

3种杀虫剂对土壤磷酸酶活性的影响*

郭明, 张小萍, 曹玉

(塔里木农垦大学 基础课部, 新疆 阿拉尔 843300)

[摘要] 研究了呋喃丹、铁灭克、天王星3种农药对土壤磷酸酶活性的抑制作用。结果表明,3种农药在不同农药用量、培养时间、磷酸苯二钠用量及外加不同pH值缓冲溶液时,对磷酸酶活性均有不同程度的抑制作用。同时,在该条件下进行回归分析建模时发现不同农药用量、磷酸苯二钠用量对磷酸酶活性影响的相关系数均大于0.990,证明了在本地区特有的农业环境条件下,这3种农药可能会影响和破坏农业生态环境。

[关键词] 农药;土壤;磷酸酶活性

[中图分类号] X171.5; Q555.7

[文献标识码] A **[文章编号]** 1000-2782(2001)02-069-04

在农业生产实践中,农用化学物质(如除草剂、杀虫剂、杀菌剂等化学药剂)的施用不可或缺,它们对提高作物产量起到了重要的作用。但这些农用化学物质的迅速发展和广泛应用,直接或间接地进入到土壤表层或耕作层,污染并破坏了自然的农业生态环境^[1,2]。新疆阿拉尔地区为干旱-荒漠-绿洲型气候环境,研究本地区的农用化学物质对农业生态环境的影响很有必要。磷酸酶是土壤中的主要酶类之一,土壤学研究表明该酶是以无机磷形式存在的,该水解性酶的酶促作用能够加速有机磷的脱磷速度,提高土壤磷素的有效性,土壤磷酸酶活性可以表征土壤的肥力状况,特别是磷素肥力状况。国内外学者研究表明,土壤磷酸酶可分为酸性磷酸酶、中性磷酸酶和碱性磷酸酶,不同环境下的土壤磷酸酶活性有一定差异^[3-5],并且不同农用化学物质可能影响磷酸酶的活性^[6,7]。为弄清本地区生产上常用的几种农药对土壤磷酸酶活性的影响,本研究采用实验室恒温培养法,测定了常用的3种农药在不同情况下,对土壤磷酸酶活性的抑制程度,以了解土壤酶活性与农药之间的关系,为经济合理的施用农药及减小环境污染提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

本试验所用土样取自塔里木农垦大学农业试验站,蛇形设点,土钻挖取0~20cm耕作层,自然风干粉碎后过1mm筛。天王星(2.5%乳液),呋喃丹

(3%颗粒剂),铁灭克(5%颗粒剂),3种农药均为本地区目前生产中常用农药,除有效成分外,均配有辅剂、助剂等,可较好溶解。

1.2 方法

采用磷酸苯二钠比色法测定土壤磷酸酶活性(以酚的含量表示)。该法以磷酸苯二钠为基质,根据酶促产物——酚液,与Gibbs试剂作用生成的青色溶液(酚的生成数量与青色溶液的吸光度呈正比)进行定量分析。由于本地区土壤呈碱性,所以按碱性磷酸酶测定方法测定酶活,具体过程参见文献^[2,8]。

1.2.1 农药用量对磷酸酶活性影响的测定 取6只100mL容量瓶,各加入15g风干土样,分别编号;1~6号容量瓶中加入3mL甲苯,轻摇15min后,加入磷酸苯二钠溶液10mL,再加入pH=9.6的硼酸缓冲液10mL;在1~6号容量瓶中分别加入呋喃丹0,40,80,120,160,200mg配成不同质量浓度的溶液,仔细摇匀后用蒸馏水稀释至刻度。37℃下培养24h后,测定磷酸酶活性,计算不同用量的呋喃丹对磷酸酶活性的抑制率。

铁灭克的测定方法同上。天王星测定时用药量为0.1~0.5mL,其余步骤同上。在本试验中,考虑到生产实际中用药比推荐剂量大,且用药后药剂在一段时间内主要集中在耕作层的上层,所以适当加大了药剂用量。磷酸酶活性抑制率的计算公式为:

$$\text{抑制率} = \frac{(A - B)}{A} \times 100\%$$

式中,A为不加农药土壤磷酸酶活性;B为加农药土

* [收稿日期] 2000-07-07

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(29767001);新疆生产建设兵团科委科研基金资助项目(NKB98TNDNR13NY)。

[作者简介] 郭明(1967-),男,副教授,主要从事农业生态环境中有机毒物毒性的基础研究工作。

壤磷酸酶活性。

1.2.2 培养时间对磷酸酶活性影响的测定 步骤同 1.2.1。呋喃丹、铁灭克的用量改为各 10 mg, 天王星(1 000 倍液)的用量为 0.2 mL, 在 37 ℃ 下培养 1, 3, 5, 7, 9 d 后测定磷酸酶活性。以清水为对照。

1.2.3 磷酸苯二钠用量对磷酸酶活性影响的测定 在 15 g 土样中分别加入同量农药, 农药用量同 1.2.2, 同时设对照, 加入不同用量的磷酸苯二钠(0.1~1.1 g)。观察计算 3 种农药在不同磷酸苯二钠用量时对磷酸酶活性的影响。

1.2.4 p 值对磷酸酶活性影响的测定 农药用量

同 1.2.3。为了模拟生产实际中外加农药溶液的不同 p 值对土壤磷酸酶的影响, 用硼砂-盐酸-硼砂-氢氧化钠配置缓冲溶液并调整所测土样 p 值至 7.9~11.0, 在 37 ℃ 下培养 24 h, 测定磷酸酶活性的变化。

以上实验均重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同用量农药对磷酸酶活性的影响

呋喃丹、铁灭克、天王星 3 种农药在不同用量时对磷酸酶活性的影响, 结果见表 1。

表 1 3 种农药不同用量时对磷酸酶活性影响

Table 1 Effect of three insecticides at different doses levels on phosphatase activity

农药用量/ mg (mL) Dose of pesticides	呋喃丹 Furadan		铁灭克 Aldicarb		天王星 Bifenthrin	
	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	抑制率/% Inheri- bition Rate	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	抑制率/% Inheri- bition Rate	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	抑制率/% Inheri- bition Rate
0	1.14	-	1.14	-	1.14	-
40(0.1)	0.93	18.42	1.00	12.28	1.07	6.14
80(0.2)	0.84	26.32	0.95	16.67	1.02	10.53
120(0.3)	0.77	32.46	0.86	24.56	0.95	16.67
160(0.4)	0.71	37.72	0.82	28.07	0.91	20.18
200(0.5)	0.63	44.74	0.75	34.21	0.84	26.32

注: 农药用量栏括号内数字示天王星的用量。

Note: The figure in the bracket stands for the dose of Bifenthrin

对表 1 测定结果进行回归分析, 得到农药用量与磷酸酶活性的方程式为:

$$\text{呋喃丹 } Y = 0.9950 - 1.8250 \times 10^{-3} X$$

$$(r = -0.9978, F = 695.6319) \quad (1)$$

$$\text{铁灭克 } Y = 1.0650 - 1.5750 \times 10^{-3} X$$

$$(r = -0.9946, F = 277.0823) \quad (2)$$

$$\text{天王星 } Y = 1.1311 - 0.5701 \times X$$

$$(r = -0.9983, F = 889.5948) \quad (3)$$

式中, X 代表农药用量, Y 代表磷酸酶活性。

表 2 3 种农药在不同培养时间对磷酸酶活性的影响

Table 2 Effect of three of insecticides at different incubation time on phosphatase activity

培养时间/d Days of incubation	对照 CK	呋喃丹 Furadan		铁灭克 Aldicarb		天王星 Bifenthrin	
	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	抑制率/% Inheri- bition Rate	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	抑制率/% Inheri- bition Rate	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	抑制率/% Inheri- bition Rate
1	1.14	1.12	1.75	0.77	32.46	1.02	10.53
3	0.90	0.71	21.11	0.70	22.22	0.68	24.44
5	0.62	0.56	9.68	0.58	6.45	0.53	14.52
7	0.59	0.54	8.47	0.57	3.39	0.51	13.56
9	0.48	0.44	8.33	0.47	2.08	0.43	10.42

从表 2 可看出, 添加农药的土样酶活性均小于对照。随着时间的延长, 加入呋喃丹和天王星后对土样磷酸酶活性的抑制作用呈现“低-高-低”趋势, 加

从回归方程的显著性检验 F 值可以看出, 回归方程均达显著; 而 3 个方程的相关系数均较高, 说明在本试验条件下, 3 种农药对酶活性都有不同程度的抑制效果, 其大小顺序依次为呋喃丹 > 铁灭克 > 天王星。

2.2 不同培养时间对磷酸酶活性的影响

呋喃丹、铁灭克、天王星 3 种农药在不同培养时间对磷酸酶活性的影响, 结果见表 2。

入铁灭克后对土壤磷酸酶活性的抑制作用呈现“高-低”趋势, 说明铁灭克有速效的特点, 而呋喃丹、天王星则有残效长的特点。从表 2 还可以看出, 3 种农

药在土壤中溶解产生了药效。总的来看, 加入农药后, 磷酸酶活性在同一时间内比对照的低, 同时不同种类农药的抑制作用各有速效、残效长的特点。

2.3 磷酸苯二钠不同用量对土壤磷酸酶活性的影响

呋喃丹、铁灭克、天王星 3 种农药在不同用量磷酸苯二钠时对磷酸酶活性的影响, 结果见表 3。

对表 3 所得数据进行回归分析后, 得到以下 4 个回归方程式:

对 照 $Y = 0.8531 + 1.2114X$
($r = 0.9933, F = 295.4349$) (4)

呋喃丹 $Y = 0.7519 + 1.2386X$
($r = 0.9947, F = 373.2705$) (5)

铁灭克 $Y = 0.7045 + 1.2314X$
($r = 0.9960, F = 502.9689$) (6)

天王星 $Y = 0.7725 + 1.2514X$
($r = 0.9948, F = 381.9025$) (7)

式中, X 代表磷酸苯二钠用量, Y 代表磷酸酶活性。

表 3 磷酸苯二钠不同用量对磷酸酶活性影响

Table 3 Effect of different doses of phenyl phosphate dinatrium on phosphatase activity

磷酸苯二钠 用量/g Doses of phenyl phosphate dinatrium	对照 CK	呋喃丹 Furadan	抑制率/% Inheri- biton Rate	铁灭克 Aldicarb	抑制率/% Inheri- biton Rate	天王星 Bifenthrin	抑制率/% Inheri- biton Rate
	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase		磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase		磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	
0.1	0.91	0.82	9.89	0.79	13.19	0.84	7.69
0.3	1.23	1.14	7.32	1.07	13.01	1.16	5.69
0.5	1.51	1.40	7.28	1.35	10.60	1.44	4.64
0.7	1.75	1.67	4.57	1.61	8.00	1.70	2.86
0.9	1.96	1.89	3.57	1.84	6.12	1.91	2.55
1.1	2.12	2.05	3.30	2.00	5.66	2.09	1.42

从表 3 可以看出, 磷酸酶活性随磷酸苯二钠用量的增大而增大。在一定范围内, 磷酸苯二钠用量与酶活性间呈极显著相关关系。分析磷酸苯二钠用量与抑制率的关系可以看出, 农药对酶活性的抑制随磷酸苯二钠浓度的增大不断降低, 3 种农药对磷酸酶活性抑制的程度依次为铁灭克 > 呋喃丹 > 天王

星, 低量磷酸苯二钠水平比高量磷酸苯二钠水平对磷酸酶的抑制率高。

2.4 外加不同 p 值缓冲液对磷酸酶活性的影响

呋喃丹、铁灭克、天王星 3 种农药在外加不同 p 值缓冲液时, 对磷酸酶活性的影响, 结果见表 4。

表 4 3 种农药在不同 P 值下对土壤磷酸酶活性的影响

Table 4 Effect of three insecticides in different p on phosphatase activity

缓冲液 p 值 p of buffer	对照 CK	呋喃丹 Furadan	抑制率/% Inheri- biton rate	铁灭克 Aldicarb	抑制率/% Inheri- biton rate	天王星 Bifenthrin	抑制率/% Inheri- biton rate
	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase		磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase		磷酸酶(酚)/ (mg · g ⁻¹) Phosphatase	
7.9	0.31	0.19	38.71	0.10	67.74	0.03	83.87
8.3	0.56	1.37	-144.14	0.79	-41.07	0.33	41.07
8.7	0.79	1.31	-91.14	1.09	-37.97	0.75	5.06
9.1	0.91	1.65	-81.32	1.21	-32.96	0.84	7.69
9.3	1.09	1.49	-32.70	1.29	-18.35	0.98	10.09
9.6	1.14	1.12	1.75	0.87	23.68	1.02	10.53
10.0	1.12	1.07	4.46	0.78	30.36	1.00	10.71
10.5	0.35	0.31	11.42	0.22	37.14	0.19	45.71
11.0	0.17	0.12	29.14	0.10	41.12	0.07	58.82

研究业已表明, 土壤理化性质对土壤酶活性有一定影响^[9,10]。从表 4 可以看出, 3 种农药在不同 p 值条件下对磷酸酶活性影响的变化幅度不同, 具有一定的波动性。天王星对磷酸酶活性一直具有抑制性, 但在 p = 8.7~9.1 时, 保持较低的抑制率;

呋喃丹、铁灭克在 p = 8.3~9.3 时具有激活磷酸酶的作用而无抑制作用; 加农药处理, 在偏酸性

条件下及较高 p 值条件下抑制率高, 说明在本地土壤条件下, 外加农用化学物质在不同的 p 值条件下对磷酸酶活性的抑制效果不同。值得注意的是, 通常农药在碱性条件下, 易分解失效。天王星、呋喃丹、铁灭克 3 种农药在碱性条件下保持较低的抑制率或具有激活作用, 是由于 p 条件改变后 3 种农药本身降低了对磷酸酶活性的抑制作用, 或是由于

碱性条件下, 农药分解失效后, 丧失对酶活的抑制作用, 还有待于进一步的实验证实, 其作用机理也尚需深入探讨。

3 结 论

上述 4 个试验证实了施入土壤中的农药对土壤磷酸酶活性具有抑制作用, 抑制程度的大小随外界环境的变化而变化。当底物浓度(磷酸苯二钠)相同时, 酶活性随农药用量的增加而不断下降; 而当农药用量相同时, 酶活性在一定范围内随磷酸苯二钠浓度的增加而提高; 在本试验所设的培养时间内, 随时间的延长, 呋喃丹、铁灭克和天王星对磷酸酶活性

的抑制作用具有一定的波动性; 在外加不同 pH 值缓冲溶液条件下, 加农药时, 在偏酸性条件下及较高 pH 值条件下对磷酸酶活性的影响比较大。

在生产上, 农药对土壤磷酸酶活性的抑制作用既有利也有弊, 一方面可以利用这一点来延缓磷素的分解, 提高磷素的利用率; 另一方面, 农药在土壤中不仅会毒杀有害的杂草或害虫, 也会毒害有益的生物, 破坏土壤中正常运行的生物化学过程, 造成环境污染。所以在施用农药时, 即要考虑它的有益效果作用, 又要考虑它对土壤酶活性的抑制作用, 农药用量不宜过大, 否则会对土壤肥力和农作物生长产生潜在的后果, 适宜的农药用量是施用农药的关键。

[参考文献]

- [1] 周礼恺 土壤酶与植物营养以及与农药的相互作用[J]. 土壤学进展, 1981, 9(6): 18- 27.
- [2] 关松荫 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1983
- [3] 关松荫 我国主要土壤剖面酶活性状况[J]. 土壤学报, 1984, 21(4): 368- 381.
- [4] 陈恩凤, 周礼恺 土壤肥力实质研究: I. 黑土[J]. 土壤学报, 1984, 21(3): 229- 237.
- [5] Boero G, Thiens S. Phosphatase activity and phosphorus availability in the rhizosphere of corn roots[A]. In: Harley J L, Russel R S, eds The soil-root interface[C]. New York: Academic Press, 1979. 231- 242
- [6] 朱南文, 闵航, 陈美慈, 等. 甲胺磷对土壤中磷酸酶和脱氢酶活性的影响[J]. 农村生态环境, 1996, 12(2): 22- 24, 64
- [7] Tu C M. Effect of four experimental insecticides on enzyme activities and levels of adenosine triphosphate in mineral and organic soils[J]. J Environ Sci Health, 1990, Part B, 25(6): 787- 800
- [8] 严昶升 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988
- [9] 江育璋, 宋恩瀚, 陈兆畦 土壤脲酶特性及其对尿素施用的影响[J]. 西南农学院学报, 1984, (2): 15- 22
- [10] 和文祥, 朱铭莪 温度和底物对陕西土壤脲酶活性的影响[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(5): 15- 19

Effect of three insecticides on soil phosphatase activity

GUO Ming, ZHANG Xiao-ping, CAO Yu

(Department of Basic Courses, Tarim University of Agricultural Reclamation, Alar Xinjiang 843300)

Abstract: Inhibiting effect of three pesticides (furan, aldicarb, bifenthrin) on soil phosphatase activity was studied. The different dose, incubating time, phenyl phosphate dinatrium dose levels and adding buffer solution with different P were experimented and analyzed. The results showed that all the three treatments can inhibit the activity of soil phosphatase, and the activity of soil phosphatase was significantly affected by the doses of pesticides and phenyl phosphate dinatrium ($R > 0.9900$). It also implied that there was a possibility that agricultural chemicals would affect the agricultural environment.

Key words: pesticide; soil; phosphatase activity