

叶面肥对烟叶中 4 种杀虫剂残留降解的影响

隋程程, 尤祥伟, 李义强*, 徐金丽, 徐光军, 郑 晓

(中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101)

摘 要: 叶面肥与农药混用是农业生产中一种新兴的药肥施用模式, 但其对农药残留的影响尚待进一步研究。本试验开展了叶面肥与农药不同施用模式试验, 采用 QuEChERS 和高效液相色谱-串联质谱 (HPLC-MS/MS) 相结合的检测方法, 探讨叶面肥对烟叶中氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍 4 种杀虫剂残留降解速率的影响。结果表明, 施用叶面肥对氯虫苯甲酰胺残留降解促进作用显著, 对氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍残留降解有一定促进作用, 且叶面肥稀释 1000 倍处理效果最佳。研究结果为“药肥合一”模式降低烟叶农药残留水平, 提高烟叶品质提供基础数据。

关键词: 叶面肥; 杀虫剂残留; 降解; 烟叶

中图分类号: S435.72

文章编号: 1007-5119 (2017) 04-0070-06

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2017.04.011

Effects of Foliar Fertilizer on Pesticide Residue Degradation in Tobacco Leaves

SUI Chengcheng, YOU Xiangwei, LI Yiqiang*, XU Jinli, XU Guangjun, ZHENG Xiao

(Tobacco Research Institute of CAAS, Qingdao 266101, China)

Abstract: The mixed use of fertilizers and pesticides is a new agricultural practice, but their effects on pesticide degradation is not investigated. In this study, a multi-residue analysis method based on QuEChERS and HPLC-MS/MS was developed and the field trials on different application patterns of pesticides and fertilizers were carried out to study the effects of foliar fertilizer on degradation rate of four pesticides, including chlorantraniliprole, flonicamid, flubendiamide and sulfoxaflor. The results showed that the application of foliar fertilizer has a significant effect on promoting the degradation of chlorantraniliprole. Accompanied by there was a little effect on degradation of flonicamid, flubendiamide and sulfoxaflor, the best dilution concentration is 1000 multiple. The results provide the basic data for reducing of tobacco pesticide residues and improving the quality of tobacco leaves through the "combination of pesticide and fertilizer" model.

Keywords: foliar fertilize; pesticide residues; degradation; tobacco leaf

农药残留问题一直是我国以及国际社会关注的热点^[1]。各个国家及国际组织纷纷制定了农产品和环境中的农药残留限制指标, 配套相关的政策、法规, 严格控制食品中农药残留^[2]。烟草是一种重要的经济作物, 为防止其生长过程中各种病虫害造成的损失, 农药的使用必不可少^[3-4]。但农药在烟叶生产中大量、广泛使用, 对烟叶农药残留管控带来了较大风险, 影响了烟叶的质量安全^[5]。如何在有效防控烟叶病虫害的前提下, 尽量降低烟叶中农药残留水平, 是烟叶生产上一直关注的重要问题。

叶面施肥可快速提供作物所需养分, 保持植物体内养分代谢平衡, 提高肥料利用效率, 达到增强作物抗逆性、改善品质、增加产量的目的^[6]。叶面肥与其他农药配合使用, 不仅省工省力, 还能增加植株营养, 在一定程度上提高植株抗性, 能够起到辅助治疗病害的作用。将施肥和施药两项独立的农业技术合二为一, 简化了农事操作程序、减轻了劳动强度, 使肥料和农药有机协同, 促进植物生长。这种“药肥合一”的模式已经在多种作物上开始使用, 起到了比较好的效果^[6-7]。叶面肥施用后, 可通

过改变作物的酶活性^[8]或改变微生物活性^[9]等，影响农药残留的降解速率^[10]。有研究表明，叶面肥能有效促进茶叶^[11]和芥蓝菜^[12]中毒死蜱以及芥蓝菜中吡虫啉和高效氯氟菊酯^[8]农药残留的降解；但有关叶面肥对烟叶中农药残留降解速率影响的研究尚未见报道。

为研究叶面肥对烟叶中农药残留降解速率的影响，本文建立了烟叶中氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍4种新型杀虫剂的高效液相色谱-串联质谱(HPLC-MS/MS)农药残留检测方法，通过试验考察研究了广西北海“喷施宝”叶面肥对烟叶上4种杀虫剂残留降解速率的作用，并对可能的影响因素进行了初步探讨。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

试验在中国农业科学院烟草研究所青岛实验基地进行，供试土壤为砂性棕壤，土壤pH值为6.40，有机质含量1.79%，中等肥力。供试烟叶品种为NC89。

喷施宝广谱型叶面肥，广西喷施宝集团股份有限公司产品(10 mL塑料软包装，主要成分为腐殖酸)；10%氟啶虫酰胺水分散粒剂，日本石原产业株式会社产品；50%氟啶虫胺胍水分散粒剂，美国陶氏益农公司产品；200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂，美国杜邦公司产品；20%氟苯虫酰胺水分散粒剂，日本农药株式会社产品。

农药标准品：氟啶虫酰胺(98%)、氟啶虫胺胍(99%)、氯虫苯甲酰胺(99%)、氟苯虫酰胺(99%)，均购自德国Dr. Ehrenstorfer公司；分析纯无水硫酸镁、氯化钠、柠檬酸钠、柠檬酸氢二钠，均购自上海国药集团化学试剂有限公司；色谱纯甲醇、甲酸、乙腈购自百灵威科技有限公司。N-丙基乙二胺(PSA)，购自天津博纳艾杰尔公司。

1.2 仪器设备

液相色谱-三重四极杆质谱联用仪HPLC-MS/MS(TSQ QUANTUM ULTRA，美国

Thermo公司)；BSA323型万分之一电子天平(瑞士赛多利斯公司)；T-25 basic ULTRA-TURRAX高速植物组织捣碎机(德国IKA公司)；HYQ-3110涡旋混匀器(美国Crystal公司)；多管涡旋混合仪(杭州奥盛仪器有限公司)；3K15高速离心机(美国Sigma公司)。

1.3 试验设计

参照农业部《农药残留试验准则》^[13]和《农药登记残留田间试验标准操作规程》^[14]，每种农药按照1.5倍推荐高剂量用药，即氟啶虫酰胺1125 g/hm²，氟啶虫胺胍292.5 g/hm²，氯虫苯甲酰胺450 mL/hm²，氟苯虫酰胺382.5 g/hm²。

烟草旺长期开始试验，设置如下处理：1. 农药与500倍叶面肥混合喷施，2. 农药与1000倍叶面肥混合喷施，3. 农药与1500倍叶面肥混合喷施；4. 喷施农药24 h后喷施500倍叶面肥，5. 喷施农药24 h后喷施1000倍叶面肥，6. 喷施农药24 h后喷施1500倍叶面肥；7. 只喷施农药，不喷施叶面肥，作为对照。每次喷施用水量均为900 L/hm²。分别于施用农药后第1、4、7、10、14、19、24 d采收不同处理区烟叶，每个处理采收上中下部位叶各10片，所有烟叶去主脉粉碎，用四分法留样不低于100 g，-20℃环境保存待测。每小区面积30 m²，重复3次，随机排列，设置小区保护带与对照小区。

1.4 残留检测

1.4.1 农药残留前处理方法 在文献基础上^[15-16]，研究优化形成了QuEChERS前处理与HPLC-MS/MS检测相结合的烟叶中氟苯虫酰胺、氟啶虫酰胺、氟啶虫胺胍及氯虫苯甲酰胺残留量测定方法。QuEChERS前处理具体操作如下：称取鲜烟叶匀浆液5.0 g于50 mL塑料离心管中，加入20 mL乙腈，于多管涡旋混合仪上振荡提取10 min，加入1 g氯化钠、0.5 g柠檬酸氢二钠、4 g无水硫酸镁和1 g柠檬酸钠的混合盐包后，立即振荡2 min，4 000 r/min离心10 min。移取1.0 mL上清液，置于盛有25 mg PSA和150 mg无水硫酸镁的1.5 mL离心管中，涡旋振荡2 min，10 000 r/min离心5 min，

吸取上清液用 0.22 μm 有机相滤膜过滤, 待测。

1.4.2 农药残留检测条件 色谱条件: 色谱柱 Thermo Hypersil GOLD C18 (3.0 μm , 2.1 \times 100 mm); 流动相为体积分数 0.1% 甲酸水溶液(A)和乙腈(B), 流速 0.25 mL/min 梯度洗脱, 洗脱程序为 0.00~0.50 min, 10%B; 1.00~6.00 min, 90%B; 8.00~10.80 min, 10% B。柱温 25 $^{\circ}\text{C}$; 进样量 10 μL 。质谱条件: 电喷雾离子源 ESI 离子源; 扫描方式为正离子源; 喷雾电压 3000 V; 毛细管温度 300 $^{\circ}\text{C}$; 鞘气压力 50 Arb; 辅助气压力 20 Arb; 检测方式为多重反应监测(MRM)。氟苯虫酰胺、氟啶虫酰胺、氟啶虫胺胍及氯虫苯甲酰胺母离子(子离子)分子量分别为: 681.108(213.913/253.915), 229.958(97.996/147.953), 277.984(103.989/154.007), 483.871(176.856/193.844)。

1.4.3 标准曲线与添加回收率 以乙腈为溶剂配制浓度为 100 mg/L 的氟苯虫酰胺、氟啶虫酰胺、氟啶虫胺胍及氯虫苯甲酰胺标准溶液。再利用空白基质(鲜烟叶样品按照 1.4.1 方法操作所得)将农药标准溶液进行逐级稀释, 配得浓度为 0.001、0.005、0.05、0.50、1.00 mg/L 的基质匹配标准溶液, 在上述仪器条件下测定。以进样浓度(mg/L)为横坐标, 相应色谱测定峰面积为纵坐标, 绘制标准曲线。分别向空白鲜烟叶样品中添加氟苯虫酰胺、氟啶虫酰胺、氟啶虫胺胍及氯虫苯甲酰胺标准溶液, 使其浓度分别为 0.04、0.40、4.00 mg/kg, 然后按照

QuEChERS 前处理方法提取、净化、检测, 每个水平重复 5 次, 测定其添加回收率。

2 结果

2.1 标准曲线、最小检出量与添加回收率

在 0.001~1.00 mg/L 范围内, 4 种农药的峰面积与质量浓度呈良好的线性关系。以 3 倍信噪比进行计算, 得出氟苯虫酰胺、氟啶虫酰胺、氟啶虫胺胍及氯虫苯甲酰胺的最低检测浓度和最小检出限(LOD)均为 1.0×10^{-11} g, 以最小添加浓度 0.04 mg/kg 作为检测方法的定量限 LOQ(表 1)。氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺、氟啶虫胺胍在 0.04、0.40、4.00 mg/kg 三个水平的添加回收率分别为: 80.30%~85.90%, 85.10%~107.00%, 65.70%~87.60%, 94.50%~102.50%, 相对标准偏差分别为: 3.70%~7.50%、2.50%~13.20%、3.30%~9.60%、1.20%~9.40%(表 2)。添加回收率均符合农药残留检测方法要求^[17]。

表 1 检测方法的线性方程、相关系数及定量限

农药	线性方程	相关系数	定量限/(mg·kg ⁻¹)
氯虫苯甲酰胺	$y=14920x+429608$	$r=0.9993$	0.04
氟啶虫酰胺	$y=27065x+351598$	$r=0.9999$	0.04
氟苯虫酰胺	$y=24536x+259046$	$r=0.9998$	0.04
氟啶虫胺胍	$y=18989x+102153$	$r=0.9999$	0.04

表 2 烟叶中不同浓度农药的添加回收率

Table 2 Average recoveries of target pesticides in tobacco leaves

添加浓度/(mg·kg ⁻¹)	氯虫苯甲酰胺		氟啶虫酰胺		氟苯虫酰胺		氟啶虫胺胍	
	平均回收率/%	RSD/%	平均回收率/%	RSD/%	平均回收率/%	RSD/%	平均回收率/%	RSD/%
0.04	85.90	6.20	107.00	13.20	65.70	4.10	102.50	9.40
0.40	83.50	7.50	94.20	4.70	81.90	9.60	90.60	8.00
4.00	80.30	3.70	85.10	2.50	87.60	3.30	94.50	1.20

2.2 药肥混合施用对烟叶中农药残留的影响

农药与 500、1000 和 1500 倍叶面肥混合使用试验结果表明(表 3), 混合施用, 氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍 4 种农药残留在烟叶上的降解半衰期分别由 10.30、9.80、10.20、6.40 d 缩短为 5.10~7.10、7.70~10.20、5.70~9.00 和 3.60~4.40 d, 对农药残留降解的促进效果分别达到

31.10%~50.50%、-4.10%~21.40%、11.80%~44.10%、31.20%~44.70%。经协方差分析, 叶面肥对不同农药残留的降解效果有差异, 对氯虫苯甲酰胺农药残留降解效果达到了显著差异水平 [$p(1000 \text{ 倍稀释液})=0.015$; $p(1500 \text{ 倍稀释液})=0.01$], 对另外 3 种农药的促进降解效果差异不显著。同一种农药, 不同稀释倍数的叶面肥对促进农药残留降解效果也有

所差异，其中以稀释 1000 倍叶面肥处理的农药降解半衰期最短，氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍残留降解半衰期，比对照缩短

50.50%、21.40%、44.10%和 43.80%。经过协方差分析，1000 倍、1500 倍叶面肥促进氯虫苯甲酰胺降解效果的差异显著，其他倍数不显著。

表 3 农药与叶面肥混合施用对烟叶中农药残留的影响

Table 3 Effects of mixing pesticides with foliar fertilizer to the pesticide residues in tobacco leaves

农药	叶面肥稀释倍数	消解方程	决定系数 R^2	半衰期/d	促进降解率/%
氯虫苯甲酰胺	500	$y=5.7374 e^{-0.097x}$	0.9484	7.10	31.07ab
	1000	$y=8.4143 e^{-0.135x}$	0.9396	5.10	50.49b
	1500	$y=7.8515 e^{-0.127x}$	0.9458	5.50	46.60b
	CK	$y=6.2765 e^{-0.067x}$	0.9541	10.30	—
氟啶虫酰胺	500	$y=1.6638 e^{-0.068x}$	0.9336	10.20	-4.08a
	1000	$y=2.2803 e^{-0.09x}$	0.8948	7.70	21.43a
	1500	$y=2.4936 e^{-0.082x}$	0.9026	8.50	13.27a
	CK	$y=4.2147 e^{-0.071x}$	0.9002	9.80	—
氟苯虫酰胺	500	$y=3.789 e^{-0.077x}$	0.8427	9.00	11.76a
	1000	$y=7.3413 e^{-0.121x}$	0.7941	5.70	44.12a
	1500	$y=9.066 e^{-0.095x}$	0.9735	7.30	28.43a
	CK	$y=8.2036 e^{-0.068x}$	0.8793	10.20	—
氟啶虫胺胍	500	$y=1.0924 e^{-0.157x}$	0.8481	4.40	31.25a
	1000	$y=1.0848 e^{-0.191x}$	0.8941	3.60	43.75a
	1500	$y=1.2731 e^{-0.185x}$	0.9884	3.70	42.19a
	CK	$y=1.3673 e^{-0.108x}$	0.7231	6.40	—

2.3 施药 24 h 后喷施叶面肥对烟叶中农药残留的影响

施用农药后再施用 500、1000 和 1500 倍叶面肥结果表明 (表 4)，氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍在烟叶上的降解半衰期分别由 10.30、9.80、10.20、6.40 d 缩短为 4.20~9.40、7.30~9.80、4.20~8.10 和 4.00~4.50 d，对农药残留降解的促进效果分别达到 8.70%~59.20%、0.00%~25.50%、20.50%~58.80%、32.80%~37.50%。

经协方差分析，叶面肥对不同农药的降解效果有差异，500 和 1000 倍叶面肥对氯虫苯甲酰胺农药残留降解效果达到了显著差异水平 [$p(500 \text{ 倍稀释液})=0.045$ ； $p(1000 \text{ 倍稀释液})=0.003$]，对另外 3 种农药的促进降解效果差异不显著。与药肥混合施用的结果类似，施用农药后 24 h 再施用叶面肥也能够加快农药残留在烟叶上的降解速率，但不同农药种类和叶面肥不同施用浓度间存在差异。稀释 1000 倍叶面肥对促进氯虫苯甲酰胺和氟啶虫酰胺降解

表 4 施药 24 h 后喷施叶面肥对烟叶中农药残留的影响

Table 4 Effects of applying foliar fertilizer after pesticide to the pesticide residues in tobacco leaves

农药	叶面肥稀释倍数	消解方程	决定系数 R^2	半衰期/d	促进降解率/%
氯虫苯甲酰胺	500	$y=3.3005 e^{-0.121x}$	0.9002	5.70	44.66b
	1000	$y=3.1471 e^{-0.164x}$	0.9582	4.20	59.22b
	1500	$y=2.9582 e^{-0.074x}$	0.8174	9.40	8.74ab
	CK	$y=6.2765 e^{-0.067x}$	0.9541	10.30	—
氟啶虫酰胺	500	$y=2.1626 e^{-0.071x}$	0.8069	9.80	0.00a
	1000	$y=3.0362 e^{-0.095x}$	0.9701	7.30	25.51a
	1500	$y=3.6048 e^{-0.09x}$	0.9678	7.70	21.43a
	CK	$y=4.2147 e^{-0.071x}$	0.9002	9.80	—
氟苯虫酰胺	500	$y=4.7345 e^{-0.086x}$	0.9063	8.10	20.59ac
	1000	$y=6.7839 e^{-0.139x}$	0.7830	5.00	50.98ab
	1500	$y=8.1186 e^{-0.164x}$	0.9068	4.20	58.82b
	CK	$y=8.2036 e^{-0.068x}$	0.8793	10.20	—
氟啶虫胺胍	500	$y=0.5792 e^{-0.174x}$	0.8941	4.00	37.50a
	1000	$y=0.5831 e^{-0.155x}$	0.8873	4.50	29.69a
	1500	$y=1.0527 e^{-0.155x}$	0.8077	4.50	29.69a
	CK	$y=1.3673 e^{-0.108x}$	0.7231	6.40	—

效果最明显,降解半衰期分别为 4.20 d 和 7.30 d,与对照相比半衰期缩短了 44.70%和 25.50%;稀释 1500 倍叶面肥对氟苯虫酰胺及稀释 500 倍叶面肥对氟啶虫胺胍的残留降解促进效果最明显,半衰期分别为 4.20 d 和 4.00 d,与对照组相比半衰期缩短了 58.80%和 37.50%。

3 讨论

田间试验结果表明,喷施宝叶面肥能够促进烟叶中氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍 4 种杀虫剂残留的降解,其降解半衰期缩短 20%以上,且经过方差分析,对氯虫苯甲酰胺的降解促进作用达到了显著水平。在叶面肥降解农药残留方面,汤鸣强等^[12]研究其对芥蓝菜中农药残留降解试验结果表明,喷施宝有机水溶肥料对芥蓝菜毒死蜱农药残留量的降解有显著的促进作用。这与本试验喷施宝在烟叶上的施用效果基本一致。分析原因,可能主要有以下方面:(1)叶面肥促进烟叶生长,显示出较好的生长稀释作用。喷施宝叶面肥是螯合的超浓缩的植物叶面肥,含有作物生长必需的氮、磷、钾、硼、锌、铜、钼等元素和腐植酸、黄腐酸等天然生理活性物质。施用叶面肥能够快速提供作物所需养分,保持植物体内养分代谢平衡,提高肥料的利用效率,促进作物生长,增加产量^[6]。作物的生长稀释作用是农药残留降解不可忽略的因素之一^[18]。喷施宝叶面肥可以为烟叶生长提供所需的生长元素及天然活性物质,促进烟叶生长,加大烟叶对农药残留的生长稀释作用,从而缩短其降解半衰期。(2)叶面肥能够增强烟叶免疫系统的功能,提高酶活性,促进农药残留降解。研究表明,作物在农药胁迫下其生理生化指标会发生显著的变化。而超氧歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶等酶类是细胞抵御活性氧伤害的重要保护酶系统。施用富含多种氨基酸的叶面肥,其中氨基酸参与植物代谢,增强植物体内酶的活性,提高作物对各种不良环境的抵抗能力,加快对农药残留的降解速率,这与汤鸣强等^[8]在芥蓝中的研究结果一致。(3)微生物降解是农药残留降解的重要途径,叶面肥能够

影响农药胁迫下微生物生长,进而影响农药残留降解。汤鸣强等^[9]的研究表明,施用叶面肥可以显著促进农药胁迫下某些细菌、真菌和放线菌等微生物的生长。

本试验的结果表明,喷施宝叶面肥对烟叶中农药残留降解因叶面肥的施用浓度与农药种类的不同而有所差异;同时农药残留在烟叶中降解与叶面肥浓度也有直接关系,1000 倍叶面肥促进农药残留降解效果最好,可以作为生产上推荐使用的最佳倍数。农药与叶面肥混施或分开施用的几个处理中,叶面肥对氯虫苯甲酰胺残留降解促进作用显著,对于其他 3 种农药,经统计学分析,有一定促进降解作用,但未达到显著水平。表明喷施宝叶面肥对烟草上农药降解速率的影响与农药种类相关。

另外,本研究结果表明,叶面肥与农药混合施用或施药后再施用叶面肥的使用方式对叶面肥促进农药残留降解速率的影响不大,以黄腐酸为主要成分的喷施宝叶面肥为弱酸性,可以与大多数中性或偏酸性农药混用,而不产生负面影响^[19],药肥混施明显可以在不增加劳动用工的前提下,起到促进农药残留降解的作用。为降低劳动成本,提高劳动效率,建议在烟草生产过程中,可采用农药和叶面肥混合施用的“药肥合一”模式。

4 结论

实验室检测与统计学分析表明,开发的烟叶中氯虫苯甲酰胺、氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍 4 种杀虫剂残留检测方法准确、快速、高效;叶面肥与农药混合施用或施药后再施用叶面肥,都能够显著促进烟叶中氯虫苯甲酰胺残留的降解,对氟啶虫酰胺、氟苯虫酰胺和氟啶虫胺胍 3 种农药残留的降解也有一定促进作用。从成本、效果等方面综合考虑,农业生产上建议喷施宝叶面肥与农药混合施用,叶面肥稀释倍数为 1000 倍。

参考文献

- [1] 宋稳成,单炜力,简秋,等.我国农药残留监管现状及推进措施[J].农产品质量与安全,2010(6):16-18.
- [2] 岳永德.农药残留分析[M].北京:中国农业出版社,

- 2007.
- [3] 周杨全, 徐金丽, 徐光军, 等. 液相色谱-串联质谱法检测吡啶磺菌胺在烟叶中的残留及消解动态[J]. 农药学报, 2015, 17(5): 585-589.
- [4] 周杨全, 徐光军, 徐金丽, 等. 烟草中溴菌腈农药残留检测方法及其消解动态[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(1): 67-71.
- [5] 杨立强, 徐光军, 闫晓阳, 等. 拟除虫菊酯类杀虫剂在烟叶烘烤过程中的消解动态与最终残留[J]. 农药学报, 2013, 15(5): 534-540.
- [6] 李修平, 朱涛, 朱丽萍. 叶面肥与农药配合喷施对冬小麦产量和产量构成的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(21): 169-172.
- [7] 邵光永, 郑伟年, 吴良欢. 植物源杀虫剂与氮磷钾混配叶面肥对小白菜施用效果研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 59-62.
- [8] 汤鸣强, 黄伙水, 姚源琼. 叶面肥喷施宝对芥蓝菜农药残留及抗氧化酶活性的效应[J]. 中国农学通报, 2014, 30(31): 308-315.
- [9] 汤鸣强, 吴凤林, 姚源琼. 喷施宝叶面肥对农药胁迫下土壤中常见微生物生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(11): 361-364.
- [10] 汤鸣强, 姚源琼. 含腐植酸喷施宝叶面肥降解土壤农药残留探讨[J]. 腐植酸, 2013(2): 27-31.
- [11] 王缉东, 汤鸣强, 连秦勇. 喷施宝水溶肥降解茶叶中毒死蜱农药残留量试验初报[J]. 中国农技推广, 2016, 32(10): 56-57.
- [12] 汤鸣强, 姚源琼, 陈木兰. 含腐植酸喷施宝有机水溶肥料对芥蓝菜农药残留降解初探[J]. 腐植酸, 2013(4): 12-14.
- [13] 中华人民共和国农业部农药检定所. NY/T 788 农药残留试验准则[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [14] 中华人民共和国农业部农药检定所. 农药登记残留田间试验标准操作规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [15] 吴岩, 姜冰, 徐义刚, 等. QuEChERS-液相色谱-串联质谱法同时测定果蔬中16种农药残留[J]. 色谱, 2014, 33(3): 228-234.
- [16] 孙星, 丁悦, 汪佳蕾, 等. QuEChERS-高效液相色谱-串联质谱法测定果蔬中多效唑残留[J]. 食品科学, 2014, 35(8): 76-79.
- [17] European Commission. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed[EB/OL]. (2013-09-19) [2017-02-21]. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_11945.pdf.
- [18] TEWARY D K, KUMAR V, RAVINDRANATH S D, et al. Dissipation behavior of bifenthrin residues in tea and its brew[J]. Food Control, 2005, 16(3): 231-237.
- [19] 华飞雯. 化肥, 农药, 植物生长调节剂如何混用[J]. 农村新技术, 2016(10): 38-39.



(上接第69页)

- [20] ZHEN L, ZOEBISCH M A, CHEN G B, et al. Sustainability of farmers' soil fertility management practices: A case study in the North China Plain[J]. Journal of environmental management, 2006, 79(6): 409-419.
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 39-114.
- [22] 刘国顺, 何永秋, 杨永锋, 等. 不同钾肥配施对烤烟质体色素和碳氮代谢及品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2013, 34(6): 49-55.
- [23] 刘国顺, 王景, 徐辰生, 等. 生物钾肥对烤烟含钾量和经济性状的影响[J]. 中国烟草科学, 2005, 26(4): 46-48.
- [24] 余垚颖, 蒋长春, 顾会战, 等. 有机无机复混钾肥钾素表观释放特征及对烤烟产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2016, 37(1): 14-19.