

◆ 专论与综述 ◆

三嗪类除草剂的全球市场及发展前景

柏亚罗, 石凌波

(江苏省农药研究所股份有限公司, 南京 210046)

摘要:三嗪类除草剂是一类较老的产品,近年来,在其广谱、低成本、抗性杂草防除、与HPPD抑制剂类除草剂复配或桶混等利好因素作用下,市场取得了较好的增长,未来还可能小幅增长。本文介绍了三嗪类除草剂的总体市场,对10个品种的应用、市场开发及走势进行了阐述,并对该类产品的市场前景做了预测。

关键词:三嗪类除草剂;莠去津;茚嗪氟草胺;全球市场;发展前景

中图分类号:TQ 457.2 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2018.03.001

Global Market and Development Prospect on Triazine Herbicides

BAI Ya-luo, SHI Ling-bo

(Jiangsu Pesticide Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210046, China)

Abstract: Triazine herbicides were belong to an older product class. In the recent years, sales of the triazines sector performed well based on several benefiting factors such as broad spectrum, low cost, combating against resistant weeds, and use in conjunction with HPPD herbicides in mixtures or through tank-mixing. This class could achieve a small growth in the next few years. The paper introduced the whole market of triazine herbicides, and 10 products from the class were described on their use, market development and trend. Development prospect of the product segment was also forecasted.

Key words: triazine herbicide; atrazine; indaziflam; global market; development prospect

在目前上市的13个主要三嗪类除草剂中,有11个是20世纪50~70年代上市的产品,2006年和2011年,三嗪氟草胺和茚嗪氟草胺先后上市。虽然绝大多数三嗪类除草剂品种较老,但全球来看,仍有较大的市场体量,较为稳定的市场需求,过去几年呈现了中等幅度的增长,未来仍具备一定的增长潜能。尤其是三嗪类除草剂中的龙头老大“莠去津”,近几年,在利弊博弈中,其市场基本稳定在5.60亿美元的水平上,并已成为众多新、老除草剂的黄金复配搭档。

1 市场走势及市场地位

半个多世纪以来,三嗪类除草剂市场起起伏伏。早期阶段,其市场走势较好,曾一度占据除草剂市场的榜首地位。然而由于长期、大量使用,导致抗性和残留问题凸显,加之新上市产品的不断迭代,

耐除草剂作物的持续推广,地下水中检测到该类产品的存在等,三嗪类除草剂市场跌下了峰值水平。近年来,由于杂草对草甘膦等除草剂抗性的不断蔓延,甘蔗和果蔬市场的驱动,三嗪类除草剂因广谱和低成本而广泛参与许多除草剂的复配或桶混等,再度将该类产品的市场拉升^[1]。在2008—2013年,三嗪类除草剂的销售增长迅速,并于2013年创造了13.70亿美元的阶段性历史最高纪录。期间,其复合年增长率为6.6%^[2]。

然而,在2014—2015年,受全球农药市场走势的影响,三嗪类除草剂的销售出现了下滑。不过,2016年,其市场即恢复增长。该产品被用来与HPPD(对羟基苯基丙酮酸双氧化酶)抑制剂类等选择性除草剂复配或桶混,以应对草甘膦抗性杂草,从而成为推动其市场增长的主要动力源泉^[1]。尤其是,近几年,HPPD抑制剂类除草剂在除草剂中的增

收稿日期:2018-04-21;修回日期:2018-05-07

作者简介:柏亚罗(1968—),女,江苏省盐城市人,教授级高工,主要从事农药信息与期刊编辑工作。E-mail:nyxxx@263.net

长势头最好,也让三嗪类除草剂受益良多,成为除草剂中增长势头次之的一大重要产品类型。表1列出了三嗪类除草剂近几年销售额。

表1 三嗪类除草剂近几年的销售额

年份	销售额/亿美元	同比/%	占当年除草剂市场的份额/%
2008	9.95		
2009	9.71	-2.4	4.9
2010	9.98	+2.8	4.9
2011	10.90	+9.2	4.9
2013	13.70	+25.7	5.3
2014	12.75	-6.9	4.8
2015	11.90	-6.7	5.0
2016	12.26	+3.0	5.3

注 2008年销售额根据2008—2013年复合年增长率计算^[1]。

2016年,三嗪类除草剂的全球销售额为12.26亿美元,同比增长3.0%。2011—2016年的复合年增长率为2.4%。2016年,三嗪类除草剂的销售额占564.52亿美元全球农药市场的2.2%,占231.04亿美元全球除草剂市场的5.3%^[1]。在2008—2016年,三嗪类除草剂占除草剂的市场份额基本保持在5.0%左右的水平上。

在2016年全球增长最快的产品类型中,三嗪类除草剂排在第10位。在这十大类型的产品中,杀菌剂拥有绝对的优势,占据了六席;杀虫剂仅占一席;而除草剂占有两席,分别为HPPD抑制剂类除草剂及三嗪类除草剂^[1]。

在2011—2016年实际复合年增长率(基于2016年汇率)中,三嗪类除草剂(+5.0%)在除草剂中排行第四^[1]。作为开发较早的一类产品,三嗪类除草剂能有这样的市场表现,已然不俗。

2 开发进程

传统的三嗪类除草剂为光系统(PS)电子传递抑制剂^[1]。其通过土壤处理或茎叶处理,防除阔叶杂草和禾本科杂草。

1956年,第1个三嗪类除草剂西玛津上市;1957年,莠去津上市,该产品至今仍为三嗪类除草剂中的第一大产品。20世纪60~70年代,又有多个三嗪类除草剂上市。不过,最近上市的该类产品很少,其中包括2006年Idemitsu Kosan上市的三嗪氟草胺和2011年拜耳上市的茚啶氟草胺^[1]。

汽巴-嘉基(现先正达)和拜耳是三嗪类除草剂开发的鼻祖,分别开发了1,3,5-三嗪(均三嗪)和1,2,4-三嗪衍生物。壳牌公司在该领域也付出了很多努力,将氰草津(商品名Bladex)引入市场,继而转给

杜邦和氰胺(现巴斯夫)。继环嗪酮(商品名Velpar)1974年上市用于非作物领域后,杜邦亦已在三嗪类除草剂市场占有了一席之地。虽然目前三嗪类除草剂的生产遍及印度、中国和东欧等国家和地区,但在一些“大产品”的生产中,仍可以看到先正达、安道麦、Oxon和陶氏益农的身影^[1]。

3 主要品种

目前市场上三嗪类除草剂主要有13个,莠去津以超过5.00亿美元的销售额稳居榜首,嗪草酮、环嗪酮和苯嗪草酮也跻身在超亿美元产品行列。最近上市的茚啶氟草胺增长势头强劲,近5年的复合年增长率超过50%,莠去津、莠灭净和特丁净等老产品近5年的复合年增长率为6.4%~8.6%;三嗪氟草胺近5年的复合年增长率也超过了5.0%。三嗪类除草剂产品信息见表2。正因为这些品种的市场增长,才使得三嗪类除草剂的市场增幅仍排在全球农药市场的前列。

表2 三嗪类除草剂的产品信息^[1]

有效成分	上市年份	2016年销售额/亿美元	2011—2016年复合年增长率/%
莠去津(atrazine)	1957	5.60	+8.6
嗪草酮(metribuzin)	1971	1.50	-1.3
环嗪酮(hexazinone)	1974	1.15	-7.5
苯嗪草酮(metamitron)	1975	1.15	+0.9
莠灭净(amestryl)	1966	0.75	+6.4
特丁津(terbuthylazine)	1966	0.70	-5.9
茚啶氟草胺(indaziflam)	2011	0.45	+55.2
扑草净(prometryn)	1962	0.40	-2.3
西玛津(simazine)	1956	0.30	-9.7
特丁净(terbutryn)	1965	<0.10	+7.4
三嗪氟草胺(triaziflam)	2006	0.08	+5.9
氰草津(cyanazine)	1970	<0.10	-14.1
异戊净(dimethametryn)	1972	<0.10	-12.9
总计		12.26	+2.4

3.1 莠去津(atrazine)

3.1.1 应用

莠去津是三嗪类除草剂中的领军产品,1957年由先正达上市^[3]。这是一种广谱选择性内吸传导型除草剂,主要用于玉米、甘蔗、谷物、油菜等,防除一年生禾本科和阔叶杂草,对某些多年生杂草有抑制作用^[4],也可用于非作物领域。莠去津种植前、芽前、芽后施用,土壤封闭或茎叶处理,有效成分用药量为0.45~4.5 kg/hm²^[1]。

3.1.2 市场开发

尽管莠去津市龄很长,但一直为先正达的一个重要产品(商品名Primoleo、Proof、Gesaprim等)。安道

麦、杜邦、陶氏益农、Rallis、Oxon、UPL、纽发姆以及一些中国公司等也都参与了莠去津的市场开发^[3]。

由于使用莠去津后的径流或淋溶现象,会对地表水或地下水造成污染,欧美多国纷纷对莠去津采取了禁、限用措施。2003年7月,欧盟不再续登莠去津。然而其后不久,美国环保署(EPA)批准了莠去津的再登记,迄今,EPA依然支持其登记决定。加拿大、澳大利亚、乌克兰等国也已批准莠去津的再登记^[3]。

EPA对莠去津的登记过程严格而透明,它建立在科学、合理的试验基础上,严格按照法规要求完成了数百项有关健康、安全性及环境的试验,并参考公开数据,同时提供大量机会征询公众意见。

2012年,EPA再次确认其立场,表示在有关莠去津安全性的问题上无需进行更多试验来阐述。莠去津是世界范围内研究最仔细、试验最全面的化合物之一。过去50多年里,全球就有关其对人类和环境的安全性开展了7 000多项科学试验。EPA、世界卫生组织以及美国、英国、加拿大和澳大利亚等国的政府人士都表示,莠去津在环境中的浓度处于安全阈值以内^[5]。

莠去津超强的可混性是其它除草剂无可比拟的,这不仅有效地降低了其使用量,而且借助复配产品延长了它的生命周期,较好地抗击了杂草抗性。如先正达上市了Bicep Magnum(莠去津+精异丙甲草胺);孟山都上市了Harness Extra(乙草胺+莠去津);2003年,先正达首次上市了莠去津与硝磺草酮、精异丙甲草胺的复配产品Lumax,继而又上市了Camix、Expert和Lexar等;陶氏益农上市了Keystone LA(乙草胺+莠去津);杜邦上市了Cinch ATZ Lite(精异丙甲草胺+莠去津)、Steadfast ATZ(烟嘧磺隆+砒嘧磺隆+莠去津);2012年,富美实上市了Anthem ATZ(莠去津+砒吡草唑+噻草酸甲酯);2014年,先正达在加拿大上市了Lumax EZ(莠去津+精异丙甲草胺+硝磺草酮);2015年,先正达在美国和加拿大上市了Acuron,这是莠去津与硝磺草酮、精异丙甲草胺以及公司最新开发的HPPD抑制剂类除草剂氟吡草酮(bicyclopyrone)的四元复配产品^[3]。先正达及其它公司关于莠去津产品的登记一直在持续进行。

为了防除草甘膦抗性杂草,多个基于莠去津的产品加盟到孟山都的Roundup Ready Plus项目中。这些复配产品芽前用于耐农达玉米,提供广谱、持效作用^[3]。在草甘膦应用于耐农达玉米前,将三嗪类除草剂芽前用于玉米田,成为拉动该类产品销售反

弹的重要模式^[1]。

莠去津的配伍产品包括:乙草胺、甲草胺、莠灭净、氟吡草酮、辛酰溴苯腈、氰草津、麦草畏、氟噻草胺、噻草酸甲酯、异噁唑草酮、硝磺草酮、异丙甲草胺、砒吡草唑、西玛津、磺草酮、苯唑草酮等^[3]。

3.1.3 市场走势及细分市场

莠去津已上市60余年,市场波动不足为奇。然而,近几年,其市场高位盘整,销售额基本稳定在5.60亿美元的水平上。在拉美和美国等主要市场,莠去津在玉米和甘蔗市场担纲重要角色。莠去津销售额的增长得益于其许多复配产品的应用,尤其是先正达上市的Lexar、Lumax和Acuron等^[3]。

2016年,莠去津的全球销售额为5.60亿美元,在全球除草剂中排名第七;其2011—2016年的复合年增长率为8.6%^[1]。2016年,先正达莠去津的销售额约为1.90亿美元,约占全球市场的33.9%^[3]。

2002—2016年,莠去津的全球销售额正好翻了一番,复合年增长率为5.1%。销售额见表3。

表3 莠去津近几年的销售额^[4,6-9]

年份	销售额/亿美元	同比/%	年份	销售额/亿美元	同比/%
2002	2.80		2011	3.70	0
2003	2.60	-7.1	2012	4.80	+29.7
2005	3.15	+21.2	2013	5.60	+16.7
2007	3.45	+9.5	2014	5.50	-1.8
2009	3.30	-4.3	2015	5.65	+2.7
2010	3.70	+12.1	2016	5.60	-0.9

注:2009年、2010年销售额分别根据2014年的销售额及2009—2014年10.8%的复合年增长率、2015年的销售额及2010—2015年8.8%的复合年增长率计算而来。

莠去津在拉美、北美自由贸易区和亚洲的市场较大,2016年的销售额分别为1.98亿、1.74亿和1.67亿美元,分别占莠去津全球市场的35.4%、31.1%和29.8%。2016年,莠去津在玉米上的销售额为4.53亿美元,占总市场的81.0%^[10];在玉米田前十大领先除草剂中,莠去津排在第二,次于草甘膦^[11]。莠去津在甘蔗、谷物、油菜上也有一定的市场,销售额分别为0.34亿、0.22亿、0.12亿美元,市场份额分别为6.1%、4.0%、2.2%^[10]。

美国、中国、巴西、阿根廷是莠去津的前四大国家市场,2016年的销售额分别为1.33亿、1.00亿、0.94亿、0.82亿美元,分别占莠去津全球市场的23.8%、17.8%、16.8%、14.6%^[10]。

2016年,莠去津在美国玉米上的销售额为1.29亿美元,占莠去津全球市场的23.0%^[10];在美国十大玉米田除草剂中,莠去津排名第五。据美国农业部

报告,2016年,莠去津用于美国60%的玉米面积上^[3]。

3.2 噻草酮(metribuzin)

3.2.1 应用

由拜耳首先上市的1,2,4-三嗪类选择性除草剂主要包括:1971年上市的大豆田除草剂噻草酮(商品名Sencor);1975年上市的甜菜田除草剂苯噻草酮(商品名Goltix);1986年上市的乙噻草酮(商品名Tycor),用于谷物^[1]。

噻草酮具有交叉防治谱,主要由拜耳和杜邦开发^[3]。其芽前、芽后施用于大豆、马铃薯、甘蔗、果蔬、谷物等作物,有效成分用药量为0.07~1.45 kg/hm²^[12]。

3.2.2 市场开发

噻草酮的主要生产商为拜耳(商品名Sencor);杜邦的噻草酮(商品名Lexone)业务由拜耳转让,并提供货源。其它生产商还包括:安道麦、Rallis、Meghmani、UPL及一些中国公司等^[3]。

2007年,噻草酮在欧盟获得了再登记,有效期至2018年7月底。2011年,安道麦的噻草酮在美国进入孟山都Roundup Ready Plus项目。2012年,Belchim意大利分公司在意大利上市了Metric(噻草酮+异噁草松)。2013年,拜耳在意大利上市了Fedor(噻草酮+氟噻草胺),用于马铃薯。2014年,杜邦在美国上市了Trivence(氯嘧磺隆+丙炔氟草胺+噻草酮),用于大豆。2016年,安道麦在加拿大上市了基于噻草酮的产品Squadron^[3]。

噻草酮广泛用于许多复配产品,其配伍产品包括:异噁草松、氟噻草胺、咪唑乙烟酸、精异丙甲草胺、甲磺草胺、氯嘧磺隆、丙炔氟草胺、砒嘧磺隆、苯磺隆等^[3]。

3.2.3 市场走势及细分市场

噻草酮一度成为拜耳最重要的除草剂之一,主要用于大豆。然而,由于耐除草剂作物的推广及市场竞争的加剧,噻草酮的销售额跌下了峰值水平^[1]。

2016年,噻草酮的全球销售额为1.50亿美元,同比2015年的1.35亿美元增长了11.1%,2011—2016年的复合年增长率为-1.3%。其中,拜耳噻草酮的销售额约为0.95亿美元,约占其全球市场的63.3%;杜邦噻草酮的销售额约为0.55亿美元,约占其全球市场的36.7%^[3]。

噻草酮在北美自由贸易区、亚洲、拉丁美洲、欧洲都有一定的市场份额,2016年的销售额分别为0.47亿、0.35亿、0.32亿、0.29亿美元,分别占总市场的31.6%、23.6%、21.2%、19.1%^[10]。

噻草酮主要用于大豆、马铃薯、甘蔗等,2016年在这3种作物上的销售额分别为0.53亿、0.45亿、0.15亿美元,分别占总市场的35.0%、30.0%、10.1%^[10]。在2016年美国十大大豆田除草剂中,噻草酮位居第十^[3]。

美国、巴西、印度、加拿大是噻草酮的四大主要国家市场,2016年的销售额分别为0.37亿、0.23亿、0.19亿、0.10亿美元,分别占噻草酮总市场的24.7%、15.1%、12.4%、6.9%^[10]。

3.3 环噻酮(hexazinone)

3.3.1 应用

环噻酮(商品名Velpar)由杜邦于1974年上市^[1]。其为广谱、非选择性除草剂,以触杀作用为主,通过叶片和根部吸收,向顶传导。环噻酮主要用于甘蔗、森林、种植园等,芽后用药,防除许多一年生、两年生(阿拉伯高粱除外)以及绝大多数多年生杂草,有效成分用药量为6~12 kg/hm²^[12]。

3.3.2 市场开发

环噻酮在欧盟未能获得再登记,其与敌草隆的复配产品K-4在美国上市。经过评估后,加拿大有害生物管理局已经同意续登环噻酮。由于担心对环境的影响,加拿大从2014年开始对环噻酮进行评估^[3]。2015年,Tessengerlo Kerley从杜邦收购了环噻酮单剂(除巴西外)及环噻酮与敌草隆复配产品的权利^[1]。环噻酮的主要配伍产品包括:敌草隆、甲嘧磺隆等^[3]。

3.3.3 市场走势及细分市场

近几年,环噻酮市场受益于巴西甘蔗面积的提升,因为市场对生物乙醇的需求增加^[3]。

2016年,尽管甘蔗田除草剂市场总体稳定且甘蔗种植面积下降,但环噻酮的销售额仍实现增长。这一年,环噻酮的全球销售额为1.15亿美元,同比2015年的1.10亿美元增长了4.5%,2011—2016年的复合年增长率为-7.5%^[1]。

杜邦仍为环噻酮的主要生产商,安道麦等公司也参与生产。2016年,杜邦环噻酮的销售额约为0.50亿美元,约占其全球市场的43.5%^[3]。

环噻酮在拉丁美洲的市场最大,2016年的销售额为0.57亿美元,占总市场的49.2%;而在亚洲、北美自由贸易区等地区的市场均较小^[10]。

环噻酮主要用于甘蔗、其它/非作物,2016年的销售额分别为0.63亿、0.52亿美元,分别占总市场的54.5%、45.5%^[10]。2016年,在甘蔗田十大领先除草剂中,环噻酮位居第五^[3]。

巴西是环噻酮最重要的用药国,2016年在巴西

的销售额为0.47亿美元,占全球市场的41.3%^[10]。

3.4 苯嗪草酮(metamitron)

3.4.1 应用

苯嗪草酮(商品名Goltix)是甜菜田领先除草剂,1975年由拜耳上市,继拜耳收购安万特后,苯嗪草酮的全球权利剥离给了安道麦。目前,苯嗪草酮的生产商还包括:Gharda、UPL和一些中国公司等^[3]。

苯嗪草酮为内吸性三嗪酮类除草剂,主要通过根部吸收,也通过叶片吸收,向顶传导。其主要用于糖用和饲用甜菜,种植前、芽前、芽后混土施用,也可土壤处理,防除禾本科和阔叶杂草;有效成分用药量为0.35~4.2 kg/hm²^[13]。

3.4.2 市场开发

苯嗪草酮是安道麦的一个较大的产品,2002年,安道麦收购Feinchemie Schwebda后,其苯嗪草酮的市场地位得到进一步加强。2009年,苯嗪草酮在欧盟获得了再登记^[3]。

2014年,安道麦宣布上市Brevis,这是基于苯嗪草酮的全新的疏果剂,用于苹果树和梨树。该产品最初于2013年在塞尔维亚上市,继而在希腊、意大利、法国、比利时上市;未来还将在其它主要的苹果树和梨树种植国上市^[3]。

苯嗪草酮的主要配伍产品包括:甜菜宁、乙氧呋草黄、环草定、氯苯胺灵^[3]、甜菜安、氯草敏等^[13]。

3.4.3 市场走势及细分市场

苯嗪草酮长期占据着甜菜田除草剂市场的领先地位,这主要受益于其广谱活性及宽泛的用药适期;不过,来自非专利产品的激烈竞争及欧盟甜菜种植面积下降等,对其市场又造成了不利影响^[3]。

苯嗪草酮虽早已成为超亿美元的产品,但市场起伏不大。在2005—2016年,其全球销售额基本徘徊在0.95亿~1.20亿美元,复合年增长率为0.8%^[13]。2016年,苯嗪草酮的全球销售额为1.15亿美元,2011—2016年的复合年增长率为0.9%^[1];其中,安道麦苯嗪草酮的销售额约为0.85亿美元,约占其全球市场的73.9%^[3]。

苯嗪草酮的主要市场在欧洲,2016年在该地区的销售额为1.02亿美元,占全球市场的88.6%;这一年,其在亚洲市场的销售额为807万美元,仅占全球市场的7.0%^[10]。

甜菜是苯嗪草酮最重要的应用作物,2016年,其在甜菜田的销售额为1.08亿美元,占全球市场的93.6%^[10];在甜菜田除草剂中,苯嗪草酮位居第一^[3]。

德国是苯嗪草酮的第一大国家市场,2016年,

其在德国的销售额为0.57亿美元,占其全球市场的49.4%^[10]。

3.5 莠灭净(ametryn)

3.5.1 应用

莠灭净(商品名Gesapax)由汽巴-嘉基(现先正达)于1966年上市。其它生产商还包括:安道麦、Oxon、Atanor及一些中国公司等^[1,3]。

莠灭净为选择性内吸型广谱除草剂,通过叶片和根部吸收,在木质部向顶传导。其芽前、芽后使用^[12],用于甘蔗、果蔬和玉米等^[1],防除绝大多数一年生禾本科和阔叶杂草。有效成分用药量为2~4 kg/hm²(直接喷雾用于玉米除外)^[12]。

3.5.2 市场开发

莠灭净未能获得欧盟再登记。2004年,先正达撤销了莠灭净在美国香蕉和非作物领域的使用。2017年,先正达将其在墨西哥的许多莠灭净产品业务剥离给了Amvac Mexico公司^[3]。

莠灭净的配伍产品包括:异噁草松、2,4-滴、莠去津、特丁津、三氟啶磺隆等^[3]。

3.5.3 市场走势及细分市场

莠灭净虽然市场不大,但因成本较低、防治谱较广等,市场基本维持,且近年来增长较好^[3]。2016年,尽管甘蔗田除草剂市场总体平稳,但莠灭净的销售额取得了增长,为0.75亿美元,同比2015年的0.70亿美元增长了7.1%,2011—2016年的复合年增长率为6.4%^[1]。

莠灭净的主要地区市场在亚洲和拉丁美洲,2016年的销售额分别为0.40亿和0.23亿美元,分别占其全球市场的53.2%、30.9%^[10]。

莠灭净主要用于甘蔗,2016年在甘蔗上的销售额为0.65亿美元,占莠灭净总市场的86.1%。其在玉米、果蔬、谷物和棉花等作物田也有少许市场^[10]。

中国、泰国、巴西是莠灭净最主要的国家市场,2016年的销售额分别为0.21亿、0.17亿、0.12亿美元,分别占莠灭净总市场的27.7%、23.0%、16.3%^[10]。

2016年,在甘蔗田前十大除草剂中,有3个三嗪类除草剂,分别是莠灭净(第4位)、环嗪酮(第5位)、莠去津(第10位)^[11]。

3.6 特丁津(terbuthylazine)

特丁津(商品名Gardoprim)由先正达于1966年上市。其它生产商还包括:安道麦、Oxon、陶氏益农、Herbos及一些中国公司等^[3,14]。

特丁津广谱,主要通过根部吸收,芽前、芽后使用^[12]。其主要用于玉米,也有少量用于向日葵、果园、

果蔬等, 防除禾本科和阔叶杂草^[1]。有效成分用药量为0.6~3 kg/hm^{2[12]}。

特丁津目前不在美国销售, 但在欧洲玉米上拥有较大市场。2003年, 特丁津在法国葡萄上的登记被终止, 但2012年获得了欧盟的再登记。爱利思达捷克分公司在捷克和斯洛伐克销售Bolton Duo(特丁津+pethoxamid)^[3]。

特丁津主要作为复配产品使用, 其配伍产品包括: 甲草胺、灭草松、二甲吩草胺、敌草隆、甲酰氨基嘧磺隆、草甘膦、甲基碘磺隆钠盐、利谷隆、硝磺草酮、异丙甲草胺、烟嘧磺隆、pethoxamid、哒草特、砘嘧磺隆、噻吩磺隆、特丁净等^[3]。

21世纪以来, 特丁津的市场虽有起伏, 但总体还算平稳。其2003年、2005年、2007年、2009年、2010年的销售额分别为0.80亿、0.70亿、0.65亿、0.85亿、0.70亿美元^[6]。2014年、2015年的销售额分别为0.95亿、0.85亿美元^[7-9]。2016年, 特丁津的全球销售额为0.70亿美元, 同比下降17.6%, 2011—2016年的复合年增长率为-5.9%^[1]。

欧洲是特丁津最大的地区市场, 2016年的销售额为0.65亿美元, 占其总市场的92.2%。特丁津主要用于玉米, 2016年在玉米上的销售额为0.58亿美元, 占总市场的82.3%^[10]。

特丁津在德国的使用最多, 2016年, 其在德国的销售额为0.22亿美元, 占总销售额的31.0%^[10]。

3.7 茚嗪氟草胺(indaziflam)

3.7.1 应用

茚嗪氟草胺是最新上市的一个三嗪类除草剂, 2011年由拜耳推向市场^[1]。

茚嗪氟草胺作用于植物分生组织生长过程, 通过抑制纤维素生物合成(CBI)而起效。土壤处理后, 经胚轴吸收, 抑制杂草萌发和出苗^[12]。

茚嗪氟草胺广谱、持效、用量低^[15]。其芽前、芽后使用, 主要用于草坪、工业植被、葡萄、甘蔗、棉花、梨果、其它果蔬等, 防除禾本科和阔叶杂草^[10]。有效成分用药量为25~100 g/hm^{2[1]}。

3.7.2 市场开发

2010年, 茚嗪氟草胺首先在美国取得登记; 2011年, 在美国上市, 用于草坪, 商品名Specticle。茚嗪氟草胺继而以Specticle、Alion等商品名在美国、巴西、智利、加拿大等国上市。Specticle主要用于草坪等; Alion主要用于多年生作物, 如柑橘、坚果树、葡萄、梨果、核果等^[3]。

2014年, 拜耳在美国上市了Specticle Total(敌

草快+草甘膦+茚嗪氟草胺), 用于非作物领域。2015年, 在萨尔瓦多和危地马拉上市了Merlin Total(茚嗪氟草胺+异噁唑草酮), 用于甘蔗^[3]。2016年, 茚嗪氟草胺在巴西和澳大利亚登记, 用于咖啡、柑橘、桉树、甘蔗和草坪^[16]。

茚嗪氟草胺的配伍产品包括: 敌草快、草甘膦、异噁唑草酮等^[3]。

3.7.3 市场走势及细分市场

茚嗪氟草胺尚处于商品化早期阶段, 拜耳预计, 一旦市场全面打开, 其年销售额可达2.00亿美元^[3]。

2014年, 茚嗪氟草胺的全球销售额为0.40亿美元^[7], 2015年为0.35亿美元^[9], 2016年为0.45亿美元, 同比增长28.6%, 2011—2016年的复合年增长率为55.2%^[1]。茚嗪氟草胺仍为专利保护产品, 所以这些数据即为拜耳茚嗪氟草胺的销售额。

茚嗪氟草胺主要用于北美自由贸易区、拉丁美洲、亚洲, 2016年的销售额分别为0.15亿、882万、261万美元, 分别占总市场的33.1%、19.6%、5.8%。茚嗪氟草胺在其它/非作物领域占据很大的市场, 2016年的销售额为0.26亿美元, 占总市场的57.8%。在葡萄和甘蔗上的市场相当, 2016年销售额分别为551万和514万美元, 分别占总市场的12.2%和11.4%^[10]。

美国是茚嗪氟草胺的主要国家市场, 2016年的销售额为0.15亿美元, 占总市场的33.1%; 其在巴西、日本、智利也占有一定的市场份额^[10]。

3.8 西玛津(simazine)

西玛津(商品名Gesatop)为最早上市的三嗪类除草剂, 由先正达于1956年上市。其主要生产商为先正达, 其它生产商有安道麦、Oxon、陶氏益农和一些中国公司等^[3]。

西玛津为选择性内吸型除草剂, 主要通过根部吸收, 也通过叶片吸收, 在木质部向顶传导^[12]。其种植前、芽前使用^[1], 主要用于玉米, 还用于非作物领域、油菜、梨果、葡萄、谷物、其它果蔬等^[10], 防除禾本科和阔叶杂草^[10]。有效成分用药量为1~3.2 kg/hm^{2[1]}。

与莠去津一样, 西玛津也未能取得欧盟的再登记^[1]。

与西玛津复配的产品有: 莠去津、杀草强、草甘膦、百草枯等^[3]。

西玛津为最老的三嗪类除草剂, 市场不大。2016年, 其全球销售额为0.30亿美元, 2011—2016年的复合年增长率为-9.7%^[1]。

西玛津在亚洲、拉丁美洲、北美自由贸易区都有一定的市场, 2016年的销售额分别为0.11亿、992

万、696万美元,分别占总市场的36.2%、33.1%、23.2%。西玛津主要用于玉米、油菜,2016年的销售额分别为0.17亿、225万美元,分别占总市场的56.1%、7.5%^[10]。

巴西、美国、澳大利亚、中国是西玛津的主要国家市场,2016年的销售额分别为733万、681万、530万、417万美元,分别占总市场的24.4%、22.7%、17.7%、13.9%^[10]。

3.9 三嗪氟草胺(triaziflam)

2006年,三嗪氟草胺(商品名为Idetop)由Idemitsu Kosan公司在日本上市^[1]。

三嗪氟草胺虽属三嗪类除草剂,但与传统三嗪类化合物的结构相差较大,且可用于水稻田^[17]。三嗪氟草胺拥有全新的作用机理。据报道,其有多个作用位点,如抑制光合作用,通过抑制微管的形成干扰有丝分裂,抑制纤维素的合成等^[3]。

三嗪氟草胺芽前或芽后早期使用,主要用于草坪、水稻等,防除禾本科和阔叶杂草^[12]。有效成分用药量为0.25~1 kg/hm²^[1]。

目前,三嗪氟草胺的市场仍较小。2016年,其全球销售额为800万美元^[10],2011—2016年的复合年增长率为5.9%^[1]。

三嗪氟草胺的主要市场在亚洲,2016年的销售额为441万美元,占总市场的55.1%。该产品主要用于非作物领域,在该市场的销售额约为800万美元,几乎占据了三嗪氟草胺的全部市场^[10]。

日本是三嗪氟草胺的第一大销售国,2016年的销售额为441万美元,占总市场的55.1%^[10]。

3.10 Trifludimoxazin

Trifludimoxazin为巴斯夫正在开发的新除草剂,2014年公开,这是一个三嗪酮类化合物^[18]。其作用机理不同于传统的三嗪类除草剂,为原卟啉原氧化酶(PPO)抑制剂类除草剂。结构式如图1^[19]。

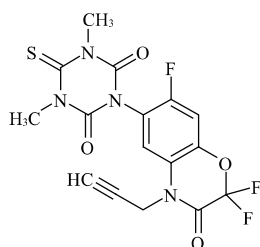


图1 Trifludimoxazin的结构式

4 三嗪类除草剂的抗性^[20]

由于过度依赖和长期使用相对有限的化学除草剂,导致了抗药性杂草的发生和发展。三嗪类除草剂抗性杂草生物型发生较早,20世纪80年代中后

期以来一直呈上升趋势。

三嗪类除草剂是典型的光系统(PS)抑制剂,其作用于光系统的光反应到质体醌(PQ)的还原之间。三嗪类除草剂通过与PS复合体上的D-1蛋白结合,改变膜蛋白的空间构型,从而阻断光系统中的电子传递,并阻碍NADP⁺合成所需的CO₂的固定,导致光系统反应中心被破坏。

光系统抑制剂类除草剂的抗性则与叶绿素psbA基因位点突变有关。研究人员发现,psbA基因编码除草剂结合位点为光系统的D-1蛋白(32 kD),而D-1蛋白第264、268、219位点上氨基酸突变成除草剂与该蛋白的亲合性下降,导致杂草对PS抑制剂类除草剂的抗药性。

杂草体内谷胱甘肽-S-转移酶活性和解毒能力增强是许多杂草对三嗪类除草剂的一种重要解毒机制。相对PS抑制剂类除草剂在抗性杂草体内的吸收、传导和靶标位点改变来说,抗性杂草对该类除草剂的代谢能力增强被认为是其抗药性产生的主要原因。

5 微生物降解三嗪类除草剂

随着莠去津等三嗪类除草剂的连年、大量使用,其对环境的影响也日益凸显。如莠去津在土壤中的残留期较长、降解缓慢,会影响后茬作物生长;其在土壤中的淋溶及径流,会对地下水和地表水造成污染^[21]。降低用药量、开发替代产品、通过微生物实施降解等,是目前针对三嗪类除草剂环境风险所采取的有效措施。

研究人员已经筛选出可以替代或部分替代莠去津的许多药剂,像乙草胺、精异丙甲草胺、烟嘧磺隆、硝磺草酮等。但综合考虑其杀草谱、使用成本、使用技术、对作物的安全性、市场推广等因素,这些药剂短期内还不能完全替代莠去津^[21]。然而,莠去津与这些除草剂复配或桶混,是一条降低莠去津环境风险的有效途径。

微生物降解因高效、经济、无二次污染等优点,在环境污染的治理中被广泛应用。自20世纪60年代以来,许多国家致力于寻找高效降解莠去津的微生物。研究人员已从诺卡氏菌属、红球菌属、不动杆菌属、土壤杆菌属、假单胞菌属、根瘤菌属和一些真菌菌属如曲霉、焦曲霉、根霉、镰孢霉、青霉、木霉、白腐菌等,以及藻类等微生物中,分离到很多可以降解莠去津的微生物^[21]。

微生物以2种方式降解除草剂:其一是以除草

剂作为生长的唯一碳源和能源,或唯一氮源,使其降解;其二是通过共代谢作用,微生物从其它化合物获得碳源和能源后,使除草剂转化,甚至完全降解^[22]。

假单胞菌ADP是首个报道的莠去津降解菌株,能在24 h内完全降解100 mg/L的莠去津,能利用莠去津为唯一氮源生长,并且对高浓度的莠去津(质量浓度大于1 000 mg/L)有较强的耐受性。据报道,有1个8成员混合菌群共代谢莠去津,该菌群包括根癌农杆菌、新月柄杆菌、恶臭假单胞菌、鞘氨醇单胞菌、诺卡氏菌、根瘤菌、栖稻黄单胞菌和产碱菌。许多均三嗪类降解菌株能同时降解多种该类除草剂,如类诺卡氏菌DN36分离自施用西草净的水稻田土壤,它能够完全降解西草净、西玛津、莠去津、扑灭津,也可以转化异戊净、莠灭净等,是首个报道的能够单独开环矿化多种均三嗪类除草剂的降解菌株^[23]。

华东理工大学和上海市农药研究所通过大量研究,找到了能有效代谢莠去津的微生物菌株。此菌株可使莠去津的残留减少90%以上^[2]。

目前,针对均三嗪类除草剂的污染采用原位投加降解菌体的生物修复技术已有很多研究,例如,对莠去津降解基因atxA转基因作物如苜蓿、烟草和拟南芥的植物-微生物修复正引起越来越多的关注^[23]。

6 三嗪类除草剂的市场前景

三嗪类除草剂的广谱和低成本几乎没有新产品能与之抗衡,从而成就了三嗪类除草剂稳定的市场需求和市场地位。然而该类产品在环境中的持留性及对地下水的污染等,也引起了农药管理部门的关注和担忧,促成了一些禁限用措施的出台。

在欧盟,包括莠去津和西玛津在内的许多三嗪类除草剂未能获得再登记,从而退出了欧盟市场。不过,近期来看,那些仍然在欧盟取得再登记的产品,它们的市场走势好于从前^[1]。

三嗪类除草剂在美国的登记继续保持,但登记用量下降。为此,美国市场上该类除草剂的产品剂型得到了很大的改进,并且多以复配产品的形式上市^[24]。

本世纪初,由于被新化学结构的产品所取代,加之农药管理上的限制,所以三嗪类除草剂的销售额有所下滑。然而近年来,三嗪类除草剂又取得了增长,这主要基于几方面的利好因素:① 甘蔗、果树、蔬菜等作物种植面积增长的驱动,尤其是巴西市场的需求较大;② 耐农达玉米进一步推广的推

动。由于巴西耐农达玉米种植面积还没有饱和,加之在美国和阿根廷推行同样的杂草防除战略,即在耐农达玉米田使用草甘膦之前,芽前使用莠去津等选择性、低成本除草剂,所以莠去津在这些市场仍可能进一步增长;③ 对抗性杂草的防除也使该类除草剂持续受益,尤其是许多杰出的新复配产品的上市,推动了该类产品销售额的增长。如先正达2015年上市了四元复配产品Acuron等。Acuron在2015年上市首年的销售额即达1.00亿美元,2016年突破2.00亿美元。实际上,Acuron的销售增长大大推动了莠去津的市场增长^[24];④ 三嗪类除草剂的广谱、低成本,使其成为众多除草剂复配的首选产品,尤其是莠去津,其超强的可混性是其它任何除草剂无可比拟的。

三嗪类除草剂的市场一直在利弊胶着中发展,未来几年,由于这些作用因素依然存在,所以其市场仍将有增长的潜能,但增幅可能不大。据Phillips McDougall公司预测,三嗪类除草剂2021年的全球销售额将微增至12.43亿美元(基于2016年汇率),2016—2021年的复合年增长率为0.3%^[1]。

参考文献

- [1] Phillips McDougall. AgriService Products Section—2016 Market [R]. Phillips McDougall, 2017.
- [2] 张一宾. 新型微生物菌株根除莠去津等三嗪类除草剂的残留问题 [J]. 农药快讯, 2016 (11): 8.
- [3] Phillips McDougall. Crop Protection & Biotechnology Consultants [R]. Phillips McDougall, 2017.
- [4] 杨梅, 林忠胜, 姚子伟, 等. 三嗪类除草剂莠去津的研究进展 [J]. 农药科学与管理, 2006, 25 (11): 31-37.
- [5] 严秋旭, 赵平, 李新, 等. 莠去津发展动向与应对策略 [J]. 农药, 2015, 54 (12): 933-936.
- [6] 张一宾, 钱虹. 均三氮苯类除草剂的品种、市场及发展 [J]. 世界农药, 2013, 35 (3): 20-23.
- [7] Phillips McDougall. AgriService Products Section—2014 Market [R]. Phillips McDougall, 2015.
- [8] 顾林玲. 销售额过亿美元的农药产品分析 [J]. 农药快讯, 2015 (22): 52-53.
- [9] Phillips McDougall. AgriService Products Section—2015 Market [R]. Phillips McDougall, 2016.
- [10] Phillips McDougall. Search by Active Ingredient Data 2016 [DB/OL]. [2018-03-25]. <http://www.agraspire.com/searchByProduct.asp>.
- [11] Phillips McDougall. AgriService Crops Section—2016 Market [R]. Phillips McDougall, 2017.

(下转第21页)

表4 防治蔬菜朱砂叶螨田间药效试验结果

药剂处理	药前 基数/头	药后3 d		药后7 d		药后14 d		药后21 d	
		活螨数/头	防效/%	活螨数/头	防效/%	活螨数/头	防效/%	活螨数/头	防效/%
30%乙唑螨腈 SC 25 mg/L	49.63	0.72	99.03 b	1.00	98.40 b	2.67	93.44 c	4.33	93.17 c
30%乙唑螨腈 SC 50 mg/L	29.77	0.27	99.40 ab	0.11	99.71 ab	1.33	94.53 bc	1.33	96.49 b
30%乙唑螨腈 SC 100 mg/L	27.83	0.14	99.66 a	0.03	99.92 a	0.03	99.88 a	0.19	99.46 a
20%哒螨灵 WP 80 mg/L	33.03	0.47	99.05 ab	1.11	97.34 ab	0.33	98.77 ab	1.25	97.05 a
1.8%阿维菌素 EC 6 mg/L	30.93	0.19	99.58 ab	0.42	98.93 ab	1.25	95.07 abc	0.33	99.16 a
CK	25.50	38.27		32.17		20.89		32.58	

表5 防治花卉二斑叶螨田间药效试验结果

药剂处理	药前 基数/头	药后1 d		药后3 d		药后7 d		药后14 d	
		活螨数/头	防效/%	活螨数/头	防效/%	活螨数/头	防效/%	活螨数/头	防效/%
30%乙唑螨腈 SC 50 mg/L	59.33	30.67	45.70 b	1.67	96.41 a	1.00	97.02 a	1.33	94.96 b
30%乙唑螨腈 SC 100 mg/L	70.67	4.67	93.06 a	0.67	98.80 a	0.67	98.33 a	0.33	98.94 a
43%联苯腈酯 SC 150 mg/L	52.00	34.00	31.30 b	3.67	91.00 b	2.33	92.08 b	2.67	88.50 c
CK	27.67	26.33		21.67		15.67		12.33	

3 讨论

30%乙唑螨腈SC是沈阳中化农药化工研发有限公司自主研发的新型高效杀螨剂,2017年在中国上市。目前其主要登记作物为棉花和苹果,但多年大量的田间试验结果显示,30%乙唑螨腈SC对柑橘全爪螨、始叶螨、锈壁虱、蔬菜朱砂叶螨,以及棉花、果树、花卉上二斑叶螨均有较好的防治效果,并且对棉花、苹果、柑橘、茄子、辣椒、菊花等作物安全,无药害。

在使用30%乙唑螨腈SC防治果树、蔬菜、花卉以及大田作物上害螨时,首先要掌握田间害螨发生、为害的规律,同时应根据30%乙唑螨腈SC的活性特点,找准施药适期,适时施用。建议在害螨发生、为害初期使用,并且要保证喷雾质量,从而达到合理、有效防治害螨发生、为害的目的^[5]。另外,在对害螨进行防治的过程中,注意搭配、轮换使用不同

作用方式、不同作用机制的杀螨剂,以延缓害螨抗性的产生与发展,达到延长杀螨剂使用寿命,减少使用次数,降低使用量的目的。

参考文献

(上接第8页)

- [12] Tomlin C D S. The e-Pesticide Manual [DB/CD]. 16th ed. Brighton: British Crop Production Council, 2011.
- [13] 顾林玲. 三嗪酮类除草剂——苯嗪草酮 [J]. 现代农药, 2016, 15 (4): 51-54.
- [14] 农业农村部农药检定所. 中国农药信息网 [DB/OL]. [2018-04-07]. <http://www.chinapesticide.gov.cn/hysj/index.jhtml>.
- [15] 杨吉春, 吴峤, 任兰会, 等. 除草剂开发的新进展 [J]. 农药, 2012, 51 (8): 549.
- [16] 吴峤, 杨吉春, 刘彦斐. 2016年登记或上市的农药品种 [J]. 农药, 2017, 56 (1): 56-60.
- [17] 刘长令. 三嗪类除草剂的创制经纬 [J]. 农药, 2002, 41 (4): 46.
- [18] 杨吉春, 吴峤, 王秀丽. 2014年公开的新农药品种 [J]. 农药, 2015,

- [1] 李斌, 于海波, 罗艳梅, 等. 乙唑螨腈的合成及其杀螨活性 [J]. 现代农药, 2016, 15 (6): 15-16; 20.
- [2] 中华人民共和国农业部. GB/T 17980.11—2000 农药田间药效试验准则(一) 杀螨剂防治桔全爪螨 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [3] 中华人民共和国农业部. GB/T 17980.59—2004 农药田间药效试验准则(二) 第59部分: 杀螨剂防治柑橘锈螨 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [4] 中华人民共和国农业部. GB/T 17980.17—2000 农药田间药效试验准则(一) 杀螨剂防治豆类、蔬菜叶螨 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [5] 刘少武, 班兰凤, 冯聪, 等. 杀螨剂联苯腈酯活性研究 [J]. 农药, 2016, 55 (3): 223-225. (责任编辑: 顾林玲)

54 (3): 215-216.

- [19] 柏亚罗. 巴斯夫有序推进新产品上市, 氟氯醚菌唑的年峰值销售额将超12亿美元 [J]. 农药快讯, 2018 (7): 5-6.
- [20] 张朝贤, 倪汉文, 魏守辉, 等. 杂草抗药性研究进展 [J]. 中国农业科学, 2009, 42 (4): 1274-1289.
- [21] 史伟, 李香菊, 张宏军. 除草剂莠去津对环境的污染及治理 [J]. 农药科学与管理, 2009, 30 (8): 30-33.
- [22] 李军红, 颜慧, 刘宪华, 等. 降解均三嗪类除草剂的优势菌的特性研究 [J]. 南开大学学报: 自然科学版, 2001, 34 (1): 58-61.
- [23] 褚翠伟, 阮志勇, 姚利, 等. 除草剂的微生物降解研究进展 [J]. 生物资源, 2018, 40 (2): 93-100.
- [24] 柏亚罗. 三嗪类除草剂市场增长的三大关键因素 [J]. 农药快讯, 2017 (24): 17. (责任编辑: 顾林玲)