

华乃震. 绿色环保生物杀虫剂多杀霉素和乙基多杀菌素的述评[J]. 农药, 2015, 54(1): 1-5.

绿色环保生物杀虫剂多杀霉素和乙基多杀菌素的述评

华乃震

(深圳诺普信农化股份有限公司 广东 深圳 518102)

摘要 多杀霉素是一种属于天然降解的生物杀虫剂,不仅具备了生物农药的安全性,而且还有化学农药的快速杀虫效果。论述多杀霉素以及乙基多杀菌素的研究进展、作用机理、作用特点、剂型产品和应用效果。指出使用它们不会污染农产品,特别适合于无公害食品上使用。

关键词 多杀霉素;乙基多杀菌素;悬浮剂;降解性

中图分类号 :TQ450 **文献标志码** :A **文章编号** :1006-0413(2015)01-0001-05

A Review of Green Biological Insecticide Spinosad and Spinetoram

HUA Nai-zhen

(Shenzhen Noposion Pesticides Stock Co., Ltd., Shenzhen 518102, Guangdong, China)

Abstract: Spinosad belongs to natural degradation biological pesticide, which not only have the safety of biological pesticide, but also have the fast insecticidal effect like chemical pesticide. The research progress, mechanism of action, characteristic, formulations and application effect of spinosad and spinetoram were reviewed. In addition, the application of spinosad and spinetoram will not contaminate agricultural products, which is suitable for pollution-free food.

Key words: spinosad; spinetoram; SC; degradability

多杀霉素(spinosad)是一种属于天然降解的绿色环保生物杀虫剂,在环境中通过光解和微生物等多种途径降解,最终变成碳、氢、氧、氮等自然成分,因而使用它不会污染农产品。中国和美国农业部规定它使用的安全间隔期只有1 d,特别适合于无公害食品上使用。

陶氏农科公司在我国登记的多杀霉素剂型产品为2.5%菜喜SC(Success)和48%催杀SC(Conserve)。生物杀虫剂多杀霉素产品的使用与一般使用的杀虫剂相比,具有杀虫谱广、活性高、有选择性、易降解、对非靶标生物毒性低、对人和哺乳动物安全、产生抗性的风险低等优点;不仅具备了生物农药的安全性,而且还具有化学农药的快速杀虫效果。多杀霉素专利期已过,作为一种高效安全的生物杀虫剂,可以广泛用于国内的农林害虫、仓储害虫、卫生害虫和牲畜寄生虫等的防治,加快开发多杀霉素生物杀虫剂,无疑将在国内有巨大的市场和广阔的前景。

1 多杀霉素进展和市场

多杀霉素是陶氏农科公司于1995年开发并产业化的一类大环内酯化合物生物杀虫剂,是由放线菌多刺糖多孢菌经有氧发酵生成的次级代谢产物。陶氏化学公司

开发该产品,从发现、确定生物活性到早期开发的整个过程大约经历12年时间;从1990年开始,在全球范围内广泛开展了多杀霉素的各项试验。试验证明多杀霉素能有效地控制鳞翅目、双翅目和缨翅目害虫,另外它还可以很好地防治鞘翅目和直翅目中某些大量吞食叶片的害虫种类^[1-2]。例如在一些多杀霉素产品标签上标明的用以防治的害虫对象有玉米螟、谷实夜蛾、斜纹夜蛾、小菜蛾、甜菜夜蛾、棉铃虫。

多杀霉素具有高杀虫活性的同时,对捕食性昆虫还表现出较低毒性;对鳞翅目害虫而言,多杀霉素是已发现的杀虫剂中选择性最高的化合物之一。较之传统的氯氰菊酯,多杀霉素对一些重要的有益昆虫都显示出较低的杀虫活性,而在防治鳞翅目害虫时,多杀霉素和氯氰菊酯两者的活性强度通常不相上下^[1-2]。

陶氏农科公司最先推出的多杀霉素商业化的品种有Tracer(用于棉花,菜喜用于蔬菜和水果)、催杀和Spintor等,在我国登记使用的是用于蔬菜的菜喜。1999年多杀霉素已经在24个国家、100多种作物上进行了注册登记;2005年多杀霉素在英国允许用于大葱、青花菜、苹果和梨;在美国允许用于防治粮食和种子的贮藏害虫,以及发展用于防治家禽屋舍苍蝇。2007年多杀霉素已经在全

收稿日期 2014-11-13

作者简介 华乃震(1939—),男,高级工程师,主要从事农药新剂型和助剂的研究和开发。E-mail: nzhua88@163.com。

球76个国家的200多种作物上登记和销售^[3],在美国多杀霉素产品标签上标明可用于100多种作物上防治各种害虫。

多杀霉素2009年12月17日专利到期^[4],1995年上市后,全球销售额逐年呈平稳增长之势,2003年为1.35亿美元、2005年1.50亿美元、2007年2.05亿美元、2009年2.15亿美元^[5]、2010年2.20亿美元^[6]、2011年2.65亿美元;目前该品种在全世界范围内为广大种植者和用户所喜爱,具有广阔的市场和非常好的前景。

2 作用机理和特点

2.1 作用机理

多杀霉素的作用机理非常新颖和独特,它并不作用于乙酰胆碱酯酶(AChE Na^+ 通道),因此有别于传统的有机磷和拟除虫菊酯类杀虫剂的机理。多杀霉素能够作用于烟碱型乙酰胆碱受体(nAChR),虽然吡虫啉等烟碱类杀虫剂也作用于nAChR,但多杀霉素的作用位点,并非是吡虫啉在nAChR上的作用位点,两者是有差别的。它还能够作用于 γ -氨基丁酸(GABA)受体,但同样发现多杀霉素在GABA受体上的作用位点与已知的阿维菌素在GABA受体上的作用位点是不同的^[7]。

多杀霉素的这种新颖和独特作用机理,能引起昆虫神经系统兴奋;导致不由自主的肌肉收缩、颤抖衰竭,最后瘫痪。实验证明它对昆虫具有快速触杀和摄食毒性,如此的作用方式可谓独一无二;迄今为止,尚未发现某类杀虫剂产品能以相同的作用方式影响昆虫的神经系统,因而它的使用对已有的杀虫剂产生交互抗性的风险很小。

2.2 特点

2.2.1 多杀霉素杀虫谱广、活性高

多杀霉素可以用在农林害虫(小菜蛾、菜青虫、棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、烟芽夜蛾、烟青虫、黏虫和尺蠖等)、仓储害虫(谷螟、谷盗、米象、烟草粉蛾等)、卫生害虫(各类蚊、蝇、蟑螂等)和牲畜寄生虫(蛆、蝇等)领域的防治。其杀虫速度可与化学农药相媲美,对叶片有较强的渗透作用,可杀死表皮下的害虫,残效期较长,对一些害虫具有一定的杀卵作用,但无内吸作用。

2.2.2 多杀霉素具有很高的毒性选择性

多杀霉素对哺乳动物和鸟类的毒性极低,对水生动物也只有轻微的毒性;对哺乳动物的慢性毒理试验表明:多杀霉素无致畸、致癌、致突变作用。农药的这种毒性选择性是用脊椎动物选择性比率(VSR)来评价,VSR=(哺乳动物 LD_{50} 值)/(昆虫 LD_{50} 值),VSR值越高则越安全。计算表明,多杀霉素的安全性是阿维菌素的300~400倍、

甲氨基阿维菌素的5倍、氯菊酯的3 000倍、氰戊菊酯的1 000倍、高效氯氟氰菊酯的60倍^[7]。

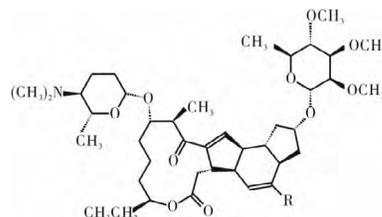
2.2.3 良好的降解性

多杀霉素在环境中通过多种途径方式进行降解,主要是光解和微生物降解,最终变成碳、氢、氧、氮等自然成分;由土壤光解作用的多杀霉素半衰期 D_{50} 为9~10 d,而水光解作用的 D_{50} 则小于1 d,叶面光解作用的 D_{50} 是1.6~6 d,无光照条件下经有氧土壤代谢的半衰期 D_{50} 为9~17 d。此外,多杀霉素的淋溶性非常小,一般不会对地下水形成威胁。

3 多杀霉素理化性质和剂型产品

3.1 多杀霉素理化性质

多杀霉素结构式如下:



在天然多杀霉素分离提取物中,2个最高活性组分 spinosad A和 spinosad D的混合物被称为多杀霉素(spinosad),它是商品化产品的主要成分,而很少量的其他组分中的Aglycon和pseudoaglycon是没有活性的^[8]。多杀霉素是由98%的spinosad A组分和spinosad D组分的混合物组成的,其表现比例分别为85%和15%^[9-10]。

纯的多杀霉素原药外观为白色至浅灰白色的结晶,稍带有一种类似于轻微陈腐泥土气味。多杀霉素在空气中不易挥发,属于非挥发性物质,spinosad A熔点为84~99.5 °C,spinosad D熔点为161.5~170 °C;密度0.512 g/cm³(20 °C),它不溶于水,易溶于甲醇、乙醇、乙腈、丙酮、二甲基甲酰胺和二甲基亚砷等有机溶剂,在纯水中溶解度分别为29(pH值5.0)、0.332(pH值7.0)、0.053 mg/L(pH值9.0)^[9]。在水溶液中pH值7.74,对金属和金属离子在28 d内相对稳定,商品化产品的保质期为3年。

目前国内利用微生物发酵生产多杀霉素也进行了开发和研究,例如陈继红等^[11]对多杀霉素的航天育种进行研究,使多杀霉素的产量提高了288%,代鹏等^[12]通过紫外线氮离子注入等方法进行育种,多杀霉素产量提高了171%;车可舒等^[13]通过传统育种方法也使多杀霉素产量提高了35%。朱明军等^[14]对多杀霉素发酵工艺进行优化,并对其毒性进行研究,结果表明多杀霉素最终质量浓度达到117.83 mg/L,较优化前发酵培养条件下所得质量浓度89.57 mg/L提高了31.6%。毒性实验表明发酵液对

斜纹夜蛾幼虫毒杀效果显著,100 mg/L多杀霉素发酵液作用于斜纹夜蛾48 h的致死率为90%。

3.2 多杀霉素剂型产品

陶氏农科公司加工的多杀霉素剂型产品主要以悬浮剂形式出售,产品有25 g/L菜喜SC和480 g/L催杀SC。

发现多杀霉素的固体形态对其加工为悬浮剂产品的活性发挥有影响。当多杀霉素化合物的固体形态为晶体时,其相应制得悬浮剂的光半衰期比由玻璃态固体泡沫所制得的悬浮剂的光半衰期要长很多。例如,多杀霉素A+多杀霉素D(质量比85:15),由晶体制得的悬浮剂其光半衰期是比由玻璃态固体泡沫制得的悬浮剂光半衰期大8倍以上。因此在田间使用由晶体所制得的悬浮剂产品是提高多杀霉素类化合物生物活性最好的一种方法。但是,并非所有的多杀霉素化合物都能够结晶的,例如Spinosayn k只能形成一种胶状物;而其他合成的类似物可以在真空条件下,除去溶剂得到形成玻璃态的固体泡沫,而且很容易获得悬浮剂配方,但其光稳定性比由晶体制得的悬浮剂配方要差很多^[15]。

陶氏农科公司在国内登记的多杀霉素单剂产品有25 g/L菜喜SC(小菜蛾、茄子蓟马)、480 g/L催杀SC(棉铃虫)、0.02%饵剂(橘小实蝇)和复配混剂产品525 g/L多杀·毒死蜱(25+500)乳油。

国内企业登记的单剂产品有5%多杀霉素SC(石家庄三农)、10%多杀霉素SC(北京华戎)、0.015%饵剂(珠海瑞农)和复配混剂产品有2.4%多杀·高氯氟(0.4+2)EW(深圳诺普信)、5%阿维·多杀(2+3)EC(北京华戎)、2.5%多杀·高氯氟(0.5+2)EC(江苏三迪)。

除此之外,国内陈蔚燕等^[16]为了更好地开拓其使用方式和应用范围,以及发挥其黏着性好、滞留时间长、耐雨水冲刷、提高有效成分的利用率,开发研制12%多杀霉素油悬浮剂(实为OD)。确定的优化配方为多杀霉素12%(折百)、改性土8%、农乳600# 6%、酚醚磷酸酯盐TXPK 5%、木质素磺酸钠1.5%和油酸甲酯67.5%。该产品通过热贮稳定性测定,其各项指标均符合油悬浮剂标准。经过对该产品进行了室内生物测试,结果表明,对小菜蛾具有较好的杀虫效果。在用量1 mg/L时的防效达96.1%,分别优于对照药剂15%氯虫苯甲酰胺油悬浮剂(实为OD)的防效92.3%、15%氯虫·甲维盐(12+3)悬浮剂的防效82.6%和15%氯虫苯甲酰胺悬浮剂的防效80.7%。

4 应用效果

多杀霉素在防治害虫有很好的效果,以下举一些实例。

1)薛元海等^[17]用多杀霉素药剂在防治稻纵卷叶螟试验中,使用药剂为2.5%菜喜SC(900 mL/hm²)和对照药剂

18%杀虫双AS(3 750 mL/hm²)。结果表明,5 d后多杀霉素防效略高于对照药剂,分别为87.3%和81.2%,束叶防效分别为95.7%和92.6%。防治稻飞虱试验结果表明,2.5%菜喜SC(300 mL/hm²)和10%吡虫啉WP(300 mL/hm²),7 d后防效分别为92.5%和92.8%,两者基本相当,20 d后防效分别为100%和95.4%,多杀霉素防效略高于对照药剂,说明其持效性长。

2)刘伟等^[18]用多杀霉素与甲维盐药剂对小菜蛾的室内生物活性研究结果表明,药后48 h,甲维盐的触杀活性和胃毒活性均要好于多杀霉素,此外,2种药剂的胃毒活性均好于触杀活性。田间药效试验结果表明,2.5%多杀霉素悬浮剂对小菜蛾幼虫表现出优良的防治效果。在小菜蛾发生期,以15.00~19.99 g a.i./hm²对水均匀喷雾,施药后7 d的防治效果达到90%以上;而用对照药剂2%甲维盐乳油,使用常规剂量喷雾,最高防治效果只能达85%以上,逊于2.5%多杀霉素悬浮剂效果。

3)肖汉祥等^[19]用多杀霉素在室内采用浸叶法,测定对稻纵卷叶螟幼虫的活性。结果表明,90.0%多杀霉素原药(陶氏农科公司)对稻纵卷叶螟3龄幼虫具有较高的杀虫活性,LC₅₀=0.066 8 mg/L。田间试验结果表明,2.5%多杀霉素悬浮剂(陶氏农科公司)用量在800、1 200、1 600 mL/hm²,对稻纵卷叶螟高龄幼虫有较好的防效,药后1 d的杀虫效果为65.51%~86.80%;药后5 d的杀虫效果为76.26%~89.47%。2.5%多杀霉素悬浮剂处理量1 200 mL/hm²,药后1 d的杀虫效果为80.41%,高于对照药剂15%茚虫威悬浮剂(120 mL/hm²)、45%毒死蜱乳油(3 000 mL/hm²)和31%氟腈·三唑磷乳油(1 050 mL/hm²)的防效,分别为59.86%、75.47%和63.50%。

药后5 d的杀虫效果为85.19%,与对照药剂15%茚虫威悬浮剂(120 mL/hm²)防效相当(85.64%),高于对照药剂45%毒死蜱乳油(3 000 mL/hm²)和31%氟腈·三唑磷乳油(1 050 mL/hm²)的防效,分别为79.57%和79.47%。在试验条件下,对水稻安全,对天敌影响小。

4)崔文清等^[20]用6种药剂对黄瓜蓟马防治试验,结果表明,50 g/L多杀霉素悬浮剂(陶氏农科公司)600、900、1 200 mL/hm²用量,药后1 d防效分别为81.24%、83.94%、84.76%;稍低于25%吡虫啉悬浮剂180 mL/hm²用量的防效88.52%,稍优于1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油1 200 mL/hm²用量的防效81.42%。药后7 d防效分别为76.80%、79.21%、88.27%;优于1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油1 200 mL/hm²用量的防效70.01%和25%吡虫啉悬浮剂180 mL/hm²用量的防效71.65%。药后14 d防效分别为34.84%、37.29%、47.73%;优于1%甲氨基阿维菌

素苯甲酸盐乳油1 200 mL/hm²用量的防效33.52%和25%吡虫啉悬浮剂180 mL/hm²用量的防效28.51%。

5 多杀霉素的抗性

具有新颖作用机制的多杀霉素类杀虫剂有利于在害虫抗性治理目标上使用,但是当滥用和误用包括多杀霉素在内的任何新的杀虫剂产品,都将使它们不可避免地导致产生抗性的发展。多杀霉素在其引入市场几年后,就有文献报道在实验室和田间出现抗性昆虫。大量多杀霉素抗性案例都记录在美国密西根州节肢动物农药抗性数据库中,观察这些数据信息,得到的结论是多杀霉素的抗性发展速度稍高于有机磷类的毒死蜱和丙溴磷,但远远低于拟除虫菊酯类的苜氯菊酯和溴氰菊酯,与最近发展的阿维菌素和吡虫啉十分接近^[21]。

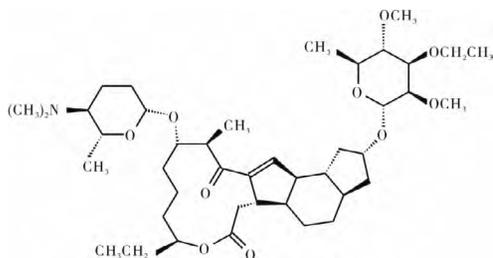
利用最近美国农业数据服务(NNSS)提供的杀虫剂使用数据,有人统计了被调研过的34个州的数据。多杀霉素在19种作物上使用面积33.24万hm²;吡虫啉在18种作物上使用面积18.99万hm²,阿维菌素在8种作物上使用面积6.24万hm²。更多数据来自加利福尼亚,2005—2009年平均每年多杀霉素的使用面积35.02万hm²;阿维菌素的使用面485.10万hm²。2种数据都表明多杀霉素被广泛使用,而且使用程度至少和阿维菌素和吡虫啉相当。更重要的是,在田间多杀霉素高度抗性的发展仅限于几种昆虫;所以多杀霉素和乙基多杀菌素仍是十分有效控制害虫的主要手段,用户应当与其他作业机制的杀虫剂轮换使用,对于降低抗性是有利的。

6 乙基多杀菌素

乙基多杀菌素(spinetoram)也是2个组分的混合物,都是半合成的多杀霉素衍生物,2007年上市。在第1代spinosyns杀虫剂多杀霉素(spinosad)1999年赢得“美国总统绿色化学挑战奖”后,在2008年乙基多杀菌素又再次捧回这一奖项。它是在多杀霉素结构中的鼠李糖基3-位,由天然的甲基醚转变为乙基醚的结果,仅仅是多增加了一个亚甲基的产物,使其活性就提高了10倍^[2]。

6.1 理化性质及剂型

乙基多杀菌素的结构式如下:



乙基多杀菌素原药的有效成分是占主要的乙基多杀菌素-J(75.5%)和乙基多杀菌素-L(20.7%)的混合物(比值为3:1),它们的生物活性之间并无显著差异。

乙基多杀菌素-J(22.5 °C)外观为白色粉末,乙基多杀菌素-L(22.9 °C)外观为白色至黄色晶体,带苦杏仁味。熔点:乙基多杀菌素-J为143.4 °C,乙基多杀菌素-L为70.8 °C。相对密度:乙基多杀菌素-J为1.495(20 °C),乙基多杀菌素-L为1.181(20 °C)。水中溶解度:乙基多杀菌素-J为10.0 mg/L,乙基多杀菌素-L为31.9 mg/L;有机溶剂中溶解度(g/L):甲醇、丙酮、乙酸乙酯、1,2-二氯乙烷、二甲苯>250, n-辛醇132,庚烷61。

乙基多杀菌素首先于2007年在新西兰以商品名 Delegate WG(25%乙基多杀菌素)获得登记。同年稍后,在美国也登记了2个制剂,商品名分别为 Delegate WG和 Radiant SC(120 g/L乙基多杀菌素),以后相继在许多国家,如加拿大、墨西哥、南非和马来西亚等获得登记。Delegate WG登记用于核果、梨果、坚果、浆果、柑橘和葡萄;Radiant SC主要用于蔬菜和大田作物^[3]。

6.2 作用特点

乙基多杀菌素比多杀霉素有更广泛的杀虫谱,乙基多杀菌素不但具有多杀霉素防治害虫的一切功能,而且当使用多杀霉素在防治水果和坚果等作物害虫上并无显著效果时,使用乙基多杀菌素发现确有极好的效果。乙基多杀菌素在果树上的这种突出表现,可以用来防治高价值水果、蔬菜、坚果和葡萄上的重要害虫,尤其对苹果蠹蛾等难防治害虫特别有效。

乙基多杀菌素对靶标作物的绝大多数主要益虫没有影响,它比目前市场上所用的杀虫剂用量更低便能起到防治效果,而且在环境中的滞留时间比目前使用的老的杀虫剂更短,使其具有优异的环境特性,将会给它带来一个新的市场。乙基多杀菌素的销售将是对多杀霉素的一种补充,而不是替代。

6.3 应用

2011年商品名艾绿士(60 g/L乙基多杀菌素 SC)在中国与全球同步上市,在我国登记用于茄子防治蓟马、甘蓝防治甜菜夜蛾和小菜蛾、水稻防治稻纵卷叶螟。

应用例1 2001年4—8月,在江苏新沂邳州铜山丰县等地分别用该药防治水稻稻纵卷叶螟、小菜蛾、甜菜夜蛾、菜青虫和蓟马等田间试验,均取得较好效果^[22]。综合各地试验结果表明:

1) 亩用艾绿士(60 g/L乙基多杀菌素 SC)30 mL,对稻纵卷叶螟低龄幼虫表现出较好的速效性和持效性,速效性优于10%阿维·氟酰胺 SC,对高龄幼虫的杀虫效果等

同于10%阿维·氟酰胺SC 药后3 d的杀虫效果在89.5%以上 药后7 d达95.7% 药后14 d仍在85%以上。

2)在玉米苗期防治甜菜夜蛾试验表明 喷施艾绿士(60 g/L乙基多杀菌素SC)2 000倍液 药后3 h就可见死虫、药后3 d的杀虫防效达96.3%、药后7 d防效为95.1%、药后10 d防效仍在92.1%，优于对照药剂5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油1 000倍液的防效。

3)防治茄子蓟马的试验表明 喷施艾绿士(60 g/L乙基多杀菌素SC)2 000倍液，药后3、5 d的防效均稳定在96%以上、药后7 d防效仍在95%以上，表现出良好的速效性和持效性。

试验还发现 在不同作物上应用艾绿士(60 g/L乙基多杀菌素SC) 药后田间蜘蛛、瓢虫等有益昆虫的数量与空白对照均无差异。

4)在夏秋季蔬菜生产中夜蛾类害虫危害严重，主要有甜菜夜蛾、斜纹夜蛾等，均属于间歇发生的暴食性害虫，特别是高龄幼虫抗药性强，防治难度较大。

应用例2 邱永林等^[23]用艾绿士60 g/L乙基多杀菌素SC 2 500、2 000、1 500倍液在甘蓝田进行试验。试验结果表明 药剂对甜菜夜蛾和斜纹夜蛾的防效均较好，其中以1 500倍液处理防效最好，药后3、7、10 d的防效分别为98.8%、95.8%、94.3%和99.4%、96.5%、94.2%，均显著优于对照药剂0.5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐EC 1 000倍液处理防效分别为93.2%、88.2%、85.5%和92.6%、90.7%、88.2%。

应用例3 夏华兴等^[24]为探索防治水稻迁移性害虫的有效药剂，开展了田间药效试验。结果表明 60 g/L乙基多杀菌素SC 500 mL/hm²对稻纵卷叶螟的保叶效果和杀虫效果(药后1 d)分别为96.6%和98.5%；显著优于60 g/L乙基多杀菌素SC 417 mL/hm²的保叶效果88.3%和杀虫效果94.1%，但其对稻飞虱防效较差，药后3、7、14 d防效分别为51.4%、59.1%和51.5%。当采用氟啶虫胺胍与乙基多杀菌素混用，可提高对稻飞虱和稻纵卷叶螟的防效。其中以22%氟啶虫胺胍SC 375 mL/hm²与60 g/L乙基多杀菌素SC 500 mL/hm²混用防效最高，药后3、7、14 d对稻飞虱防效分别为97.6%、99.2%和98.4%；对稻纵卷叶螟的保叶效果和杀虫效果分别为91.5%和98.5%，显著优于40%氯虫·噻虫嗪水分散剂150 g/hm²的防效。对水稻生长无任何不良影响，而且对稻田害虫天敌如蜘蛛黑肩绿盲蝽等杀伤作用小。

7 结语

多杀霉素是一种属于天然降解的绿色环保的生物杀虫剂，不仅具备了生物农药的安全性，而且还有化学农药的快速杀虫效果。使用它不会污染农产品，特别适

合于无公害食品上使用。

多杀霉素的作用机制有别于传统的有机磷和拟除虫菊酯类杀虫剂的机理。它能够作用于烟碱型乙酰胆碱受体(nAChR)和γ-氨基丁酸(GABA)受体，但与吡虫啉等烟碱类杀虫剂和已知的阿维菌素在作用位点是不同的；从而对昆虫具有快速触杀和摄食毒性，如此的作用方式可谓独一无二，非常新颖和独特。

乙基多杀菌素仅是在多杀霉素结构中，由天然的甲基醚转变为乙基醚，就使其生物活性提高了10倍。乙基多杀菌素不仅具有多杀霉素防治害虫的一切功能，而且对多杀霉素在防治水果和坚果等作物害虫无显著效果时，确能够发挥极好的效果。使用乙基多杀菌素比目前市场上所用的杀虫剂用量更低，在环境中的滞留时间比老的所用的杀虫剂更短，这种优异的环境特性，将会给它带来一个新的市场，是对多杀霉素产品销售市场极为重要的补充。

参考文献：

- [1] 全国农药信息总站. 世界农药市场与农药品种概述 [C]. 第16届全国农药信息交流会暨“蓝生化”农药论坛论文集, 2009: 157-160.
- [2] 李姐, 汪清民, 黄润秋. 多杀菌素的研究和进展 [J]. 农药学报, 2003, 5(2): 1-12.
- [3] 柏亚罗. 陶氏益农近几年市场走势及产品开发生 [J]. 农药快讯, 2011, 528(23): 24-27.
- [4] 张一宾. 专利农药品种概述[J]. 农药快讯, 2011, 528(23): 27-29.
- [5] 张一宾. 近年来销售额上亿美元农药产品的剖析 [J]. 农药快讯, 2012, 530(1): 27-30, 34.
- [6] 张一宾. 2010年世界销售额上亿美元农药产品及浅析 [J]. 农药快讯, 2013, 558(5): 6-7.
- [7] 牡丹江佰佳信生物科技有限公司. 划时代生物杀虫剂“多杀菌素”[J]. 中国农药, 2011, 48(4): 43-47.
- [8] 招衡. 多杀菌素的发现[C]. 第九届全国农药信息交流会议论文集, 2009: 61-81.
- [9] 范峰, 王岩丽, 杨微, 等. 农用杀虫剂综述(下)[J]. 世界农药, 2006, 28(1): 21-28.
- [10] 吴霞编译. 多杀霉素——害物综合治理的一个有力武器[J]. 世界农药, 2005, 27(6): 21-24.
- [11] 陈继红, 张利平, 郭立格, 等. 多杀菌素产生菌株航天育种效果研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(12): 4951-4952.
- [12] 代鹏, 徐雪莲, 贺玉平, 等. 多杀菌素生产菌株的育种选育[J]. 热带作物学报, 2005, 26(4): 67-70.
- [13] 车可舒, 王相晶, 向志丹, 等. 多杀菌素高产菌株的选育[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(8): 74-76.
- [14] 朱明军, 郑秋梅, 胡飞, 等. 多杀菌素发酵工艺的优化及其毒性初步研究[J]. 农药, 2009, 48(10): 728-731.
- [15] 华乃震. 生物杀虫剂农药的进展和应用[J]. 农药, 2011, 50(7): 469-473.
- [16] 陈蔚燕, 许良忠, 关立婷. 12%多杀菌素油悬浮剂的研制 [J]. 世界农药, 2013, 35(1): 34-36.
- [17] 薛元海, 王为根, 潘宋成, 等. 莱喜防治水稻害虫试验初报[J]. 现代农药, 2002, 1(3): 37-38.

(下转第13页)

- 2012, 27(3): 181-187.
- [42] LUTHRIA D L, RAMAKRISHNAN V, BANERJI A. Antifeedants from *Pimpinella monoica*. Insect Sci. Appl. Nairobi, Kenya: ICIPE[J]. Science Press, 1992, 13(2): 245-249.
- [43] JOSHI R K. Chemical Composition of the Essential Oil of the Flowering Aerial Parts of *Pimpinella monoica*[J]. Natural Product Communications, 2013, 8(11): 1643-1644.
- [44] BAKSHU L M, RAJU R R V. Essential Oil Composition and Antimicrobial Activity of Tuberos Roots of *Pimpinella tirupatiensis* Bal. & Subr., an Endemic Taxon from Eastern Ghats[J]. India Flavour and Fragrance Journal, 2002, 17(6): 413-415.
- [45] GONZALEZ J A, ESTEVEZ BRAUN A, ESTEVEZ REYES R. Inhibition of Potato Cyst Nematode Hatch by Lignans from *Bupleurum salicifolium* (Umbelliferae) [J]. Journal of Chemical Ecology, 1994, 20(3): 517-524.
- [46] CHAE S H, KIM S I, YEON S H, et al. Adulticidal Activity of Phthalides Identified in *Cnidium officinale* Rhizome to B- and Q-Biotypes of *Bemisia tabaci*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(15): 8193-8198.
- [47] TSUKAMOTO T, ISHIKAWA Y, MIYAZAWA M. Larvicidal and Adulticidal Activity of Alkylphthalide Derivatives from Rhizome of *Cnidium officinale* against *Drosophila melanogaster*[J]. Journal of Agricultural And Food Chemistry, 2005, 53 (14): 5549-5553.
- [48] KWON JI HOON, AHN YOUNG JOON, KWON J H. Acaricidal Activity of *Cnidium officinale* Rhizome Derived Butylidenephthalide against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae) Ahn Y. J[J]. Pest Management Science, 2003, 59(1): 119-123.
- [49] OZEK G, OZEK T, ISCAN G, et al. Comparison of Hydrodistillation and Microdistillation Methods for the Analysis of Fruit Volatiles of *Prangos pabularia* Lindl., and Evaluation of Its Antimicrobial Activity [J]. South African Journal of Botany, 2007, 73(4): 563-569.
- [50] BRUSOTTI G, IBRAHIM M F, DENTAMARO A. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Volatile Fractions from Leaves and Flowers of the Wild Iraqi Kurdish Plant *Prangos peucedanifolia* Fenzl.[J]. Chemistry & Biodiversity, 2013, 10(2): 274-280.
- [51] MOHAMMAD HOSSEINI M. Chemical Profile and Antibacterial Activity in Hydrodistilled Oil from Aerial Parts of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. and Prediction of Gas Chromatographic Retention Indices by Using Genetic Algorithm Multiple Linear Regressions[J]. Asian Journal of Chemistry, 2012, 2(9): 38.
- [52] AKBARI M T, ESMAEILI A, ZAREA A H, et al. Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oil from Leaves, Stems and Flowers of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. Grown in Iran [J]. Bulgarian Chemical Communications, 2010, 42 (1): 36-39.
- [53] MOHAMMAD HOSSEINI M, ZAMANI H A, AKHLAGHI H, et al. Hydrodistilled Volatile Oil Constituents of the Aerial Parts of *Prangos serpentinica* (Rech.f., Aell. Esfand.) Herznstadt and Heyn from Iran and Quantitative Structure-Retention Relationship Simulation [J]. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 2011, 14(5): 559-573.
- [54] SRIVASTAVA R, SHUKLA Y N, TRIPATHI A K. Antifeedant Compounds from *Centella asiatica* [J]. Fitoterapia, 1997, 68(1): 93-94.
- [55] FATMA M AL-BARWANI, ELSADIG A Eltayeb. Antifungal Compounds from Induced *Conium maculatum* L. Plants [J]. Biochem Syst Ecol, 2004, 32(12): 1097-1108.
- [56] BHAT R S, AL-DAIHAN S. Phytochemical Constituents and Antibacterial Activity of Some Green Leafy Vegetables [J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2014, 4(3): 189-193.
- [57] YEOM H J, KANG J S, KIM G H, et al. Insecticidal and Acetylcholine Esterase Inhibition Activity of Apiaceae Plant Essential Oils and Their Constituents against Adults of German Cockroach (*Blattella germanica*)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(29): 7194-7203.
- [58] JIROVETZ L, BUCHBAUER G S, TOYANOVA A S, et al. Composit Ion, Quality Control and Antimicrobial Activity of the Essential Oil Cumin (*Cuminumcy minum* L.) Seeds from Bulgaria that had been Stored for up to 36 Years [J]. Int J Food Sci Tech, 2005, 40: 305.
- [59] KAHKHA M S, AMANLOO, M KAYKHAIL. Antiaflatoxicenic Activity of *Carum copticum* Essential Oil[J]. Environmental Chemistry Letters, 2014, 12(1): 231-234.

责任编辑 赵平

(上接第 5 页)

- [18] 刘伟, 王海迎, 杜磊, 等. 多杀霉素和氨基阿维菌素苯甲酸盐对小菜蛾的室内生测及田间药效评价 [J]. 农药科学与管理, 2009, 30(9): 58-60.
- [19] 肖汉祥, 李燕芳, 陆世忠, 等. 多杀霉素对稻纵卷叶螟室内毒力测定及高龄幼虫田间药效试验[J]. 现代农药, 2009, 8(6): 50-52.
- [20] 崔文清, 金红云, 李常平, 等. 6种杀虫剂防治黄瓜蓟马田间试验[J]. 农药科学与管理, 2009, 30(8): 55-57.
- [21] 秦文, 高菊芳编译. 多杀霉素类杀虫剂的抗性与交互抗性[J]. 世界农药, 2013, 35(4): 16-22.
- [22] 甄鹏鹏. 乙基多杀菌素治虫高效又安全[J]. 农药快讯, 2012, 532(3): 35.
- [23] 邱永林, 陆致平. 乙基多杀菌素防治夜蛾类害虫效果好[J]. 农药快讯, 2012, 545(16): 37.
- [24] 夏华兴, 陈明亮, 刘维新, 等. 氟啶虫胺胍与乙基多杀菌素混用防治水稻迁移性害虫田间药效试验[J]. 现代农药, 2013, 12(3): 52-53, 56.

责任编辑 李新