2	50.3 ± 3.1 b	43.3 ± 3.5 b	55.7 ± 8.4 ab	70.0 ± 3.6 a	57.7 ± 4.5 a
	8	46.7 ± 4.2 b	40.7 ± 7.8 bc	44.7 ± 1.2 b	45.0 ± 14.9 b	36.7 ± 6.0 d
	20	33.7 ± 2.5 c	36.3 ± 4.7 c	31.7 ± 2.4 c	25.0 ± 4.6 c	46.7 ± 3.5 c
放线菌 Actinomycetes	0	27.8 ± 2.2 a	29.6 ± 2.1 a	28.5 ± 3.4 a	25.4 ± 1.2 a	22.4 ± 1.2 b
	2	25.6 ± 3.1 ab	27.3 ± 3.1 ab	27.9 ± 2.3 a	23.5 ± 1.5 a	25.6 ± 1.1 a
	8	22.3 ± 2.1 b	25.0 ± 2.3 b	25.7 ± 1.2 ab	24.8 ± 1.3 a	20.9 ± 1.3 b
	20	21.6 ± 1.1 b	24.0 ± 2.3 b	24.3 ± 2.4 ab	23.9 ± 3.4 a	21.6 ± 1.4 b
真菌 Fungi	0	20.8 ± 1.2 a	21.3 ± 1.1 a	22.7 ± 2.4 a	18.7 ± 1.5 a	16.3 ± 2.2 ab
	2	17.7 ± 1.3 b	18.6 ± 2.6 ab	20.7 ± 1.6 ab	19.0 ± 1.9 a	17.3 ± 1.1 a
	8	18.1 ± 1.4 b	19.3 ± 1.4 ab	20.7 ± 1.4 ab	18.1 ± 1.1 a	18.2 ± 1.3 a
	20	19.4 ± 2.3 ab	20.7 ± 1.1 a	19.7 ± 3.1 ab	18.0 ± 1.3 a	16.5 ± 1.3 ab

注: 数据均为 3 个重复的平均值 ± 标准偏差, 同列数据后不同字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note A ll data are means ±SD of triplicate samples Values of different treatments followed by the same letter in the same column are not significantly different ( $P < 0.05$ ) from control

## 2.1.2 对土壤中微生物总量与多样性指数的影响

在土壤中施入甲拌磷 30 d后,其对土壤中可培养微生物总量及多样性指数的影响见表 2。可以看出:处理 30 d后,低浓度(2 mg/kg)、中浓度(8 mg/kg)和高

浓度(20 mg/kg)处理组细菌数量分别比对照减少了 21.2%、50%和 35.1%,微生物总量分别比对照减少了 20.1%、48.9%和 35.8%,而放线菌和真菌数量却有所增加。

表 2 甲拌磷处理 30 d后对土壤中微生物种群结构的影响

Table 2 Effect of phorate on soil microbial community structure 30 days after phorate was added to soil

甲拌磷 phorate/ (mg/kg)	细菌 Bacteria/ ( $\times 10^5$ /g)	放线菌 Actinomycetes/ ( $\times 10^4$ /g)	真菌 Fungi/ ( $\times 10^3$ /g)	总数 Total/ ( $\times 10^5$ /g)
0	73.3 a	22.7 a	13.3 b	75.7 a
2	57.7 b	26.7 ab	17.3 b	60.5 b
8	36.7 d	17.3 b	28.0 a	38.7 d
20	46.7 b	17.3 b	16.0 b	48.6 d

注:微生物总数=细菌+放线菌+真菌;数据均为 3个重复的平均值,同列数据后不同字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note total= bacteria+ actinomycetes+ fungi All data are means of triplicate samples Values of different treatments followed by the same letter in the same column are not significantly different( $P < 0.05$ ) from control

## 2.2 甲拌磷对土壤微生物生物量碳、氮的影响

### 2.2.1 对生物量碳的影响

土壤微生物生物量碳是土壤有机碳的灵敏指示因子,其作为土壤生物学指标已被国内外学者广泛研究<sup>[12]</sup>。甲拌磷对土壤微生物生物量碳的影响见图 1(A),在整个试验期内(30 d),处理组生物量碳均明显低于对照,降幅与施药浓度成正相关,低浓度(2 mg/kg)、中浓度(8 mg/kg)和高浓度(20 mg/kg)处理的平均值分别比对照降低了 19.1%、28.2%和 36.1%。

### 2.2.2 对生物量氮的影响

微生物生物量氮可以反映微生物的活性及其利用氮源的能力。甲拌磷对土壤微生物生物量氮的影响见图 1(B),其变化与生物量碳基本一致,在整个试验期内(30 d),处理组均明显低于对照,降低程度与施药浓度成正相关,低浓度(2 mg/kg)、中浓度(8 mg/kg)和高浓度(20 mg/kg)处理的平均值分别比对照降低了 20.8%、34.8%和 39.2%。

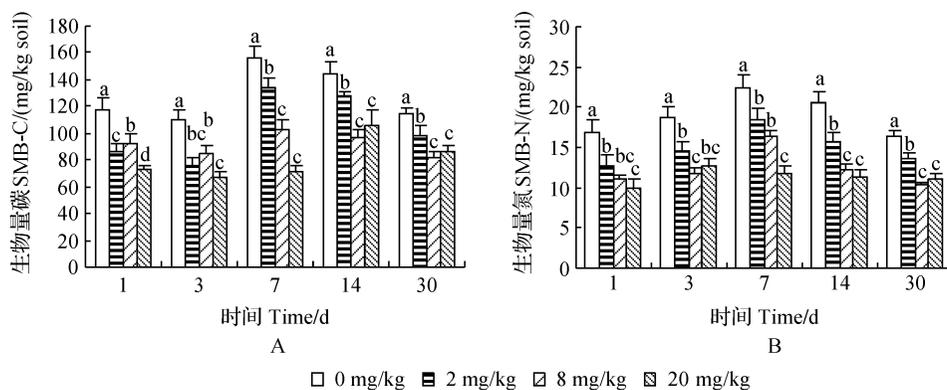


图 1 甲拌磷对土壤微生物生物量碳(A)、氮(B)的影响

Fig 1 Effect of phorate on soil microbial biomass-C (A) and N (B)

注:不同字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note Values of different treatments followed by the same letter in the same column are not significantly different( $P < 0.05$ ) from control

### 2.2.3 对土壤微生物商的影响

土壤微生物商(SMB-C/SOC)通常与有机质含量及微生物活性密切相关,可用以指示土壤进化程度和土壤健康情况,比土壤微生物生物量碳和土壤有机碳更能有效地反映土壤质量的变化<sup>[13-14]</sup>。甲拌磷对土壤微生物

商的影响见表 3:施用甲拌磷 30 d后,土壤微生物商和生物量氮与土壤全氮的比值(SMB-N/TN)明显低于对照,低浓度(2 mg/kg)、中浓度(8 mg/kg)和高浓度(20 mg/kg)处理分别比对照降低了 13.1%、28.9%、24.8%和 16.1%、37.8%、32.6%;

表 3 施药 30 d后甲拌磷对土壤微生物生物量碳、氮的影响

Table 3 Effect of phorate on SM B-C and SM B-N 30 days after phorate was added to soil

甲拌磷 phorate/ (mg/kg)	土壤有机碳 SOC/ (g/kg)	全氮 TotalN/ (g/kg)	生物量碳 SM B-C/ (mg/kg)	生物量氮 SM B-N/ (mg/kg)	土壤微生物商 SM B-C/SOC	微生物生物量氮 与土壤全氮比 SM B-N/TN	SM B-C/SM B-N
0	7.84 a	0.853 a	114.42 a	16.43 a	0.0145 a	0.0193 a	6.96 c
2	7.80 a	0.848 a	98.46 b	13.70 b	0.0126 b	0.0162 b	7.19 b
8	7.84 a	0.861 a	81.27 c	10.37 c	0.0103 c	0.0120 c	7.84 a
20	7.87 a	0.851 a	86.06 c	11.07 c	0.0109 c	0.0130 c	7.78 a

注:数据均为3次重复的平均值,同列数据后字母不同表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note All data are means of triplicate samples. Values of different treatments followed by the same letter in the same column are not significantly different ( $P < 0.05$ ) from control.

土壤微生物生物量碳/生物量氮的比值(SM B-C/SM B-N)却高于对照,低浓度、中浓度和高浓度处理分别比对照增加了3.3%、12.6%和11.8%。

### 2.3 甲拌磷对土壤酶活性的影响

#### 2.3.1 对土壤蔗糖酶活性的影响 结果见图 2

(A)。可以看出,除在第1d时中浓度(8 mg/kg)和高浓度(20 mg/kg)处理对土壤蔗糖酶活性表现为促进作用外,在其余整个实验期内(30 d),3个处理均表现为抑制作用,其中低浓度(2 mg/kg)处理对蔗糖酶活性的抑制作用最强,中浓度处理次之,高浓度处理最弱,各处理的平均抑制率分别为28.0%、23.6%和9.8%,处理间差异显著。

2.3.2 对土壤蛋白酶活性的影响 结果见图 2(B)。可以看出,3个不同浓度处理中,除在第3d和第7d时中浓度(8 mg/kg)处理对土壤蛋白酶活

性表现为促进作用外,在其余整个实验期内(30 d),3个处理均表现为抑制作用,试验前期各处理对土壤蛋白酶活性的抑制作用较弱,30 d后抑制作用增强。低浓度(2 mg/kg)和中浓度处理对蛋白酶活性的抑制作用较弱,抑制率分别为12.1%和13.6%,高浓度(20 mg/kg)处理的抑制作用最强,抑制率为23.8%,各处理间差异显著。

2.3.3 对土壤碱性磷酸酶活性的影响 结果见图 2(C)。可以看出,3个不同浓度处理中,除低浓度(2 mg/kg)处理在第1d时对土壤碱性磷酸酶活性表现为促进作用外,在其余整个实验期内(30 d),各处理均表现为抑制作用,抑制率与施药浓度成正相关,低浓度、中浓度(8 mg/kg)和高浓度(20 mg/kg)处理的平均抑制率分别为13.4%、16.1%和26.3%,各处理间差异显著。

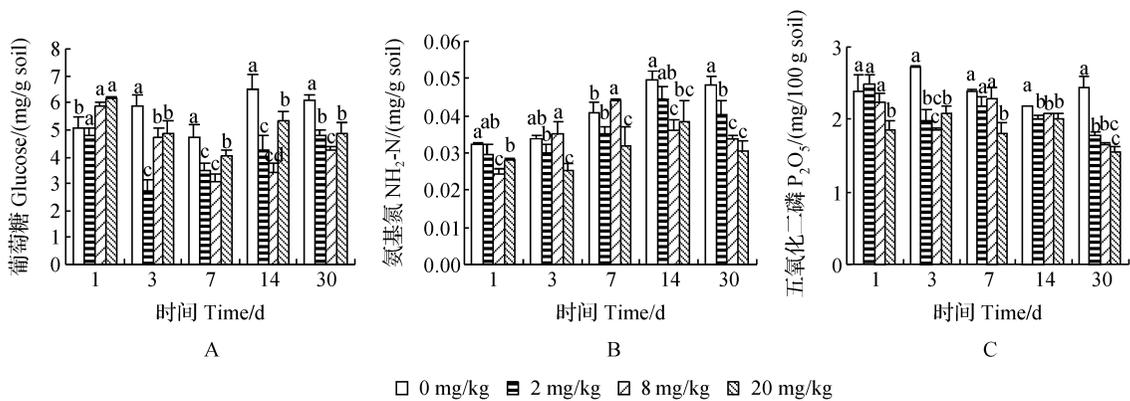


图 2 甲拌磷对土壤蔗糖酶(A)、蛋白酶(B)和碱性磷酸酶(C)活性的影响

Fig 2 Effect of phorate on the activities of the sucrase(A), soil protease(B), and alkaline phosphatase(C)

注:不同字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note Values of different treatments followed by the same letter in the same column are not significantly different ( $P < 0.05$ ) from control.

### 3 结论与讨论

土壤微生物几乎参与土壤中的一切生物化学反应,能够灵敏地反映土壤受污染状况及其健康质量变化<sup>[15]</sup>,因此可以用微生物学指标作为对土壤生态功能、受污染情况及环境质量评价的生物标志物。邹小明等<sup>[16]</sup>研究发现,三唑磷(triazophos)对土壤中细菌、真菌和放线菌均有抑制作用,其中高浓度的三唑磷(100和200 mg/kg)对土壤中细菌表现为先抑制后促进的作用,对土壤真菌则一直表现为抑制效应。朱南文等<sup>[17]</sup>研究发现,土壤经不同浓度甲胺磷(methanilophos)处理后,对细菌、放线菌和固氮菌群的生长均具有不同程度的抑制作用。在甲胺磷施入土壤后的第1 d细菌数量下降了1.1%~16.3%,并且随药剂浓度的增加抑制作用趋于明显;甲胺磷处理后对真菌的生长则表现为刺激作用,浓度越高刺激作用越强。本研究结果表明,甲拌磷对土壤中细菌、真菌和放线菌的影响有所不同:对土壤中细菌数量有明显的抑制作用,抑制程度与施药浓度成正相关;试验前期对土壤中真菌、放线菌有轻微抑制作用,但很快即恢复到对照水平。土壤中施用甲拌磷30 d后,细菌数量和微生物总量都明显减少,而放线菌和真菌数量却有所增加,即不同浓度的甲拌磷处理明显改变了土壤微生物群落结构,造成了微生物各种群数量的变化。由此可见,土壤中施入有机磷农药可能会抑制或促进部分土壤微生物的生长,导致微生物群落结构发生变化,破坏土壤中正常的生物化学过程,从而对土壤肥力及农作物生长造成潜在的危害。

土壤微生物生物量碳、氮是土壤养分的储存库和植物生长可利用养分的重要来源,与微生物个体数量指标相比,更能反映微生物在土壤中的实际含量和作用潜力,因而具有更加灵敏、准确的优点,现已成为近年来国内外土壤学研究的热点之一<sup>[18-19]</sup>。姚斌等<sup>[20]</sup>研究发现,莠去津(atrazine)、甲磺隆(metsulfuron)和丁草胺(butachlor)均能显著降低土壤中微生物生物量碳、氮含量。本研究结果亦表明,在土壤中施用甲拌磷后,土壤微生物生物量碳、氮含量明显低于对照,与文献报道的结论一致。同时在土壤中施用甲拌磷30 d后,除微生物生物量碳的含量降低外,土壤微生物商(SMB-C/SOC)、微生物生物量氮与土壤全氮的比值(SMB-N/TN)也明显降低,说明当土壤中存在甲拌磷时会降低土壤微生物对养分的利用效率,致使微生物的活性下降

土壤生态状况恶化,土壤质量退化。此外,土壤中施用甲拌磷30 d后,土壤微生物生物量碳/生物量氮的比值(SMB-C/SMB-N)与对照相比有所升高,说明甲拌磷可促进土壤中真菌和放线菌的生长,而细菌的生长则受到抑制,这与微生物计数结果一致,表明施用甲拌磷使土壤微生物群落结构发生了改变。

土壤酶主要来自于土壤微生物代谢过程,此外也能由土壤中动物、植物残体分解产生。土壤中一切生化反应都是在土壤酶的参与下完成的,土壤酶活性的高低能反映土壤的生物活性和生化反应强度<sup>[21]</sup>。周世萍等<sup>[22]</sup>研究发现,土壤中施入毒死蜱(chlorpyrifos)后对土壤蔗糖酶活性具有抑制作用。邹小明等<sup>[16]</sup>研究发现,在试验的前15 d除了200 mg/kg的三唑磷对土壤酶活性有抑制作用外,其他各浓度三唑磷对土壤蛋白酶活性均表现出微弱的促进作用。单敏等<sup>[23]</sup>研究发现,10 mg/kg丁草胺处理对土壤中蔗糖酶活性表现出明显的抑制作用。郭明等<sup>[24]</sup>报道,克百威(carbofuran)、涕灭威(aldicarb)和联苯菊酯(bifenthrin)对土壤磷酸酶活性均会产生抑制作用。本研究结果亦表明,甲拌磷处理土壤后最终对土壤蔗糖酶、蛋白酶和碱性磷酸酶产生了抑制作用。说明化学农药进入土壤后可通过影响微生物的种群结构组成、生物量和活性,改变土壤微生物分泌、释放和修饰酶的强度,从而抑制或促进某些土壤酶的活性,破坏土壤中正常的生物化学过程,最终影响或破坏土壤生态环境。

本试验土壤取自石河子大学实验站荒地,是考虑到该荒地从未受过化学农药的干扰,但其土壤全氮、有机质含量都相对较低,土壤微生物数量和活性也较低,对外界干扰的缓冲能力比较弱。在该土壤中施用甲拌磷后导致土壤微生物数量、区系组成以及代谢过程发生了改变,微生物数量、微生物生物量碳、氮和土壤酶活性均明显低于对照,但在熟化度高、肥力高的农田土壤中甲拌磷对土壤微生物活性的影响是否与此相同尚需进一步研究验证。

### 参考文献:

- [1] DAI Rong-cai(戴荣彩), CHEN Li(陈莉), XIA Fu-li(夏福利), et al 混剂中甲拌磷在大豆和土壤中的残留动态[J]. Pestic Sci Admin(农药科学与管理), 2005, 26(7): 7-9
- [2] CHEN M in(陈敏), CHEN Bing-kun(陈丙坤). 甲拌磷在玉米和土壤中的残留分析研究[J]. J South west Agric Univ: Natural Sci(西南农业大学学报: 自然科版), 2005, 27(2): 148-150.

- [ 3 ] LU Wei(刘伟), WU Wen-jun(吴文君). 甲拌磷在棉花及土壤中的残留动态研究 [ J ]. *Pestic Sci Admin* (农药科学与管理), 2005, 26(9): 10- 14.
- [ 4 ] HUANG Xiaomei(黄晓梅), QIAN Yi(钱翌), ZHU Jianwen(朱建雯). 4种有机磷农药对校园土壤 CO<sub>2</sub>呼吸的影响及其危害性评价 [ J ]. *J Agro-environ Sci* (农业环境科学学报), 2007, 26(B3): 215- 218
- [ 5 ] MINH, CHEN Z Y, ZHAO Y H, et al Effects of trifluralin on soil microbial populations and the nitrogen fixation activities [ J ]. *J Environ Sci Health*, 2001, 36(5): 569- 79
- [ 6 ] MARX M C, WOOD M, JARVIS S C. A microplate fluorimetric assay for the study of enzyme diversity in soils [ J ]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2001, 33: 1633- 1640.
- [ 7 ] TRASAR-CEPEDA C, LEJORS M C. Limitations of soil enzymes as indicators of soil pollution [ J ]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2000, 32: 1867- 1875.
- [ 8 ] LI Fudi(李阜棣), YU Ziniu(喻子牛), HE Shao-jiang(何绍江). *Agro-microbiology Experiment Technology* (农业微生物学实验技术) [ M ]. Beijing(北京): China Agricultural Press(中国农业出版社), 1996: 305- 306
- [ 9 ] BROOKES P C, LANDMAN A, PRUDEN G, et al Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial nitrogen in soil [ J ]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1985, 17: 827- 842.
- [ 10 ] VANCE E D, BROOKES P C, JENKINSON D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C [ J ]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1987, 19: 703- 707
- [ 11 ] GUAN Song-yin(关松荫), ZHANG De-sheng(张德生), ZHANG Zhi-ming(张志明). *Soil Enzyme and Research Method* (土壤酶及其研究法) [ M ]. Beijing(北京): China Agricultural Press(中国农业出版社), 1986: 274- 313.
- [ 12 ] WANG Yan(王艳), SUN Jie(孙杰), WU Jin-shui(吴金水), et al 有机物料对污染土壤微生物碳和磷的影响 [ J ]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* (植物营养与肥料学报), 2000, 6(3): 300- 305
- [ 13 ] SPARLING G P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of change in soil organic matter [ J ]. *Australia J Soil Res*, 1992, 30: 195- 207
- [ 14 ] LU Shou-long(刘守龙), SU Yitong(苏以荣), HUANG Youdao(黄友道), et al 微生物商对亚热带地区土地利用及施肥制度的响应 [ J ]. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2006, 39(7): 1411- 1418.
- [ 15 ] GARCIA C, HEMANDERZ T, ROLDAN A, et al Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under Mediterranean climate [ J ]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002, 34: 635- 642
- [ 16 ] ZOU Xiaoming(邹小明), ZHU Licheng(朱立成), XIAO Chunling(肖春玲), et al 三唑磷的土壤微生物生态效应研究 [ J ]. *J Agro-Environ Sci* (农业环境科学学报), 2008, 27(1): 0238- 0242
- [ 17 ] ZHU Nanwen(朱南文), HU Maolin(胡茂林), GAO Tingyao(高廷耀). 甲胺磷对土壤微生物活性的影响 [ J ]. *Agro-environ Prot* (农业环境保护), 1999, 18(1): 4- 7.
- [ 18 ] BROOKES P C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metal [ J ]. *Biology and Fertility of Soil*, 1995, 19(4): 269- 279
- [ 19 ] CHEN Guo-chao(陈国潮). 土壤微生物量测定方法现状及其在红壤上的应用 [ J ]. *Chin J Soil Sci* (土壤通报), 1999, 30(6): 284- 287.
- [ 20 ] YAO Bin(姚斌), ZHANG Chao-lan(张超兰). 除草剂对土壤微生物量碳、氮及呼吸的影响 [ J ]. *Ecology Environ* (生态环境), 2008, 17(2): 580- 583.
- [ 21 ] MERSI W, SCHIRMER F. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with indonitrotetrazolium chloride [ J ]. *Biology and Fertility of Soils*, 1991, 11: 216- 220.
- [ 22 ] ZHOU Shiping(周世萍), DUAN Chang-qun(段昌群), HAN Qinghui(韩青辉), et al 毒死蜱对土壤蔗糖酶活性的影响 [ J ]. *Ecology Environ* (生态环境), 2005, 14(5): 672- 674
- [ 23 ] SHAN Min(单敏), YU Yunlong(虞云龙), FANG Hua(方华), et al 丁草胺土壤微生物数量和酶活性的影响 [ J ]. *Chin J Pestic Sci* (农药学报), 2005, 7(4): 383- 386
- [ 24 ] GUO Ming(郭明), ZHANG Xiaoping(张小萍), CAO Yu(曹玉). 3种杀虫剂对土壤磷酸酶活性的影响 [ J ]. *J Northwest Sci Tech Univ Agric For: Nat Sci Ed* (西北农林科技大学学报: 自然科学版), 2001, 29(2): 69- 72.

(责任编辑: 唐 静)