

专论与综述

麦草畏的开发及应用进展综述

谭海军, 田琳

(江苏龙灯化学有限公司 国际部, 江苏 昆山 215300)

摘要: 麦草畏是一种具有选择性和内吸传导型苗后生长素类除草剂, 其持效期长, 主要用于谷物、玉米、高粱、甘蔗、牧场和非农田作物等的杂草防除。随着抗麦草畏生物技术研究 and 麦草畏混合除草剂开发的不断深入, 麦草畏的市场前景广阔。文章对麦草畏的研究及其开发应用进展进行了简要介绍。

关键词: 麦草畏; 药害; 开发与应用; 抗麦草畏大豆; 抗性

中图分类号: TQ457.2*7 **文献标识码:** A

Review on Development and Application of Dicamba

TAN Hai-jun, TIAN Lin

(International Department, Jiangsu Rotam Chemistry Co., Ltd., Kunshan 215300, China)

Abstract: As a selective, systemic, and post-emergence auxinic herbicide, dicamba has been widely used for weed control in fields of maize, sorghum, sugarcane, pasture and non-cropland, with long duration of efficacy. It will help dicamba to get broad prospects with the further development of dicamba-resistant crops and new dicamba-containing combination formulations. A brief review of recent development and application of dicamba was introduced in this paper.

Key words: dicamba; phytotoxicity; development and application; dicamba-resistant soybeans; resistance

麦草畏 (Dicamba), 化学名为 3,6-二氯-2-甲氧基苯甲酸, 商品名百草敌、麦草威, 是一种具有选择性和内吸传导型苗后生长素类除草剂, 由美国维尔斯科尔化学公司 (Velsicol Chemical Corp) 于 1961 年创制^[1], 1963 年在加拿大取得登记, 1967 年首次作为除草剂报道并取得美国登记。

麦草畏主要通过调节激素的类似调节来控制敏感植物的生长, 其内吸作用强, 对阔叶杂草具有较高的选择杀草活性, 而且药效时间长, 主要用于玉米和谷物田地中杂草的防除, 同时在高粱、甘蔗、牧场和非农田作物上也都有使用。随着抗麦草畏生物技术和麦草畏混合除草剂研究的不断深入, 麦草畏的市场前景看好。笔者对麦草畏的研究及其开发应用进展进行了简要介绍。

1 产品特性

1.1 理化性质

麦草畏的纯品为白色结晶, 比重为 1.57(25℃), 熔点为 114~116℃, 闪点为 150℃, 蒸汽压为 4.5×10^{-3} Pa; 25℃时溶解度: 水中为 0.65 g/L, 乙醇中为 92.2 g/L, 异丙醇中为 76.0 g/L, 丙酮中为 81.0 g/L, 甲苯中为 13.0 g/L, 二氯甲烷中为 26.0 g/L, 二恶烷中为 118.0 g/L。在室温条件下抗氧化和抗分解, 在碱、酸中稳定, 大约 200℃时分解。

1.2 作用机制

麦草畏具有激素活性^[2], 能改变茎叶和根系的发育, 引起开花异常等多种形态反应。麦草畏水溶性高, 易被植物茎叶及根系吸收, 在植物体内可以通过韧皮部和木质部上下行传导, 多积累在活跃的分生组织及代谢活动旺盛的部位, 阻碍植物体内激素的正常活动, 引起茎叶和根的畸形, 细胞分裂、伸长和分化不规律, 破坏核酸代谢, 产生类似于 2,4-滴类除草剂所特有的药效症状, 从而使敏感植物枯死。

作者简介: 谭海军(1985-), 男, 湖南常德人, 硕士, 主要从事农化新产品的开发(E-mail: tanhaijun@foxmail.com)。

收稿日期: 2010-12-17

麦草畏具有选择除草活性，原理是形态选择，主要是由于它在不同植物体内吸收、运转、代谢速度的差异和体内分布的差异^[3]。小麦等抗性植物对药剂的吸收远远慢于敏感的阔叶杂草，且代谢迅速（在植物体内的解毒机制是被代谢为 5-羟基-麦草畏，随之进行轭合作用^[4]），药剂很少到达生长点，而在敏感的阔叶植物内代谢缓慢。

麦草畏一般作茎叶处理剂，苗后喷雾。由于麦草畏的内吸传导性好，在较短时间内可通过杂草的茎、叶或根被内吸，可以将杂草连根杀死。在土壤中稳定且较易移动，有一定的残效期，一般能保持 40 d 以上，这是 2,4-滴类药剂所不及的。经长期使用后表明，杂草未见抗性。

1.3 防治对象

麦草畏对苗后的一年生阔叶和宿根性多年生杂草有显著防治效果，对小麦、玉米、谷子、水稻和高粱等禾本科作物比较安全，可用于防除猪殃殃、大巢菜、养麦蔓、藜、牛繁缕、播娘蒿、苍耳、薄壁草、田旋花、问荆、鳢肠、篇蓄、香薷、蓼、芥菜、繁缕等 200 多种杂草。主要用于谷类作物、玉米、高粱、甘蔗、牧场和非农田作物，也可用于果树、卷心菜、甘蓝、菜花和油菜等作物的杂草控制。

1.4 毒性

杨永年等^[5]的研究表明麦草畏及其二甲胺盐制剂急性毒性比 2,4-滴的毒性低，属于低毒类农药，而且对试验动物无累积作用。但 Caroline^[6]总结指出，麦草畏会抑制人体神经系统乙酰胆碱酯酶，同时会增加非霍奇金淋巴瘤的患病几率；会使试验动物体重、肝脏受损，雌性容易堕胎，严重时还会造成眼瞎；还会导致人体血细胞、细菌和大麦的基因损坏；其生产中残留的致癌物质亚硝基二甲胺和 3,7-二氯二苯并对二英，还会引起试验动物的先天缺陷和癌症。

1.5 环境归趋与残留

麦草畏在水中以共轭或阴离子 ($pK_a=1.87^{[7]}$ 或 $1.94^{[8]}$) 形式存在，32 d 后约有 10% 转化为 5-羟基-麦草畏，同时伴随缓慢的脱羧过程，麦草畏不会通过生物的食物链富集^[9]。Ronald 等^[10]报道了麦草畏在厌氧条件下被取自沼泽地土壤的聚生体生物降解的过程，即先经脱甲基化得 3,6-二氯水杨酸后，再经过去氯还原反应得到 6-氯水杨酸。顾继东等^[11]的研究表明，麦草畏厌氧降解 27 d 后，仍然有 92% 以上的 3,6-二氯水杨酸中间产物污染环境。而在光作用下，则会发生去氯羟基化，或进

一步氧化环合^[12]。麦草畏的半衰期小于 7 d，40 d 后完全消失^[13]。高生等^[14]对施用麦草畏制剂后的小麦残留的分析表明，收获期的小麦子实、麦田土壤和麦秆均无麦草畏残留。

1.6 药害

豆类、棉花和薯类等双子叶作物对麦草畏较为敏感^[15]，不能施用麦草畏药剂。单子叶作物上施用需要注意施用时间和用量，若出现轻度药害时，作物会表现为植株松散、茎倾斜弯曲或叶卷曲等现象，一周后可自行恢复正常，对产量影响不大（若是玉米等中耕作物出现这些症状，则在回直前不宜进行中耕）。麦草畏应用于城市草坪除草，如使用不当，轻会使早熟禾被严重抑制，重则造成早熟禾缺苗^[16]，建议在幼苗期不要使用该产品^[17]。麦草畏还能抑制植物根尖分生组织的细胞分裂^[18]，从而影响种子萌芽，故种子田中应慎用或不用此除草剂。

和苯氧羧酸类除草剂一样，麦草畏易挥发，若高温施用则会形成雾滴而漂移数十里，对邻近敏感的阔叶作物易造成药害，同时也会造成作物减产。此外，麦草畏在土壤中的迁移，一方面会造成河流、池塘和地下水的污染，另一方面还会抑制土壤养分循环中的某些生物的活动，从而破坏土壤肥力，增加植物病害^[6]。

2 产品开发

2.1 原药生产

Sidney 等^[1,19]最先比较全面地报道了麦草畏的合成，如图 1 所示，他们以 1,2,4-三氯苯为原料，经醇解、Kolbe-Schmidt 基化得到 3,6-二氯水杨酸，最后用硫酸二甲酯醚化得到原药初品，总收率以 1,2,4-三氯苯计 24.6%。粗品精制用戊烷重结晶。

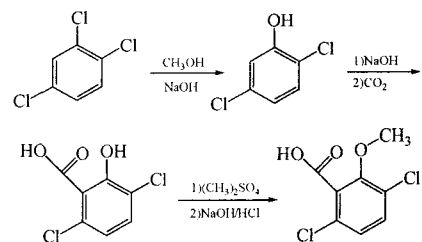


图 1 麦草畏的合成路线

Fig.1 Synthesis process of dicamba

随后，有不少麦草畏新合成工艺的报道，比较有工业生产意义的主要有：Nagareyama 等^[20]改用一条新的且经济适用的路线来合成中间体 2,5-二

氯苯酚,即以3,5-二氯苯胺为起始原料经重氮化、水解来合成,收率88.3%。Manfred等^[21]在由2,5-二氯苯酚钾盐合成3,5-二氯水杨酸的过程中添加一定量的无水碳酸钾,明显提高了该步的反应收率。江苏生花农药有限公司在2006年申请的国家专利^[22-23]中报道了两点改进:一是用浓硫酸替代稀硫酸与2,5-二氯苯胺在常温下反应,产物直接溶于浓硫酸再与后序投料的亚硝酸钠充分反应,由此提高了收率,简化了操作并降低了能耗;二是改向3,6-二氯水杨酸中滴加硫酸二甲酯的甲苯(或丙酮、四氢呋喃、二甲苯等有机溶剂)溶液进行反应,因原物料溶于有机溶剂,减少了硫酸二甲酯的泄露,使工艺清洁化,由此生成的中间体再用氢氧化钠的溶液转化为麦草畏钠盐,提高了反应收率。浙江升华拜克生物股份有限公司的姜东军等^[24]使用新的羧化催化剂BKC-3(碳酸钾和三乙胺按摩尔比1:1.6的混合物),使由2,5-二氯苯酚钾盐合成3,5-二氯水杨酸的反应收率由原来的65%再提升到87%。

章小波等^[25]以3,5-二氯苯胺为原材料,经重氮化、水解得到2,5-二氯苯酚,再发生Kolbe-Schmidt羧基化得3,6-二氯水杨酸,最后与硫酸二甲酯醚化得到麦草畏(如图2所示),总收率以3,5-二氯苯胺计达到44.7%。同时,该合成过程中还对重氮化反应中的硫酸进行了回收,回收率达到80%,既降低了成本又减少了环境污染。

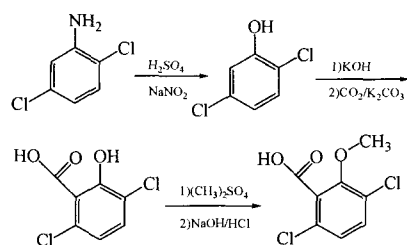


图2 麦草畏的合成路线

Fig.2 Synthesis process of dicamba

FAO规定的麦草畏原药最低含量为85%,实际商业原药产品含量为98%。瑞士先正达在美国、巴西和中国登记的麦草畏原药含量分别为89%、85%和80%,而浙江升华拜克和江苏优士化学等9家公司在国内登记的原药含量为90%~98%。德国巴斯夫、印度Gharda(新建的麦草畏的工厂于1998年通过了美国环保署的审批)和浙江升华拜克、江苏优士化学等是生产该原药的主要企业。

2.2 制剂开发

Sandoz公司(现已并入先正达公司)最先以Banvel和Banvel GST的商品名,PBI/Gordon公司以Trimec(2,4-D+甲4氯+麦草畏)的商品名进行麦草畏相关产品的销售。

通过与先正达公司合作,巴斯夫公司于1996年分享了后者在北美的麦草畏市场(其水剂单剂配方如表1所示),随后就取得了桶混除草剂Celebrity(麦草畏和烟嘧磺隆)在美国玉米上登记(1998年),并又先后在美国和在加拿大开发出Distinct(氟吡草胺+麦草畏,1999年)和Arrat(三氟甲磺隆25%+麦草畏50%,2005年),2007年又在美国推出了用于玉米田的Status(氟吡草胺+麦草畏)。在此期间,先正达也推出了Rave(醚苯磺隆+麦草畏)、NorthStar(氟嘧磺隆+麦草畏)和双组分预混除草剂PeakPlus(氟磺隆+麦草畏)等复配制剂,还有在德国和美国分别用于谷物和高粱除草的Zoom(醚苯磺隆+麦草畏)。杜邦公司也推出了用于美国谷物除草的Agility(麦草畏+噻吩磺隆+苯磺隆+甲磺隆)。2009年1月,麦草畏被列入欧洲附表I名单并开始重新登记。随着用于玉米和谷类等作物的麦草畏的需求量的不断增加,将不断有新的复配产品出现。

表1 巴斯夫公司的麦草畏水剂配方

Table 1 Preparation of dicamba WG

商品名	主要成分	麦草畏盐 (%)	相应的麦草畏 (%)	其它组分 (%)
Banvel	麦草畏二甲胺盐(DMA)	48.2	12.0	39.8
Vanquish	麦草畏二甘醇胺盐(DGA)	56.8	14.2	29.0

国内从2005年开始麦草畏的制剂登记,目前有6家企业登记了480 g/L或48%水剂,多家企业登记了麦草畏的混剂:用于麦田防除阔叶杂草的38.6%滴纳·麦草畏水剂,用于玉米田一年生杂草的40%烟嘧·麦草可湿性粉剂,用于防除非耕地杂草的20%和400 g/L草甘·麦草水剂,用于非耕地水花生等杂草的20%甲磺·麦草可湿性粉剂等。

3 应用进展

3.1 单剂应用

麦草畏单剂开发起步较早,但由于药害等原因,应用的剂型不多。主要有用于小麦和玉米田除

草的 48%水剂 (对猪殃殃等恶性杂草表现出独一无二的防除效果)^[26], 用于小麦田除草的 48%乳油^[14]、70%水分散粒剂^[28]和 50%可湿性粉剂 (一次用药可控制小麦全生育期杂草)^[27], 用于草坪除草的 72%乳油^[17]。值得一提的是, Adria 公司在新西兰开发并登记的 500 g/L 麦草畏可溶性液剂, 与多数常用的杀菌、杀虫和除草剂的相容性好, 可用于多数农作物芽后阔叶杂草的防除, 同时也是对抗耐三嗪类除草剂的有效产品。

3.2 混剂应用

麦草畏混剂由于能增加防效、扩大杀草谱, 已得到市场认可: 与 2,4-D 丁酯复配^[29-30], 对小麦田猪殃殃、繁缕、巢菜等阔叶杂草具有良好的防除效果, 在小麦返青至拔节前使用可增产 19.2%左右; 与 2 甲 4 氯混用^[31]对麦田里猪殃殃^[32]、鹅不食草、泽漆、尼糊菜和麦蒿、芥菜、唐介混生的杂草具有显著防效, 同时还可根除芦苇中的杂草鸡矢藤^[33]; 与甲黄隆或绿黄隆混配^[34], 可有效防除麦田杂草, 增产 15%~20%; 与草甘膦复配, 40%草甘·麦草水剂^[35]防除苹果园杂草, 可显著提高对马齿苋的防除效果, 并对其它一年生杂草也表现出良好的防效, 20%草甘·麦草水剂的除草效果好, 持效期长, 且对水花生有特效^[36], 同时对非耕地杂草也有较好的防除效果^[37]; 与苄嘧磺隆复配, 21%苄·麦草可湿性粉剂^[39]可用于防除稻田阔叶杂草和禾本科杂草; 与苯磺隆复配, 46%苯磺隆·麦草畏可湿性粉剂^[40]能有效地防除藜、播娘蒿草和芥菜等一年生及多、越年生阔叶杂草, 并对小麦产量无不良影响; 与氯氟吡氧乙酸复配, 75%使它隆·麦草畏水分散粒剂^[41]可用于小麦、水稻防除旱地空心莲子草, 持效期较长, 防效显著; 与克无踪 (克草快) 混用^[38], 可将水花生连根杀死。此外, 麦草畏还与尿素混配, 剂量减半, 但防效显著且可减少药害^[42]。

4 转基因技术与抗性问题的

4.1 转基因技术

自 2005 年以来, 孟山都公司就与内布拉斯加大学林肯分校 (UNL) 开始合作研究抗麦草畏阔叶作物技术。2007 年, UNL 的 Mark 等^[43]报道了他们在研究一种能降解麦草畏的土壤细菌 *Pseudomonas Maltophilia* 时找到的一种氧化酶, 该氧化酶可以将麦草畏转化为一个对植物无害的物质, 其基因最先在转基因的烟草和西红柿植株中得到表达, 最近又在大豆中得到表达, 使得该大豆可抵抗正常用量 5 倍的麦草畏。作为抗草甘膦大豆的竞争和补充,

这种抗麦草畏的大豆预计将于 2011-2013 年上市。但来自美国田纳西大学的杂草控制专家 Larry Steckel 在 2008 米兰非耕作物会议上将时间提前到 2013 年, 虽然他也指出还有一些急需解决问题, 如可用桶混产品的选择等。

孟山都公司开发的第 3 代耐除草剂棉花 Dicamba & Glufosinate-Tolerant (DGT) 是一种复合 (多) 性状转基因作物, 可耐受麦草畏和草铵磷, 目前已经进入田间试验阶段, 预计在 2012-2014 年上市。此外, 孟山都等公司还在积极研究开发新的混剂来解决麦草畏飘移对附近作物的药害及新的抗性等问题。

4.2 抗性问题的

Kern 等^[44]的研究表明, 藜科杂草地肤子对麦草畏等激素类除草剂多有抗性。James 等^[45,46]也发现在新西兰的玉米地里产生了耐麦草畏的阔叶杂草羊腿藜, 但是可以通过烟嘧磺隆、溴苯腈、吡草特和甲基磺草酮等芽后除草剂加以防治。

5 小 结

生长素类苗后除草剂麦草畏, 具有激素活性, 其选择性和内吸传导性强, 其药效时间长, 可用于谷物、玉米、高粱、甘蔗、牧场和非农田作物等的杂草防除, 但要注意控制其药害。随着孟山都等国际巨头对抗麦草畏生物技术研究的深入, 及先正达、巴斯夫等跨国公司对麦草畏混合除草剂的不断开发, 麦草畏的市场前景将越发广阔。

参考文献:

- [1] Sidney B R. 2-Methoxy-3,6-dichlorobenzoates [P]. US: 3013054, 1961-12-12.
- [2] Keitt G W, Baker R A. Auxin activity of substituted benzoic acids and their effect on polar auxin transport [J]. *Plant Phys.*, 1966, 41: 1 561-1 569.
- [3] 童哲. 百草敌和豆科威[J]. *植物杂志*, 1988, (3): 35-36.
- [4] 马晓洲, 洪加康. 百草敌在冬麦田的安全应用[J]. *植物保护*, 1988, 14 (1): 33-34.
- [5] 杨永年, 陈水锦, 翟为雷, 等. 除草剂麦草畏毒性研究简报[J]. *农药*, 1984, (5): 51-52.
- [6] Caroline C. Dicamba [J]. *Journal of Pesticide Reform*, 1994, 14 (1): 30-35.
- [7] Tomlin C. *The Pesticide Manual*, 10th edn British Crop Corporation Council [M]. UK: The Bath Press. 1994: 298-99.
- [8] Fogarty A M, Tuovinen O, J. *Indus. Microbiol*, 1995,

- (14): 365.
- [9] Yu C C, Hansen D J, Booth G M. Fate of Dicamba in a model ecosystem [J]. *Bull Environ Contam Toxicol*, 1975, 13 (3): 280-283.
- [10] Ronald H T, Duane F B, David A B, etc. Degradation of Dicamba by an Anaerobic Consortium enriched from Wetland Soil[J]. *Applied and environmental microbiology*, 1993, 59 (7): 2 332-2 334.
- [11] 顾继东, 程树培, 顾继光. 麦草畏除草剂厌氧降解可生化性测定[J]. *环境科学*, 2001, 22 (4): 111-113.
- [12] Aguer J P, Blachère F, Boule P, et al. Photolysis of dicamba (3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid) in aqueous solution and dispersed on solid supports [J]. *International Journal of Photoenergy*, 2000, 2: 81-86.
- [13] Scifres C J, Allen T J, Leinweber C L, and K.H. Pearson. Dissipation and phytotoxicity of dicamba residues in water[J]. *J.Environ. Qual.*, 1973, 2: 306-309.
- [14] 高生, 季凤和, 刘德玉, 等. 麦草畏在小麦上残留试验研究[J]. *黑龙江农业科学*, 1989, (4): 9-12.
- [15] 龙圣喜. 科学使用百草敌防除麦田杂草 [J]. *新疆农业科技*, 1993, (3): 16.
- [16] 李善林. 草坪杂草[M]. 北京: 林业出版社, 1996.
- [17] 李善林. 麦草畏对早熟禾生长的影响 [J]. *中国草地*, 2001, 23 (6): 73-74.
- [18] 范道旺, 朱广康, 王焕民. 麦草畏对小麦幼苗生长、细胞分裂和核酸代谢的影响 [J]. *植物生理学通讯*, 1988, (3): 35-37.
- [19] Sidney B R. Herbicidal composition and method[P]. US: 3345157, 1967-10-03.
- [20] Nagareyama M W, Hiratsuka N O, Yokohama S I. Process for producing polyhalogenated phenols [P]. US: 4005151, 1977-01-25.
- [21] Manfred B, Richard S. Process for the preparation of 3,6-dichloro-salicyclic [P]. US: 4232172, 1980-11-04.
- [22] 蒋荣义, 刘宝川, 杨晓伦. 改进的麦草畏生产中的烷基化工艺[P]. CN, 200610039170, 2006-03-27.
- [23] 蒋荣义, 刘宝川. 改进的麦草畏生产中的重氮化工艺 [P]. CN: 200610039171, 2006-03-27.
- [24] 姜东军, 梁现蕊. 2-羟基-3,6-二氯苯甲酸的合成工艺研究[J]. *浙江化工*, 2008, 39 (12): 5-6.
- [25] 章小波, 蒋永祥, 汤森荣, 等. 安息香酸系除草剂——麦草畏的合成[J]. 2002, 42 (11): 13-14.
- [26] 李美, 高兴祥, 高宗军, 等. 几种除草剂防除猪殃殃效果评价[J]. *农药*, 2007, 46 (12): 857-859.
- [27] 周仁先. 50%麦草威防除麦田杂草的药效试验[J]. *安徽农业科学*, 1999, (3): 269.
- [28] 蔡广成, 胡学友, 孙友武. 70%百草敌 WG 防除小麦田杂草的药效试验 [J]. *安徽农业科学*, 1999, 27 (3): 280, 284.
- [29] 樊海安. 2,4-D 丁酯与百草敌复配防除麦田杂草试验 [J]. *安徽农业科学*, 2008, 36 (13): 5 516-5 517.
- [30] 何宜玲, 陆峰, 曹方元. 2,4-D 麦草畏 AS 防除小麦田阔叶杂草试验[J]. *大麦与谷类科学*, 2009, (4): 39-41.
- [31] 范金华, 刘存欣, 张云山, 等. 麦草畏配合 2 甲 4 氯防除麦田杂草试验[J]. *农药*, 1986, (2): 47-48.
- [32] 邵德良. 百草敌分期施用对大麦产量的影响 [J]. *大麦科学*, 1991, 27 (2): 32-33.
- [33] 宋教砚, 荣照山. 百草敌防除芦苇杂草鸡矢藤试验 [J]. *湖北植保*, 1994, (1): 19.
- [34] 孙广仲, 仇光灿, 成晓松. 百草敌与甲、绿黄隆混配防除麦田杂草试验[J]. *农药*, 1994, 33 (3): 51-53.
- [35] 李爱华, 孙瑞红, 李圣龙. 草甘·麦草防除苹果园杂草的效果[J]. *杂草科学*, 2006, (1): 41-42.
- [36] 刘斌. 20%农盛防除柑桔园水生等杂草的药效试验 [J]. *中国南方果树*, 2003, 32 (3): 27.
- [37] Dayis L T, Watter G. 1,2,4-Triazol-3-one antidepressants[P]. US: 4487773, 1984-12-11.
- [38] 雷农田. 克无踪(克草快)+百草敌防治田埂杂草[J]. *四川农业科技*, 2002, (4): 21.
- [39] 潘康标. 21%苜·麦草可湿性粉剂的分析方法[J]. *农药科学与管理*, 2003, 24 (4): 7-8.
- [40] 刘亦学, 汤天寿, 刘焕禄, 等. 46%苯磺隆·麦草畏可湿性粉剂防除小麦田阔叶杂草药效试验[J]. *安徽农业科学*, 2002, 30 (4): 575-576.
- [41] 明亮. 75%氯氟吡氧乙酸·麦草畏配方及水分散粒剂的研制[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [42] 张雪浓, 金志荣. 百草敌与尿素混配防除麦田杂草猪殃殃[J]. *杂草科学*, 1988; (1): 33-34.
- [43] Behrens M R, Mutlu N, Chakraborty S, et al. Dicamba resistance: enlarging and preserving biotechnology-based weed management strategies [J]. *Science*, 2007, 316 (5828): 1 185-1 188.
- [44] Kern A J, Chaverra M E, Cranston H J. Dicamba-Responsive Genes in Herbicide-Resistant and Susceptible [J]. *Weed Science*, 2005, 53: 139-145.
- [45] James T K, Rahman A, Mellso J M. Fathen (*Chenopodium album*): a biotype resistant to Dicamba [J]. *New Zealand Plant Protection*, 2005, 58: 152-156.
- [46] Rahman A, James T K, Trolove M R. Chemical control options for the Dicamba resistant biotype of Fathen (*Chenopodium album*) [J]. *New Zealand Plant Protection*, 2008, 61: 287-291.