

• 研究论文 •

作物和土壤中乙酰甲胺磷及其代谢物甲胺磷消解研究

吴 珉, 胡秀卿, 赵 华, 朱亚红, 徐 浩
平立凤, 王新全, 李 振*

(浙江省农业科学院 农产品质量标准研究所, 浙江 杭州 310021)

摘 要: 为评价乙酰甲胺磷在作物上使用的安全性, 采用气相色谱法研究了不同气候条件 (亚热带和暖温带) 下的 4 种作物 (甘蓝、萝卜、水稻、柑桔) 和 8 个土壤样品 (4 种作物各自在两个试验地点的土壤) 中乙酰甲胺磷及其代谢物甲胺磷的消解情况。结果表明: 乙酰甲胺磷在作物和土壤中均可代谢产生甲胺磷, 作物中的 2 h 甲胺磷代谢产率主要由作物种类决定。作物中乙酰甲胺磷的消解半衰期为 3.1~13.5 d, 甲胺磷为 2.7~12.8 d, 土壤中乙酰甲胺磷的半衰期为 1.4~6.4 d, 甲胺磷为 4.5~10.7 d。土壤 pH 值对乙酰甲胺磷的消解影响显著, 其在碱性土壤中消解较快。具有较高净辐射的气候条件会促进乙酰甲胺磷及甲胺磷在作物中的消解, 因此种植在暖温带气候条件下的作物上使用乙酰甲胺磷较种植在亚热带气候条件下的具有更高的甲胺磷残留风险。乙酰甲胺磷施用在叶菜类蔬菜上可能会有较高的甲胺磷残留风险, 建议叶菜类蔬菜应谨慎使用乙酰甲胺磷。

关键词: 乙酰甲胺磷; 甲胺磷; 作物; 土壤; 消解

中图分类号: O657.7 S481.8

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2009)01-0114-07

Field Residue Decline Study of Acephate and Methamidophos in Crop and Soil

WU Min, HU Xiou-qing, ZHAO Hua, ZHU Ya-hong, XU Hao
PING Li-feng, WANG Xin-quan, LI Zhen*

(Institute of Quality and Standard for Agricultural Products, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract In order to evaluate the safety application of acephate, field residue decline study of acephate in different climatic conditions of crop and soil were studied using gas chromatography (GC) determination method. The results showed that acephate could metabolize to methamidophos rapidly in tested crop and soil. Metabolic rate of methamidophos in 2 hours was significantly affected by crop species. The half-life of acephate was 3.1~13.5 days in crop, while that of its metabolite methamidophos was 2.7~12.8 days in crop. The half-life of acephate was 1.4~6.4 days in soil and that of methamidophos was 4.5~10.7 days in soil. The degradation of acephate and methamidophos in

收稿日期: 2008-08-07 修回日期: 2008-11-25

作者简介: 吴珉 (1977-), 男, 浙江平湖人, 助理研究员, 主要从事农药残留分析及安全性评价的研究工作, E-mail: wum_in_hz@yahoo.com.cn

* 通讯作者 (Author for correspondence): 李振, (1971-), 男, 浙江安吉人, 副研究员, 主要从事农药与农业环境的研究工作. 联系电话: 0571-86415203 E-mail: lz2001@163.com

基金项目: 浙江省重大科技专项 (2006C12023)

soil was affected significantly by soil pH, the alkaline soil caused faster degradation. The climate condition of higher net radiation may accelerate the degradation of acephate and methamidophos in crop, so the crop applied acephate had higher methamidophos residue risk in the warm climate condition than in the subtropical climate condition. Leafy vegetables applied acephate have higher methamidophos residue risk than other crops. It is suggested that leafy vegetables needed to use acephate carefully.

Key words acephate; methamidophos; crop; soil decline

从 2007 年 1 月 1 日起, 中国已全面禁止在农业生产中使用甲胺磷、对硫磷、甲基对硫磷、久效磷、磷胺等 5 种高毒农药, 乙酰甲胺磷作为替代高毒农药的一种主打产品而广泛应用于我国蔬菜、果树和水稻等作物的害虫防治^[1]。

乙酰甲胺磷的急性毒性很小 (大鼠急性经口 LD_{50} 值为 945 mg/kg ^[2]), 属于低毒农药, 被允许在蔬菜、水果等作物中使用。但其代谢产物甲胺磷却属于高毒农药 (大鼠急性经口 LD_{50} 值约 20 mg/kg ^[2]), 毒性是乙酰甲胺磷的 40 多倍, 在我国的相关标准中是不允许被检出的^[3]。因此, 作物中使用乙酰甲胺磷可能存在甲胺磷残留风险。为全面了解乙酰甲胺磷的代谢情况并正确评价其安全性, 研究不同作物和土壤中乙酰甲胺磷及其代谢物甲胺磷的消解规律十分必要。目前国内外有关乙酰甲胺磷的报道仅限于在单一作物或单一作物土壤中的消解研究^[4~9], 也未见有关气候条件影响乙酰甲胺磷消解的研究报道。

气候条件对作物中残留农药的消解会产生影响。在众多的气候参数中, 笔者认为净辐射值是一个有可能稳定影响作物中农药消解的参数。净辐射是地表有效能量的度量值^[10], 净辐射值反映了植物吸收净辐射能量的大小。植物把吸收的净辐射能量用于维持较高的叶面温度以及作为蒸腾、光合作用的能量。因此, 较高的净辐射会促进作物的新陈代谢, 进而影响到作物中残留农药的消解。

我国许多主要农业产区集中在亚热带和暖温带。因此, 本研究以亚热带和暖温带气候条件下种植的几种蔬菜、水果和粮食作物为研究对象, 通过对不同作物及其土壤中乙酰甲胺磷及代谢物甲胺磷的消解研究, 以期乙酰甲胺磷的安全使用提供理论依据。

1 田间试验

1.1 试验材料

试验地点: 浙江杭州、贵州贵阳和山东济南。杭州和贵阳两地均为典型的亚热带气候条件。杭

州年平均气温 16.2°C , 年平均辐射总量 $4\,186 \sim 4\,605 \text{ MJ/m}^2$, 年平均降水量 $1\,435 \text{ mm}$, 年日照时数 $1\,800 \sim 2\,100 \text{ h}$, 无霜期 $230 \sim 260 \text{ d}$; 贵阳年平均气温 15.3°C , 年平均辐射总量 $2\,034 \sim 3\,376 \text{ MJ/m}^2$, 年平均降水量 $1\,100 \sim 1\,300 \text{ mm}$, 年日照时数 $1\,200 \sim 1\,600 \text{ h}$, 无霜期 270 d ; 济南年平均气温 13.6°C , 年平均辐射总量 $5\,060 \sim 5\,303 \text{ MJ/m}^2$, 年平均降水量 $600 \sim 700 \text{ mm}$, 年日照时数 $2\,491 \sim 2\,737 \text{ h}$, 无霜期 $190 \sim 218 \text{ d}$ 为典型的暖温带气候条件。

作物: 蔬菜类选择甘蓝 *Brassica oleracea* L. var. capitata 和萝卜 *Raphanus sativus*, 水果类选择柑桔 *Citrus reticulata* Bancq, 粮食类选择水稻 *Oryza sativa* L. 供试。

土壤: 4 种作物各自在两个试验地点共取 8 个土壤供试。在作物试验的同一小区进行土壤试验, 总共施药 1 次。

1.2 消解动态试验

甘蓝和甘蓝土壤: 分别在杭州和济南进行。小区面积为 90 m^2 , 于甘蓝生长期 (10~11 月), 按有效成分用量 $1\,800 \text{ g/lm}^2$ (用水量 750 kg/lm^2 , 下同) 喷施乙酰甲胺磷 1 次。在施药后 2 h 及 1、3、5、7、14、21、28 d 分别采集甘蓝叶 2 kg 和耕作层 (0~10 cm) 土壤 1 kg 。

萝卜和萝卜土壤: 分别在杭州和济南进行。小区面积为 90 m^2 , 于萝卜生长期 (10~11 月), 按有效成分用量 $1\,080 \text{ g/lm}^2$ 喷施乙酰甲胺磷 1 次。在施药后 2 h 及 1、3、5、7、14、21、28 d 分别采集萝卜叶 2 kg 和耕作层 (0~10 cm) 土壤 1 kg 。

水稻和水稻土壤: 分别在杭州和贵阳进行。小区面积为 90 m^2 , 于水稻生长期 (9~10 月), 按有效成分用量 $2\,250 \text{ g/lm}^2$ 喷施乙酰甲胺磷 1 次。在施药后 2 h 及 1、3、5、7、14、21、28 d 分别采集水稻叶 2 kg 和底泥 1 kg 。

柑桔和柑桔土壤: 分别在杭州和贵阳进行。小区为 6 棵桔树, 于柑桔生长期 (8~9 月), 按 $1\,200 \text{ mg/L}$ 的施药剂量 (用水量 2.5 kg/棵) 喷施

乙酰甲胺磷 1 次。在施药后 2 h 及 1、3、5、7、14、21、28 d 分别采集柑桔 2 kg 和表层土壤 (0~10 cm) 1 kg。

上述施药剂量均为乙酰甲胺磷在各作物上最高推荐剂量的 2 倍。

2 分析方法

2.1 仪器与试剂

气相色谱仪 (Finnigan Trace GC Ultra 带 FPD 检测器), CP-Sil 24 CB 毛细管色谱柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)。

乙酰甲胺磷 (acephate, 99%) 及甲胺磷 (methamidophos, 99%) 标准品均为 Chem Service 公司产品; 所用试剂均为市售分析纯。

2.2 样品制备

甘蓝叶、萝卜叶和柑桔切碎后匀浆, 水稻叶剪碎, 土壤 (水稻土除外) 磨碎后过 20 目筛 (筛孔尺寸为 0.9 mm)。

2.3 样品提取

称取样品 20.00 g 置于 250 mL 具塞三角瓶中, 加入 70.0 mL 乙腈和 10.0 mL 水, 振荡提取 30 min, 提取液经布氏漏斗抽滤, 滤液移入 100 mL 具塞量筒, 加入 2 cm 高的氯化钠, 充分摇匀 1 min, 静置 10 min, 量取 25.0 mL 上清液转入 250 mL 平底烧瓶, 减压浓缩至 1~2 mL, 氮气吹干, 用丙酮定容至 5.0 mL, 待气相色谱仪测定。

2.4 气相色谱测定条件

进样口温度 280℃, 检测器温度 300℃, 载气为 N₂ (99.999%), 流速 2 mL/min, 空气流速 115 mL/min, 氢气流速 90 mL/min, 程序升温: 初始温度 80℃, 保留 1 min, 50℃/min 升至 180℃, 保留 3 min, 再以 50℃/min 升至 260℃, 保留 2 min。

2.5 最小检出量及最低检测浓度

在上述条件下, 仪器对乙酰甲胺磷和甲胺磷的最小检出量均为 1×10^{-11} g, 乙酰甲胺磷和甲胺磷的最低检测浓度均为 0.01 mg/kg。

2.6 添加回收率及相对标准偏差

空白样品中分别添加 0.01、0.10 和 1.00 mg/kg 乙酰甲胺磷和甲胺磷标准品, 按上述方法测得乙

酰甲胺磷的添加回收率为 81%~111%, 相对标准偏差为 2.1%~8.9%; 甲胺磷的添加回收率为 80%~114%, 相对标准偏差为 1.0%~8.7%。

3 结果与分析

3.1 作物和土壤中乙酰甲胺磷的原始沉积量

本研究中以施药 2 h 后各基质中乙酰甲胺磷的检测量作为其原始沉积量。

3.1.1 作物中乙酰甲胺磷的原始沉积量 甘蓝叶、萝卜叶和水稻叶中乙酰甲胺磷的原始沉积量为 10.5~49.0 mg/kg, 柑桔中为 1.17~2.63 mg/kg (表 1)。试验结果显示: 在不同试验地点种植的同一种作物中其乙酰甲胺磷的原始沉积量相近, 而不同作物之间差异较大。作物中乙酰甲胺磷的原始沉积量主要受两个因素影响——施药剂量及着药面积, 施药剂量高者原始沉积量较高, 在相同施药剂量下, 则着药面积较大的作物原始沉积量较高。

3.1.2 土壤中乙酰甲胺磷的原始沉积量 土壤中乙酰甲胺磷的原始沉积量在 0.04~2.90 mg/kg 之间 (表 2)。乙酰甲胺磷施用到土壤中后立即开始消解, 2 h 后, 济南试验点甘蓝和萝卜土壤中乙酰甲胺磷的原始沉积量均明显低于杭州试验点。在 2 h 内能够影响土壤中乙酰甲胺磷消解的只有土壤本身, 因此笔者对两地供试土壤的理化性质进行了分析。结果 (表 3) 发现, 除 pH 值存在较大差异外 (杭州土为酸性, 济南土为中性-弱碱性), 两地土壤的其他性质均相似。因此, 笔者认为 pH 值是土壤中乙酰甲胺磷在短时间内消解的主要影响因素, 乙酰甲胺磷在酸性土壤中消解较慢, 而在碱性土壤中消解较快。但柑桔土壤中却表现出不同的规律, 说明土壤中乙酰甲胺磷的消解可能还受到土壤环境中其他因素的影响。

3.2 作物和土壤中 2 h 甲胺磷代谢产率

2 h 甲胺磷代谢产率是指施药 2 h 后代谢产生的甲胺磷的量与 2 h 前乙酰甲胺磷的量之比, 按以下公式进行计算:

$$2 \text{ h 甲胺磷代谢产率} (\%) = \frac{\text{甲胺磷残留量} (\text{mg/kg})}{\text{乙酰甲胺磷残留量} (\text{mg/kg}) + \text{甲胺磷残留量} (\text{mg/kg}) \times 183.17 \div 141.13} \times 100$$

注: 甲胺磷相对分子质量为 141.13, 乙酰甲胺磷相对分子质量为 183.17。

由于乙酰甲胺磷制剂中允许含有少量甲胺磷, 因此笔者对供试农药进行了甲胺磷含量检测。结果显示, 供试乙酰甲胺磷制剂中含有质量分数为 0.5% 的甲胺磷。因此, 如果基质中 2 h 甲胺磷代谢产率低于 0.5%, 则认为此基质中未代谢产生甲胺磷。

3.2.1 作物中 2 h 甲胺磷代谢产率 试验结果(表 1)显示, 各供试作物的 2 h 甲胺磷代谢产率均大于 0.5%, 表明乙酰甲胺磷在作物中可代谢产生甲胺磷。同一作物在不同试验地点表现出相近的 2 h 甲胺磷代谢产率; 同一试验地点不同作物之间则有所不同, 即使同为蔬菜类的甘蓝和萝卜也差异显著。说明作物中 2 h 甲胺磷代谢产率主要由作物种类决定。

3.2.2 土壤中 2 h 甲胺磷代谢产率 试验结果(表 2)显示, 除杭州水稻土壤外, 其他供试土壤的 2 h 甲胺磷代谢产率均大于 0.5%, 表明乙酰甲胺磷在土壤中可代谢产生甲胺磷。柑桔土壤的 2 h 甲胺磷代谢产率明显高于其他旱作作物土壤, 说明桔园土壤中的某些因子会加速乙酰甲胺磷的代谢。

3.3 作物和土壤中乙酰甲胺磷及甲胺磷的消解动态

3.3.1 作物中乙酰甲胺磷及甲胺磷的消解动态

试验结果(表 1)显示, 乙酰甲胺磷及甲胺磷在各作物中的消解普遍较快。其中, 济南试验点甘蓝叶和萝卜叶中乙酰甲胺磷及甲胺磷的半衰期均长于杭州试验点, 并且同一试验地点的上述两种作物中乙酰甲胺磷及甲胺磷的半衰期均比较接近。说明试验地点不同对作物中乙酰甲胺磷及甲胺磷的消解速度影响较大。在试验期间, 地处亚热带气候区的杭州和地处暖温带气候区的济南存在较大的气候差异, 这可能是产生上述结果的主要原因。甘蓝和萝卜的试验时间为 10~11 月, 杭州这两个月的净辐射值均高于济南(表 4)。较高的净辐射促进了杭州当地作物的新陈代谢, 从而加速了作物中残留农药的消解。因此, 笔者认为气候条件在一定程度上影响了作物中乙酰甲胺磷及甲胺磷的消解, 具有较高净辐射的气候条件能加速乙酰甲胺磷和甲胺磷在作物中的消解。同处亚热带气候区的杭州和贵阳在 8~10 月具有相近的净辐射值, 两地水稻和柑桔中乙酰甲胺磷及甲胺磷的半衰期也相似, 此结果进一步验证了上述

判断。

3.3.2 土壤中乙酰甲胺磷及甲胺磷的消解动态

试验结果(表 2)显示, 乙酰甲胺磷及甲胺磷在土壤中的消解比较迅速。土壤中农药在较长时段内的消解受土壤有机质含量、pH、温度、微生物、含水量及降雨等因素的影响, 这是一个多因素交叉影响的过程, 具体尚需进一步研究确定。

3.3.3 乙酰甲胺磷施药 28 d 后, 作物中甲胺磷的残留风险 各作物施用乙酰甲胺磷 28 d 后均能检测到甲胺磷, 其含量分别为: 甘蓝叶中 0.04~0.35 mg/kg, 萝卜叶中 0.01~0.46 mg/kg, 水稻叶中 0.02~0.05 mg/kg, 柑桔中 0.03 mg/kg(表 1)。甘蓝主要以叶食用, 其叶中检测到甲胺磷残留, 按我国相关标准应属甲胺磷残留量超标, 表明叶菜类蔬菜中使用乙酰甲胺磷可能存在较高的甲胺磷残留风险, 但具体尚需扩大叶菜类蔬菜种类进一步研究确证。虽然未检测可食用的萝卜块根部分, 但由于萝卜叶中检测到了较高的甲胺磷残留量, 表明其可食部分甲胺磷的残留风险也比较高。水稻由于在施用乙酰甲胺磷后仍有较长的生育期, 残留的农药还可以进一步降解代谢, 所以最终收获的稻米中甲胺磷的残留风险会比较低。柑桔全果中甲胺磷残留量已经很低, 并且残留的农药绝大部分都在桔皮中, 所以桔肉中甲胺磷的残留风险非常低。

4 小结与讨论

4.1 乙酰甲胺磷会代谢产生甲胺磷

作物和土壤中的乙酰甲胺磷在消解过程中均可代谢产生甲胺磷。作物中 2 h 甲胺磷代谢产率主要由作物种类决定, 总体表现为萝卜 > 柑桔 > 水稻 > 甘蓝。但详细的机理尚不清楚, 有待进一步研究。土壤中 2 h 甲胺磷代谢产率因土壤性质不同而存在明显差异, 果园土壤代谢产生的甲胺磷明显要比蔬菜土壤多, 推测这可能跟果园独特的生态环境有关, 具体尚需进一步研究确定。

4.2 气候对乙酰甲胺磷及甲胺磷消解的影响

有关气候的指标众多, 很难确定哪些是影响农药消解的主要因子, 目前尚未见有关气候条件影响作物中农药消解的系统研究报道。本研究以气候带作为不同地点的气候划分, 以净辐射为考察指标, 初步探讨了气候条件与作物中农药消解的相关性。结果表明, 具有较高净辐射的气候条

表 1 乙酰甲胺磷在不同作物中的代谢情况
Table 1 The metabolism of acephate in crop

基质 Matrix		甘蓝叶 Cabbage leaves				萝卜叶 Radish leaves				水稻叶 Rice leaves				柑桔 Citrus																			
2 倍推荐剂量 2 times recommended dosage		1 800 g(a.i.)/hm ²				1 080 g(a.i.)/hm ²				2 250 g(a.i.)/hm ²				1 200 mg/L																			
种植地点 Planting site		杭州 Hangzhou		济南 Ji'nan		杭州 Hangzhou		济南 Ji'nan		杭州 Hangzhou		贵阳 Guiyang		杭州 Hangzhou		贵阳 Guiyang																	
农药 Pesticides		A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M																
Residue/(mg/kg)	残留量	2 h	49.0	4.20	2.80	36.0	30.6	15.7	10.5	2.70	33.1	2.06	35.8	4.15	1.17	0.28	2.63	0.58															
	1 d	36.0	2.90	0.70	7.10	28.8	5.20	10.9	3.10	19.7	1.57	18.6	2.65	1.23	0.34	1.93	0.45																
		3 d	33.0	0.70	0.80	10.0	13.8	2.10	6.90	1.50	10.8	1.28	7.16	0.67	1.26	0.26	1.58	0.42															
		5 d	30.0	1.80	1.20	16.0	8.60	1.20	6.20	1.50	9.34	1.04	1.76	0.50	0.98	0.24	1.43	0.38															
		7 d	14.0	0.80	0.83	12.0	5.10	0.60	4.60	1.10	8.13	1.00	0.86	0.13	0.69	0.22	1.37	0.34															
		14 d	4.90	0.40	0.56	8.30	0.59	0.04	3.50	0.89	1.26	0.17	0.62	0.15	0.34	0.12	0.61	0.18															
		21 d	0.25	0.04	0.30	4.70	0.15	0.02	2.70	0.81	0.25	0.06	0.51	0.09	0.22	0.06	0.59	0.10															
28 d	0.13	0.04	0.35	4.20	0.14	0.01	1.70	0.46	0.11	0.02	0.39	0.05	0.15	0.03	0.17	0.03																	
消解半衰期 T _{1/2} /d		3.1	4.1	13.5	12.4	3.2	2.7	11.6	12.8	3.4	4.1	4.8	5.0	8.2	7.9	8.2	7.2																
2 h 甲胺磷代谢产率																																	
2 h methamidophos metabolic rate (%)		7.7				7.1				30.8				19.3				5.8				10.1				18.3				17.2			

注：A 表示乙酰甲胺磷，M 表示甲胺磷，下同。Note: A means acephate, M means methamidophos, The same as the follows.

表 2 乙酰甲胺磷在不同土壤中的代谢情况
Table 2 The metabolism of acephate in soils

基质 Matrix		甘蓝土壤 Cabbage soil				萝卜土壤 Radish soil				水稻土壤 Rice soil				柑桔土壤 Citrus soil			
2 倍推荐剂量 2 times recommended dosage		1 800 g(a. i.)/hm ²				1 080 g(a. i.)/hm ²				2 250 g(a. i.)/hm ²				1 200 mg/L			
种植地点 Planting site		杭州 Hangzhou		济南 Ji'nan		杭州 Hangzhou		济南 Ji'nan		杭州 Hangzhou		贵阳 Guiyang		杭州 Hangzhou		贵阳 Guiyang	
农药 Pesticides		A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
残留量 Residue/(mg/kg)	2 h	2.90	0.29	0.18	0.02	2.80	0.36	1.20	0.09	0.04	<0.01	1.73	0.14	0.46	0.18	0.12	0.03
	1 d	2.40	0.29	0.09	<0.01	2.70	0.43	0.23	0.03	0.06	0.01	1.78	0.17	0.22	0.08	0.53	0.07
	3 d	3.10	0.36	0.05	<0.01	4.30	0.29	0.24	0.01	0.07	0.01	1.98	0.16	0.43	0.18	0.09	0.03
	5 d	1.80	0.68	0.04	<0.01	1.10	0.19	0.07	<0.01	0.06	<0.01	0.04	<0.01	0.25	0.12	0.06	0.02
	7 d	0.55	0.19	0.03	<0.01	1.60	0.23	0.02	<0.01	0.04	<0.01	0.02	<0.01	0.08	0.08	0.03	0.01
	14 d	0.46	0.49	0.02	<0.01	0.57	0.09	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02	<0.01
21 d	21 d	0.36	0.09	0.01	<0.01	0.40	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
	28 d	0.12	0.01	<0.01	<0.01	0.13	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
消解半衰期 T _{1/2} /d		6.4	4.5	6.0	/	6.0	10.7	1.4	/	/	/	/	/	3.1	4.9	4.3	/
2 h 甲胺磷代谢产率 2 h methamidophos metabolic rate (%)		8.9		9.7		11.0		6.8		/		7.3		26.0		18.9	

表 3 供试土壤的部分理化性质

Table 3 Selected physical and chemical properties of test soils

土壤性质 Properties of soils	甘蓝土壤 Cabbage soil		萝卜土壤 Radish soil		水稻土壤 Rice soil		柑桔土壤 Citrus soil	
	杭州	济南	杭州	济南	杭州	贵阳	杭州	贵阳
	Hangzhou	Jí nan	Hangzhou	Jí nan	Hangzhou	Guiyang	Hangzhou	Guiyang
	重壤土 Heavy loam	轻壤土 Light loam	轻壤土 Light loam	轻壤土 Light loam	重壤土 Heavy loam	中粘土 Medium clay	中壤土 Medium loam	轻粘土 Light clay
土壤酸碱性 Soil acidity (pH)	4.84	6.92	4.75	7.12	7.01	6.62	6.14	4.39
阳离子代换量 Cation exchange capacity, CEC/(me/100g)	12.0	14.9	10.9	14.9	12.6	37.8	11.9	19.7
土壤有机质含量 Soil organic matter OM(%)	2.10	2.50	2.13	1.92	1.38	4.04	3.31	6.01

表 4 各城市的净辐射值 (MJ/m²)

Table 4 The city's net value of radiation

城市 City	8月 August	9月 September	10月 October	11月 November
杭州 Hangzhou	31248	16350	15283	7590
济南 Jí nan	17887	15180	5766	870
贵阳 Guiyang	29977	18810	11842	8550

注: 数据来源于中国气象局国家气象信息中心。
Note: Information from National Meteorological Information Center China Meteorological Administration.

件会促进乙酰甲胺磷及甲胺磷在作物中的消解,所以在亚热带气候条件下种植的蔬菜中乙酰甲胺磷及甲胺磷的消解速度要快于种植在暖温带气候条件下的。

4.3 乙酰甲胺磷的风险评价

我国的农药合理使用准则规定乙酰甲胺磷在叶菜类蔬菜上每季最多使用 2 次,安全间隔期不少于 7 d(秋冬季为 9 d)^[11]。按此标准种植的叶菜类蔬菜应该不会发生乙酰甲胺磷残留量超标,但可能会存在较高的甲胺磷残留风险,因此建议在叶菜类蔬菜上使用乙酰甲胺磷时需谨慎。

另外,在净辐射较低区域的作物上使用乙酰甲胺磷,也可能会增加其甲胺磷残留风险。由于暖温带的净辐射通常比亚热带的低,所以种植在暖温带气候条件下的作物上使用乙酰甲胺磷较亚热带气候条件下的具有更高的甲胺磷残留风险。

参考文献:

[1] ZHANG Zhi-jie(张智杰). 高毒有机磷农药替代产品乙酰甲

胺磷的应用研究前景 [J]. Guangdong Agric Sci(广东农业科学), 2007, (6): 66-68.

[2] ZHU Yong-he(朱永和), WANG Zhen-rong(王振荣), LI Bu-qing(李布青). Encyclopedia of Agricultural Chemicals(农药大典) [M]. Beijing(北京): Three Gorges Press of China(中国三峡出版社), 2006 104, 1117.

[3] Ministry of Health of the People's Republic of China Standardization Administration of the People's Republic of China(中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会). GB 2763-2005 Maximum Residue Limits for Pesticides in Food(食品中农药最大残留限量) [S]. Beijing(北京): Standards Press of China(中国标准出版社), 2005 31.

[4] SHI Hai-yan(施海燕), WANG Ming-hua(王鸣华), LI Bo(李波), et al 乙酰甲胺磷在青菜中的残留动态研究 [J]. Jiangsu Agric Sci(江苏农业科学), 2007, (1): 209-211.

[5] YANG Tao(杨涛), LI Chuan-yong(李传勇), TANG Hui-hua(汤惠华). 四种有机磷农药在菠菜中的残留动态研究 [J]. Guangxi Horticulture(广西园艺), 2005, 16(3): 36-37.

[6] YIN Jun(尹君), JIN Guo-xun(金国勋), CAI Zhen(蔡贞). 30% 乙酰甲胺磷(乳油)在鸡毛菜上的消解动态试验研究 [J]. Shanghai Agric Sci Tech(上海农业科技), 2004, (4): 83-84.

[7] SANZ-ASENSIO J, MARTINEZ-PRADO A P, PLAZA-MEDINA M, et al Behavior of Acephate and its Metabolite Methamidophos in Apple Sample [J]. Chromatographia, 1999 49(3): 155-160.

[8] ANTONIUS G F, SNYDER J C. Residues and Halflives of Acephate, Methamidophos and Pirimiphos-methyls in Leaves and Fruits of Greenhouse-grown Tomatoes [J]. Bull Environ Contam Toxicol, 1994 52(1): 141-148.

[9] HEMIN(贺敏), YU Ping-zhong(余平中), CHEN Li(陈莉), et al 40% 乙酰甲胺磷乳油在青菜和土壤中的消解动态研究 [J]. Chin Agric Sci Bull(中国农学通报), 2007, 23(9): 431-434.

[10] REN Hong-rui(任鸿瑞), LUO Yi(罗毅), XIE Xian-qun(谢贤群). 几种常用净辐射计算方法在黄淮海平原应用的评价 [J]. Transactions CSAE(农业工程学报), 2006 22(5): 140-149.

[11] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China(中华人民共和国环境保护部). GB 4285-89 Standards for Safety Application of Pesticides(农药安全使用标准) [S]. Beijing(北京): Standards Press of China(中国标准出版社), 1990 6-7.

(Ed. TANG J)