

◆ 残留与环境 ◆

UPLC-MS/MS检测甘蓝中甲氨基阿维菌素 苯甲酸盐和除虫脲残留和消解

吴 迟, 欧阳小庆, 才 冰, 汤从峰, 王长宾, 何明远*

(北京依科世福科技有限公司 北京 101102)

摘要:为明确甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)和除虫脲在甘蓝上的残留行为和消解动态,进行了田间试验,并建立了超高效液相色谱-串联三重四极杆质谱(UPLC-MS/MS)检测方法。结果表明,在添加水平0.001~1.00 mg/kg范围内,甲维盐在甘蓝中的平均回收率为99.1%~104%,相对标准偏差(RSD)值为3.02%~8.70%;在添加水平0.002~2.00 mg/kg范围内,除虫脲的平均回收率为97.2%~101%,RSD值为4.03%~6.96%。定量限(LOQ)值分别为0.001、0.002 mg/kg。甲维盐在甘蓝中的平均原始沉积量不大于 7.06×10^{-3} mg/kg,不符合一级动力学方程,无法拟合降解曲线。除虫脲在甘蓝中的消解动态符合一级动力学方程,其降解半衰期为2.31~6.08 d,说明该药剂属于易消解农药。

关键词:甲氨基阿维菌素苯甲酸盐;除虫脲;甘蓝;残留分析;消解动态

中图分类号:S 481.8 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2020.06.006

Determination of Emamectin Benzoate and Diflubenzuron Residue and Dissipation Dynamics in Cabbage Using UPLC-MS/MS

WU Chi, OU YANG Xiaoqing, CAI Bing, TANG Congfeng, WANG Changbin, HE Mingyuan*

(Beijing ECO-SAF Technology Co., Ltd., Beijing 101102, China)

Abstract: In order to find out the residual behavior and degradation dynamics of emamectin benzoate and diflubenzuron in cabbage, field experiments were carried out, and the detection method of emamectin benzoate and diflubenzuron in cabbage by ultra high performance liquid chromatography tandem triple quadrupole mass spectrometry (UPLC-MS/MS) was established. The results showed that the average recovery of emamectin benzoate in cabbage was 99.1%-104% and RSD was 3.02%-8.70% in the range of 0.001-1.00 mg/kg. In the range of 0.002-2.00 mg/kg, the average recovery of diflubenzuron was 97.2%-101%, RSD was 4.03%-6.96%. LOQ was 0.001 and 0.002 mg/kg, respectively. The average original deposition of emamectin benzoate in cabbage was less than 7.06×10^{-3} mg/kg, which was not in accordance with the first-order kinetic equation and could not fit the degradation curve. The degradation kinetics of diflubenzuron in cabbage were accorded with the first-order kinetic equation, and its half-life was 2.31-6.08 d, which showed that diflubenzuron was easy to digest.

Key words: emamectin benzoate; diflubenzuron; cabbage; residue analysis; dissipation dynamic

甘蓝(*Brassica oleracea* L.)又名卷心菜、洋白菜等,富含蛋白质、糖类、微量元素以及维生素等营养物质,是世界公认的保健蔬菜之一^[1]。菜青虫是危害甘蓝的一种重要害虫,幼虫取食叶肉不仅形成虫

洞,而且伤口易诱发软腐病,严重影响甘蓝的产量与品质^[2-3]。目前,对菜青虫的防治主要依赖于高毒化学农药,杨海珍等^[4]进行田间药效试验发现1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(以下简称甲维盐)乳油对

收稿日期:2020-03-12

作者简介:吴迟(1989—),男,湖南长沙人,博士,主要从事农药残留与环境毒理研究。E-mail: zhi19891715@sina.com

共同第一作者:欧阳小庆(1993—),女,湖南娄底人,硕士,主要从事农药毒理学与环境安全性评价研究。E-mail: 15580860584@163.com

通信作者:何明远(1977—),男,湖南邵阳人,博士研究生,副研究员,主要从事农药残留与环境毒理研究。E-mail: hnhmy@126.com

甘蓝菜青虫病防效好,王旭民等^[5]发现25%除虫脲可湿性粉剂对甘蓝菜青虫具有持效性,通常采用叶面直接喷雾防治菜青虫,为保证甘蓝的食用安全性,开展甲维盐和除虫脲在甘蓝中的残留和消解动态研究具有重要意义。

甲维盐的结构式见图1,其是一种超高效绿色杀虫剂,通过作用于昆虫神经元突触或神经肌肉突触,阻断神经冲动传导而使昆虫麻痹、拒食、死亡^[6]。除虫脲是苯甲酰基苯基脲类杀虫剂,具有胃毒和触杀作用^[7],其结构式见图1。除虫脲主要抑制昆虫几丁质合成酶的合成,从而抑制幼虫、卵、蛹表皮几丁质的合成,使昆虫不能正常蜕皮、化蛹、羽化和产卵,从而影响害虫的整个世代^[8]。目前甲维盐和除虫脲的残留检测方法主要包括高效液相色谱-荧光法(HPLC-FLD)^[9]、液相色谱-质谱法(LC-MS)^[10]、气相色谱法(GC)^[11]等,前处理大多采用液液萃取^[9]、固相萃取^[11]、QuEChERS^[12]法。其中QuEChERS前处理方法结合UPLC-MS/MS,灵敏度高,重复性好,已有研究报道除虫脲在荔枝^[13]、苹果^[14]、棉叶^[15]中的残留与消解,但有关除虫脲在甘蓝中的残留与消解未见报道。

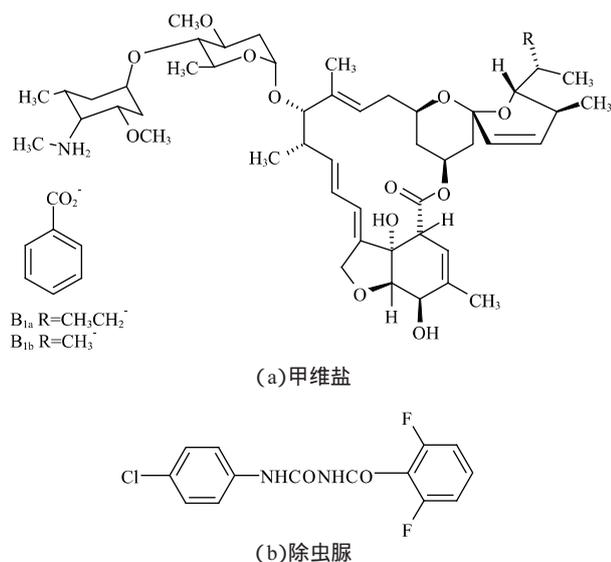


图1 甲维盐和除虫脲的结构式

目前,我国规定甲维盐在甘蓝上的最大残留量(Maximum Residue Limit, MRL)为0.1 mg/kg,除虫脲在甘蓝上的MRL值为2 mg/kg^[16]。为评价甲维盐和除虫脲在甘蓝上的残留水平及消解动态,笔者开展了甲维盐和除虫脲在甘蓝上的田间消解动态研究,并建立UPLC-MS/MS快速检测甲维盐和除虫脲在甘蓝中的残留分析方法,为这2种药剂的安全使用及安全食用甘蓝提供依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验设计

参照NY/T788—2018《农作物中农药残留试验准则》^[17]于2019年5—10月分别在湖南张家界、云南昆明、江苏句容、贵州贵阳4个试验点进行10%甲维·除虫脲悬浮剂在甘蓝中的残留消解动态试验。每个试验点设1个处理小区和1个对照小区,每小区面积不小于50 m²,小区设置在相邻区域,设置隔离行,避免污染。处理小区施药2次,于甘蓝小菜蛾低龄幼虫盛发期2次喷雾施药,施药间隔10 d,施药制剂量为750 g/hm²(3.75 g/50 m²)。末次施药2 h,1、3、7、10 d后分别采集样本,切成1~2 cm大小的碎块,混匀后,四分法缩分,取2份样本,每份样本150 g左右,分别装入可封口的样品袋中,在低于-18℃条件下保存。

1.2 仪器和试剂

Waters Xevo TQD超高压液相色谱质谱联用仪、色谱柱:ACQUITY UPLC® BEH C₁₈(2.1 mm × 50 mm, 1.7 μm),沃特世科技上海有限公司;MS105分析天平,梅特勒-托利多仪器上海有限公司;YP502N电子天平,上海菁海仪器有限公司;KQ-500DE数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;Eppendorf移液器、TG-18台式高速离心机,四川蜀科仪器有限公司;0.22 μm微孔滤膜,天津博纳艾杰尔公司;UMV-2多管旋涡混合器,北京优晟联合科技有限公司。1 mL注射器,无锡市宇寿医疗器械有限公司。

甲维盐标准品(纯度甲维盐B_{1a} 95.2%;甲维盐B_{1b} 3.1%)、除虫脲标准品(纯度99.3%),北京勤诚亦信科技开发有限公司;N-丙基乙二胺(PSA),天津博纳艾杰尔公司;乙腈、甲酸(色谱纯,分析纯),赛默飞世尔科技有限公司;氯化钠(分析纯),国药集团化学试剂有限公司;10%甲维·除虫脲悬浮剂,北京依科世福科技有限公司。

1.3 分析方法

1.3.1 检测条件

色谱条件:色谱柱为ACQUITY UPLC® BEH C₁₈(2.1 mm × 50 mm, 1.7 μm);柱温为40℃;流动相为乙腈和0.01%甲酸水溶液二元梯度洗脱,流速为0.4 mL/min,进样量为5 μL,梯度洗脱条件见表1。

质谱条件:电喷雾离子源,正离子电离模式(ESI+);毛细管电压为3.70 kV,离子源温度为150℃,去溶剂温度为500℃,去溶剂气(N₂)流量为1 000 L/Hr,锥孔反吹气(N₂)流量为0 L/Hr。采用多重反应监测(MRM),以保留时间和离子对(母离子和2个

子离子)信息比较进行定性分析,以母离子和响应值最高的子离子进行定量分析。具体质谱参数见表2。

表1 梯度洗脱条件

时间/min	流速/(mL·min ⁻¹)	V(乙腈):V(0.01%甲酸水溶液)
0.00	0.40	10:90
2.00	0.40	90:10
2.50	0.40	90:10
3.00	0.40	10:90
4.00	0.40	10:90

表2 多重反应检测(MRM)质谱参数

农药名称	保留时间/min	定性、定量离子对(m/z)	锥孔电压/eV	碰撞能量/eV
甲维盐	2.60	886.683 4>126.084 7 [*]	58	46
		886.683 4>158.150 9		40
除虫脲	2.57	311.064 0>141.054 4 [*]	24	28
		311.064 0>158.036 1		14

注:表中带*的表示定量离子对。

1.3.2 样品前处理

准确称取10.00(±0.05)g甘蓝于50 mL离心管中,加入10 mL去离子水,10 mL乙腈,混匀,超声提取15 min,然后向离心管中加入5 g NaCl,2 400 r/min涡旋2 min,再4 000 r/min离心5 min,移取上清液1.500 mL于装有50 mg PSA的离心管中,2 400 r/min涡旋2 min,10 000 r/min离心2 min,取上清液过0.22 μm微膜过滤,待测。

1.3.3 标准曲线配制及基质标准曲线绘制

用电子天平分别准确称取甲维盐标准品0.010 52 g,除虫脲标准品0.010 12 g,分别用乙腈定容至10.0 mL,配制成质量浓度为1 000 mg/L的标准储备液,用乙腈作溶剂,将标准储备液稀释成质量浓度分别为0.01、0.02、0.03、0.10、0.20、0.50、1.00、2.00、5.00 mg/L的甲维盐、除虫脲的混合标准溶液,单独配制质量浓度为20.0 mg/L的除虫脲标准溶液,现用现配。

分别采用甘蓝基质空白提取液作溶剂,将标准溶液稀释10倍,得到质量浓度分别为0.001、0.002、0.005、0.01、0.02、0.05、0.10、0.20、0.50 mg/L的甲维盐、除虫脲混合基质标准溶液及2.00 mg/L的除虫脲基质标准溶液,现配现用。按1.3.1条件进行检测,分别以甲维盐和除虫脲的质量浓度为横坐标、相应的峰面积为纵坐标作图,绘制标准曲线。

1.3.4 添加回收试验

在空白甘蓝中添加3个水平浓度甲维盐、除虫脲标准溶液,甲维盐添加水平分别为0.001、0.10、1.00 mg/kg,除虫脲添加水平分别为0.002、0.20、

2.00 mg/kg,每个水平重复5次。甲维盐添加水平为1.00 mg/kg的提取液及除虫脲添加水平为2.00mg/kg的提取液经甘蓝空白基质溶液10倍稀释后进样检测。按1.3.1条件进行检测,计算添加回收率及相对标准偏差(RSD)。

1.3.5 数据处理

甲维盐和除虫脲在甘蓝中的残留量随时间变化,可用一级动力学方程式(1)表示。

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (1)$$

式中: C_t 为时间 t 时的农药残留量,mg/kg; C_0 为施药后的原始沉积量,mg/kg; k 为消解系数; t 为施药后时间,d。

通过式(1)得到消解系数 k ,再通过式(2)即可计算消解半衰期 $T_{1/2}$ 。

$$T_{1/2} = \ln 2 / k \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 检测条件优化

为了获得甲维盐、除虫脲多反应监测参数,采用在质谱直接进标准品(100 μg/L)的方式,在100~500 m/z范围内扫描,对正离子电离(ESI+)和负离子电离(ESI-)同时进行监测。结果表明,在ESI+模式下,甲维盐和除虫脲具有明显的特征离子峰[M+H]。再调整合适的锥孔电压选定母离子,调节碰撞能量,进一步获得定量和定性离子及相应的碰撞能量,最终优化条件如1.3.1所述。进一步优化色谱条件,最终采用乙腈+0.01%甲酸水溶液体系为流动相,在所设梯度洗脱条件下得到较好的灵敏度、重现性及峰形(图2)。

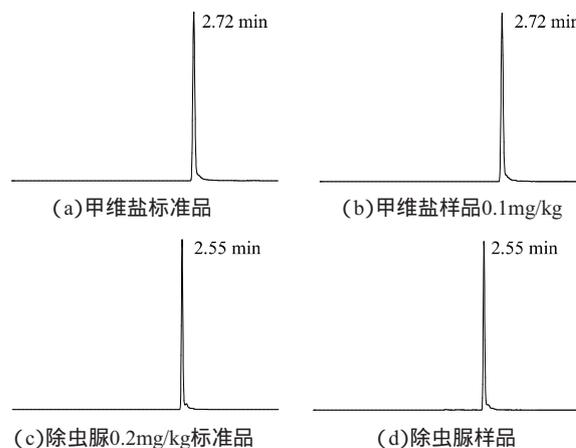


图2 甲维盐和除虫脲标准品色谱图

2.2 方法的线性范围、准确度和精密度

基质匹配外标法定量分析在0.001~2 mg/L的质量浓度范围内,甲维盐和除虫脲的峰面积(y)与其质量浓度(x)呈现良好的线性关系。其回归方程分别

是 $y=2\ 133\ 344.295\ 2x+5\ 143.362\ 9$ $r=0.999\ 8$ (甲维盐) $y=124\ 538.882\ 2x+2\ 240.770\ 8$ $r=0.998\ 6$ (除虫脲)。在0.001、0.10和1.00 mg/kg添加水平下,甲维盐在甘蓝中的平均回收率在99.1%~105%,RSD值为3.02%~8.70%;在0.002、0.20和2.00 mg/kg添加水平下,除虫脲在甘蓝中的平均回收率在97.2%~101%,RSD值为4.03%~6.96%(表3)。甲维盐和除虫脲的LOQ值分别为0.001、0.002 mg/kg,该方法的回收率、准确度、精密性、灵敏度均满足NY/T 788—2018《农作物中农药残留试验准则》^[17]的检测要求(回收率在70%~120%,RSD值不大于20%)。

表3 甲维盐和除虫脲在甘蓝中的添加回收率及RSD值($n=5$)

农药名称	添加水平/(mg·kg ⁻¹)	平均回收率/%	RSD值/%
甲维盐	0.001	99.1	8.70
	0.10	105	3.43
	1.00	104	3.02
除虫脲	0.002	98.4	4.96
	0.20	101	6.96
	2.00	97.2	4.03

2.3 甲维盐、除虫脲在甘蓝中的消解动态

在4个消解试验点中甲维盐在甘蓝中的平均原始沉积量不大于 7.06×10^{-3} mg/kg,不符合一级动力学方程,无法拟合降解曲线。湖南张家界试验点中除虫脲在甘蓝中的平均原始沉积量为0.122 mg/kg,检测数据不符合一级动力学方程,无法拟合降解曲线。云南、江苏、贵州3个试验地区除虫脲在甘蓝中的消解动态均符合一级动力学方程回归曲线 $C_t=C_0e^{-kt}$ (表4),其消解动态见图3。除虫脲在云南、江苏、贵州3个试验地区甘蓝中的消解半衰期分别为2.31、6.08、2.51 d;可见,除虫脲在云南和贵州消解较快,在江苏消解较慢。

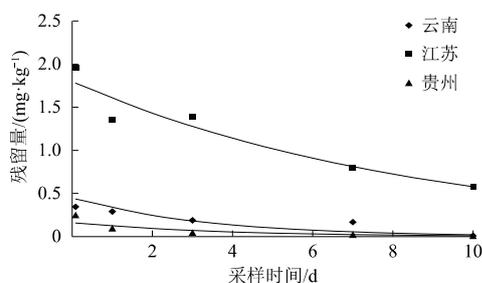


图3 除虫脲在不同地区的消解动态

表4 除虫脲在甘蓝中消解动态

地点	消解方程	相关系数	半衰期/d
云南	$C_t=0.448\ 1e^{-0.300t}$	-0.875 2	2.31
江苏	$C_t=1.796\ 6e^{-0.114t}$	-0.976 5	6.08
贵州	$C_t=0.161\ 2e^{-0.276t}$	-0.960 6	2.51

3 结论与讨论

本研究建立了UPLC-MS/MS测定甘蓝中甲维盐和除虫脲的残留分析方法。在0.01~2 mg/L范围内,甲维盐和除虫脲的浓度与色谱峰面积均呈现良好的线性关系;在0.001、0.10和1.00 mg/kg添加水平下,甲维盐在甘蓝中的平均回收率在99.1%~105%,RSD值为3.02%~8.70%;在0.002、0.20和2.00 mg/kg添加水平下,除虫脲在甘蓝中的平均回收率在97.2%~101%,RSD值为4.03%~6.96%。甲维盐和除虫脲的LOQ值分别为0.001、0.002 mg/kg。与Du等^[10]建立的HPLC-MS/MS测定甲维盐的方法以及徐娟等^[17]建立的HPLC-MS/MS测定除虫脲的方法相比,本研究的定量限更低,灵敏度更高,且该方法快速简便,准确可靠。

据文献^[18]报道,除虫脲在萝卜上的消解半衰期为5.87~5.92 d,在荔枝上的消解半衰期为3.5~4.9 d^[13],在棉叶中的消解半衰期为5.0~8.6 d^[15],在土壤中的消解半衰期为3.8~14 d^[15]。本研究中除虫脲在甘蓝上的消解半衰期为2.31~6.08 d。除虫脲在不同作物的消解半衰期差异不大,属于易消解农药。甲维盐在水稻植株、水样和土壤中的消解半衰期分别为1.52~1.61、1.93~2.04和2.01~2.14 d^[20];在黄瓜中的消解半衰期为0.1~0.6 d^[21];在烟叶中的消解半衰期为2.13 d^[22]。甲维盐在不同的基质中消解半衰期均较短,易降解,在本研究中各试验点甲维盐在甘蓝上的原始沉积量不大于 7.06×10^{-3} mg/kg。除施药剂量低的原因外,可能还存在消解较快的因素。本研究提供了甲维盐和除虫脲在甘蓝上的残留分析方法以及除虫脲在甘蓝上的消解动态数据,为甲维盐和除虫脲在甘蓝上的安全使用提供数据支持。

参考文献

- [1] 俞晓琴. 甘蓝营养价值及春季栽培技术[J]. 上海蔬菜, 2011(5): 27-28.
- [2] 邓放. 氟虫苯甲酰胺对菜青虫田间种群控制效果及作用机理[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [3] 毛润锋, 吴崇义, 何强强. 结球甘蓝菜青虫防治田间药效试验[J]. 农业科技与信息, 2019(19): 5-6.
- [4] 杨海珍, 樊荣贤, 李强, 等. 1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油防治甘蓝菜青虫、小菜蛾药效试验[J]. 农药, 2001, 40(8): 28.
- [5] 王旭民. 几种生物农药防治菜青虫试验研究[J]. 农业科技与信息, 2019(17): 26-27.
- [6] 王广成, 张忠明, 高立明, 等. 阿维菌素的作用机理及其应用现状

- [J]. 植物医生, 2006, 19(1): 4-5.
- [7] GROSSCURT A C. Diflubenzuron: some aspects of its ovicidal and larvicidal mode of action and an evaluation of its practical possibilities[J]. Pest Management Science, 2010, 9(5): 373-386.
- [8] 焦俊超, 张少飞, 张文树. 50%除虫脲·高效氯氟氰菊酯悬浮剂研制[J]. 今日农药, 2017(6): 12-15.
- [9] MALHAT F, FAYZ E S, LOUTFY N M, et al. Residues and dissipation of the pesticide emamectin benzoate under Egyptian field condition: a case study[J]. Toxicological and Environmental Chemistry, 2013, 95(7): 1099-1107.
- [10] DU P, LIU X, GU X, et al. Rapid residue analysis of pyriproxyfen, avermectins and diflubenzuron in mushrooms by ultra-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry[J]. Analytical Methods, 2013, 5(23): 6741.
- [11] MENSAH J K, LUNDANES E, GREIBROKK T, et al. Determination of diflubenzuron in apples by gas chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 1997, 765(1): 85-90.
- [12] BIAN Y L, WANG B N, LIU F M, et al. Residue behaviour and dietary risk assessment of emamectin benzoate in mango under field condition using modified QuEChERS method combined with HPLC-MS/MS[J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2020, 100(3): 1-13.
- [13] 刘刚. 除虫脲在荔枝上残留及消解动态基本明确[J]. 农药市场信息, 2017(2): 55.
- [14] 高晓辉, 李本昌, 龚勇, 等. 除虫脲在苹果及土壤中的残留及消解动态的研究[J]. 农药科学与管理, 1989(1): 7-8.
- [15] 吴绪金, 马婧玮, 刘丹黎, 等. 除虫脲在棉叶和土壤中消解动态分析及棉子中残留量膳食摄入评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(3): 790-795.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 中华人民共和国农业部. GB 2763-2016食品安全国家标准食品中农药最大残留限量[S]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [17] 徐娟, 陈捷, 叶弘毅, 等. QuEChERS提取与高效液相色谱-电喷雾电离串联质谱联用法检测茶叶中的19种农药残留[J]. 分析测试学报, 2011, 30(9): 990-995.
- [18] 王丹丹, 陈娇娇, 陈冷竹, 等. 萝卜中除虫脲的消解动态及慢性摄入风险评估[J]. 农药, 2018, 57(6): 431-434.
- [19] 张侃侃, 胡德禹, 张钰萍, 等. 氨基阿维菌素苯甲酸盐在水稻环境中的残留及消解动态[J]. 农药学报, 2010, 12(2): 190-194.
- [20] 王小丽, 王素利, 陈振山, 等. 黄瓜及其栽培土壤中氨基阿维菌素苯甲酸盐的残留动态研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(增刊1): 307-310.
- [21] 邱雪柏, 陈兴江, 向章敏, 等. 烟叶中氨基阿维菌素苯甲酸盐的消解动态[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2013, 39(4): 401-403.

(责任编辑:徐娟)

(上接第 10 页)

- [J]. 世界农药, 2009, 31(增刊1): 46-49.
- [56] 裴晖, 欧晓明, 王永江, 等. 新化合物HNPC-A3066的杀螨活性及田间防治效果研究[J]. 农药学报, 2009, 11(2): 208-212.
- [57] 董德臻, 邢家华, 付群梅, 等. 新化合物ZJ2211对朱砂叶螨室内生物活性[J]. 现代农药, 2009, 8(1): 12-14.
- [58] 张弘, 刘长令, 罗艳梅, 等. 取代噻啉醚甲氧基丙烯酸酯类杀螨剂的发现与杀螨活性[C]//中化化工科学技术研究院. 全国新农药创制学术交流会议论文集. 杭州: 中化化工科学技术研究院, 2009: 252-257.
- [59] 刘少武, 宋玉泉, 柴宝山, 等. 高活性化合物SYP-10913杀螨活性研究[C]//中国化工学会农药专业委员会. 中国化工学会农药专业委员会第十四届年会论文. 沈阳: 中国化工学会农药专业委员会, 2010: 364-369.
- [60] 柴宝山, 刘长令, 刘少武, 等. 噻啉醚的创制与合成研究[C]//中国工程院. 中国工程院化工、冶金与材料工程学部第九届学术会议论文集. 徐州: 中国工程院, 2012: 151-159.
- [61] 乔桂双. 五种Strobilurin类杀菌剂对黄瓜霜霉病菌生物活性及其抗性风险[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [62] 张晓柯. 灰葡萄孢菌(*Botrytis cinerea*)对两种呼吸抑制剂烯肟菌胺和氟吡菌酰胺的抗性风险评估[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [63] 武东霞. 灰葡萄孢菌(*Botrytis cinerea*)对苯噻菌酯和咯菌腈的抗性风险研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [64] Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). Introduction and General Information of QoI Working Group [EB/OL]. [2019-07-01]. <http://www.frac.info/working-group/qol-fungicides/introduction-and-general-information>.

(责任编辑:徐娟)

中国农业科学院在海洋天然产物除草剂和杀菌剂的研究应用方面取得进展

近日, 中国农业科学院烟草研究所滩涂生物资源保护利用创新团队发现了海洋天然产物除草剂和杀菌剂的先导化合物, 为绿色生物农药的研究开发提供了重要的理论和物质基础。相关研究成果相继在线发表在《农业与食品化学》、《微生物学前沿》、《海洋科学前沿》和《中国农业科学》上。

(陈逸雨译自《AGROW》)