

除草剂

科学使用指南

Chucaoji Kexue Shiyong Zhinan

李香菊 梁帝允 袁会珠 主编

中国农业科学技术出版社

除草剂

科学使用指南

Chucaoji Kexue Shiyong Zhinan

李香菊 梁帝允 袁会珠 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

除草剂科学使用指南 / 李香菊, 梁帝允, 袁会珠主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2014. 5
ISBN 978 - 7 - 5116 - 1605 - 0

I. ①除… II. ①李…②梁…③袁… III. ①除草剂 - 农药施用 -
指南 IV. ①S482. 4 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 066615 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82106624 (发行部)

(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 16.25 彩插 4 面

字 数 260 千字

版 次 2014 年 5 月第 1 版 2015 年 1 月第 2 次印刷

定 价 39.00 元

除草剂科学使用指南

编 委 会

策 划：钟天润

主 编：李香菊 梁帝允 袁会珠

副主编：郭永旺 崔海兰 杨 峻

张 佳 张绍明 束 放

编著者：（以姓氏笔画为序）

于惠林 史致国 杨 峻

李香菊 束 放 张 佳

张绍明 张凯雄 邵振润

袁会珠 郭永旺 曹新明

崔海兰 梁帝允 彭 军

前言

除草剂的发现是近代农业科学的重大成就之一。化学除草改变了靠人工、畜力和机械除草的状况,以其省工、快速、高效在保障农业稳产以及推进我国城镇化建设中起到了巨大作用。我国田园杂草 1 400 种以上,生长在主要作物田的杂草 200 种左右,其中,约 40 种危害最为严重。据全国农业技术推广服务中心统计,2012 年全国杂草发生面积 0.78 亿 hm^2 ,化学防治面积 0.91 亿 hm^2 ,挽回粮食损失 2 141 万 t。随着科学技术的进步,除草剂品种逐渐向高效、低毒、低残留方向发展,今后,在杂草综合治理体系中,化学防除仍将是一项不可取代的重要手段。

除草剂杀除的对象是与作物很接近的植物——杂草,因此,除草剂使用技术比其他类农药更复杂,施药要求更加严格。只有选择了合适的药剂、采用正确的施药方法、在有利的环境条件下,除草剂才能最大限度地发挥除草作用和保证对作物的安全,也才能实现杂草治理的可持续性。

由于农药的使用者缺乏对除草剂基础知识的了解和掌握,盲目用药的现象普遍存在,致使部分地区杂草抗药性发展迅速,除草剂防治效果下降。表现突出的是我国水稻、小麦田杂草对乙酰辅酶 A 羧化酶抑制剂和乙酰乳酸合成酶抑制剂的抗药性。因此,如何科学、合理、安全使用除草剂,保障粮食安全、农产品质量安全、农业生态系统安全及施药者的安全,是当前农业生产中亟待解决的问题。

我国有 2.4 亿农户，这种一家一户式的微型家庭农场面积平均只有 0.5hm^2 ，在如此小的面积上配置多种作物、多个品种及不同种植方式共存是我国种植业的特点，也为除草剂使用提出了更高的要求。鉴于目前我国农药使用者及农技人员对科学合理用药知识的缺乏，急需提升其合理使用除草剂和科学防控杂草的能力，我们编写了这本《除草剂科学使用指南》。全书共分 8 章，分别从除草剂按作用机理分类，水稻、小麦、玉米、大豆、油菜、棉花田常用除草剂的理化性质和使用技术，除草剂安全使用及个人防护等方面进行了介绍。本书所涉及的不同作物田适用除草剂品种，以“中国农药信息网”（<http://www.chinapesticide.gov.cn/service>）登记的品种、剂型、使用量及使用方法为依据，由于大部分药剂生产企业较多，本书不能一一列出。

本书按照国际除草剂抗性行动委员会的除草剂作用机理分类，提出了不同作物田除草剂的轮换使用方案，以此推动农药使用人员及基层农技推广人员在生产中采用不同作用机理的除草剂轮换使用、混合使用，达到延缓杂草抗药性发展的目的。《除草剂科学使用指南》是基于作用机理与分类而撰写的国内除草剂应用方面的第一本专门著作，相信本书的出版将对基层农技人员、农药零售商和农药使用人员科学使用除草剂起到促进作用，为进一步做好科学、安全用药，确保农业增产增收作出贡献。

《除草剂科学使用指南》的出版，得到了公益性行业（农业）科研专项（201303031）和国家“十二五”科技支撑计划（2012BAD19B02）的支持；中国农业科学院植物保护研究所闫晓静副研究员绘制了本书部分除草剂结构式，曹洪玉、牛宏波、杨鑫浩、刘小龙、韩玉皎、王藏月和高陆思等承担了本书部分文字录入工作，在此一并感谢。

由于作者知识水平的局限，书中难免存有错漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 12 月

目 录

CONTENTS

第一章 除草剂作用机理分类	(1)
一、除草剂的分类	(1)
二、除草剂的作用机理	(3)
三、除草剂的作用机理分类方法	(5)
四、各类除草剂作用机理描述	(10)
五、杂草抗药性及除草剂交替和轮换使用	(13)
第二章 水稻田杂草防除轮换用药防治方案	(16)
一、水稻田除草剂重点产品介绍	(16)
二、水稻田除草剂作用机理分类表	(63)
三、水稻田除草剂轮换使用防治方案	(64)
第三章 小麦田杂草防除轮换用药防治方案	(71)
一、小麦田除草剂重点产品介绍	(71)
二、小麦田除草剂作用机理分类表	(109)
三、小麦田除草剂轮换使用防治方案	(110)
第四章 玉米田杂草防除轮换用药防治方案	(115)
一、玉米田除草剂重点产品介绍	(115)
二、玉米田除草剂作用机理分类表	(147)
三、玉米田除草剂轮换使用防治方案	(148)

第五章 大豆田杂草防除轮换用药防治方案	(151)
一、大豆田除草剂重点产品介绍	(151)
二、大豆田除草剂作用机理分类表	(184)
三、大豆田除草剂轮换使用防治方案	(185)
第六章 油菜田杂草防除轮换用药防治方案	(189)
一、油菜田除草剂重点产品介绍	(189)
二、油菜田除草剂作用机理分类表	(200)
三、油菜田除草剂轮换使用防治方案	(201)
第七章 棉田杂草防除轮换用药防治方案	(203)
一、棉田除草剂重点产品介绍	(203)
二、棉田除草剂作用机理分类表	(216)
三、棉田除草剂轮换使用防治方案	(216)
第八章 除草剂安全使用及个人防护	(219)
一、除草剂安全使用及其意义	(219)
二、除草剂药害的预防	(221)
三、正确选择除草剂品种	(223)
四、准确称量所需的除草剂用量	(225)
五、除草剂配制时的注意事项	(226)
六、除草剂施药前后的安全措施及个人防护	(226)
参考文献	(228)
附 录	(231)
附录一 农药安全使用规范 总则	(231)
附录二 除草剂安全使用技术规范 通则	(238)
附录三 农药抗性风险评估 总则	(244)
附录四 农药抗性风险评估 乙酰乳酸合成酶抑制剂类除草剂抗性 风险评估	(247)
附录五 除草剂作用机理	(253)

第一章

除草剂作用机理分类

CHUCAOJI ZUOYONG JILI FENLEI

除草剂是农药的重要组成部分，是以杂草为防治对象的一类物质。除草剂的发现是近代农业科学的重大成就之一。作为一项农业技术措施，它具有省工、快速、高效的优点。过去几十年间，除草剂在农业生产中发挥了重大作用，今后随着科学进步及生产的发展，在杂草综合治理体系中，化学防除仍将是一项不可取代的重要手段。

据报道，全世界广泛分布的杂草约有 30 000 种，我国田园杂草 1 400 种以上，生长在主要作物田的杂草 200 种左右，其中，约 40 种危害最为严重。

一、除草剂的分类

除草剂的种类繁多，可根据合成除草剂的材料来源、除草剂作用方式、使用方法、施药时间、化学结构及作用机理等对其进行分类。

1. 按原材料的来源，可将除草剂分为以下 3 类

(1) 无机和矿物除草剂：包括无机盐如硫酸铜、硼砂、氨基磺酸铵等，砷盐如亚砷酸钾、亚砷酸钠、六氟砷酸钾等。上述药剂一般对杂草防效低、对作物安全性差、对人畜毒性高，大多数已经不再使用。

(2) 生物源除草剂：分为植物源除草剂、动物源除草剂及微生物除草剂。如 Biochon (*Chondroaereum purpureum*)、Stumpout (*Cylindrobasidium leave*)、Camperico (*Xanthomonas campestris* pv. *poae*) 等。由于其专化性差、杀草谱窄、药效发挥对环境要求严格等原因，无太多成功先例。

(3) 有机合成除草剂：即除草剂的有效成分为有机化合物的除草剂。是目

前品种最多、使用最广泛的一类除草剂。从结构或作用机制分，全球除草剂有30多类的近260个品种。

2. 按作用方式，可将除草剂分为以下2类

(1) 内吸性除草剂：除草剂有效成分被植物根、茎、叶吸收后，通过输导组织运输到植物体的各部位，破坏其内部结构和生理平衡，从而造成植株死亡，这种方式称为内吸性，具有这种作用方式的除草剂叫内吸性除草剂，或内吸性传导型除草剂。如苯磺隆、精喹禾灵、草甘膦等。内吸性除草剂既能杀死杂草的地上部分，也能杀除杂草地下部分，有的除草剂如草甘膦传导性很强，可传导至多年生杂草地下根茎，对其彻底杀除。

(2) 触杀性除草剂：除草剂有效成分喷施到植株表面，只能杀死直接接触到药剂的那部分植物组织，不能内吸传导到其他部位，具有这种作用方式的除草剂叫触杀性除草剂。这类除草剂只能杀死杂草的地上部分，对杂草地下部分或有地下繁殖器官的多年生杂草效果较差，如唑草酮、乙羧氟草醚、灭草松等。

3. 按作用性质，可将除草剂分为以下2类

(1) 灭生性除草剂：除草剂有效成分喷施到植株表面，可不加选择地杀死各种杂草和作物，这种除草剂称为灭生性除草剂，例如百草枯、草甘膦等。

(2) 选择性除草剂：除草剂能杀死某些杂草，而对另一些作物则无杀除效果，此谓选择性，具有这种特性的除草剂称为选择性除草剂。例如，氟氟草酯做苗后茎叶处理能杀死稗草、千金子，对水稻安全。莠去津做播后苗前处理，可杀死稗草、牛筋草、反枝苋等杂草，对玉米安全。野燕枯做茎叶处理能杀死野燕麦，对小麦安全等。

除草剂的选择性是相对的，它在一定剂量范围内具有较好的选择性，超过了选择性剂量范围就变成了灭生性除草剂；在某些杂草和某种作物之间有良好选择性的药剂，对另一种作物可能就不具有选择性；除草剂的选择性还受施药时间、用药技术、方法和施药前后环境条件下的影响。如乙草胺推荐剂量下在杂草和大豆之间具较好的选择性，如施药后遇大雨，造成田间积水，对大豆的选择性则降低。

4. 按施药对象和施药方法，可将除草剂分为以下2类

(1) 土壤处理剂：喷撒于土壤表层或通过混土操作把除草剂拌入土壤中一定深度，形成一个除草剂封闭层，在杂草萌发穿过封闭层的过程使杂草受害，采取这种施药方法的除草剂称为土壤处理剂。如乙草胺、莠去津、氟乐灵等。

(2) 茎叶处理剂：喷撒于杂草茎叶上，利用药剂的触杀或内吸传导达到作

用部位，使杂草受害，采取这种施药方法的除草剂称为茎叶处理剂。茎叶处理剂主要是利用除草剂的生理生化选择性来达到杀死杂草的目的。如乳氟禾草灵、高效氟吡甲禾灵、烟嘧磺隆等。

5. 按施药时间，可将除草剂分为以下3类

(1) 播前处理剂：指在作物播种前对土壤进行封闭处理的药剂，如在棉花田使用氟乐灵、东北地区大豆田使用咪唑乙烟酸、乙草胺等。这种处理方式是在作物播前把除草剂喷洒到土壤，以便为杂草幼根、幼芽所吸收，一般通过混土等措施防止或减少除草剂的挥发和光解损失。

(2) 播后苗前处理剂：指在作物播种后出苗前进行土壤处理的药剂。这种处理方式主要用于杂草幼根、芽鞘和幼叶吸收向生长点传导的选择性除草剂，如乙草胺、莠去津和丙炔氟草胺等。

(3) 苗后处理剂：指在杂草出苗后，直接喷洒到杂草植株上的药剂。这种施药方式既包括了选择性茎叶处理剂，如精嘧啶禾草灵、2,4-D和灭草松等，也包括灭生性茎叶处理剂如百草枯、草甘膦，在免耕作物播种前灭生性除草或作物生长期间定向喷雾。

有的除草剂既有土壤处理效果又有茎叶处理效果，可做播后苗前处理，也可做茎叶处理，如烟嘧磺隆在玉米田除草，噻吩磺隆、苯磺隆在小麦田除草等。

目前，采用较多的是按化学结构对除草剂进行分类。除草剂的不同化学结构类型及同类化合物上的不同基团取代对除草剂的生物活性具有规律性的影响，使得同一类化学结构的除草剂有很多共性。目前，除草剂大致分为酚类、苯氧羧酸类、苯甲酸类、二苯醚类、联吡啶类、氨基甲酸酯类、硫代氨基甲酸酯类、酰胺类、取代脲类、均三氮苯类、二硝基苯胺类、有机磷类、磺酰脲类、咪唑啉酮类、环己烯酮类和磺酰胺类等。

随着对除草剂作用机理研究的深入，发现具有相似化学结构的除草剂可能具有不同的作用靶标，而不同化学结构的除草剂也可能具有相同的作用靶标，从而总结出一种除草剂新分类方法，即按除草剂作用机理分类，根据除草剂的作用位点（靶酶）、作用机理，结合除草剂的化学结构类型对除草剂分类，也称作用靶标分类法。

二、除草剂的作用机理

从生物学角度讲，杂草和作物都是依靠光合作用而生存的绿色植物，许多重

要杂草如节节麦、杂草稻、野芥菜等与农作物在分类地位上十分接近，在生理生化特性上也十分相似，因此，除草剂的使用要比杀虫剂和杀菌剂的使用更为复杂。除草剂与其在植物体内的作用靶标结合而杀死杂草的途径称为除草剂的作用机理，不同类型除草剂的作用机理有很大差异。

1. 抑制脂类合成及代谢

如氟氟草酯、炔草酯、精噁唑禾草灵等通过抑制乙酰辅酶 A 羧化酶，使植物体内脂肪酸合成停止，植物缺少重要能源而死亡。硫代氨基甲酸酯类除草剂不抑制该酶活性，但抑制脂肪酸及类脂物形成。

2. 抑制氨基酸及蛋白质合成

乙酰乳酸合成酶抑制剂通过抑制植物乙酰乳酸合成酶活性，导致缬氨酸、亮氨酸和异亮氨酸合成受阻，蛋白质合成停止，使植物细胞有丝分裂不能正常进行而死亡。草甘膦的作用靶标是植物体 5 - 烯醇丙酮酰莽草酸 - 3 - 磷酸合成酶，由于抑制了该酶的活性，从而抑制莽草酸向苯丙氨酸、酪氨酸及色氨酸的转化，使蛋白质的合成受到干扰导致植物死亡。

3. 抑制光合作用

如三嗪类、取代脲类除草剂，是光合电子传递抑制剂，通过与叶绿体类囊体膜光系统 II 的 D_1 蛋白 Q_B 位点结合，改变了其结构，阻止从 Q_A 到 Q_B 之间的电子传递，使 CO_2 固定、ATP 和 NADPH 合成停止，植物得不到生长必须的能量而死亡。联吡啶类除草剂则通过影响光系统 I 的电子传递过程来抑制光合作用。

4. 抑制呼吸作用

除草剂通过与呼吸作用中某些复合物反应，阻断呼吸链中的电子流，造成呼吸作用受阻；或通过抑制呼吸作用的第三阶段即磷酸化作用的电子传递；或通过氧化与磷酸化解偶联使呼吸作用不能正常进行。这类除草剂如五氯酚钠及二硝酚等。

5. 影响细胞分裂

如二硝基苯胺类除草剂影响细胞分裂时纺锤体的形成；氯酰胺、乙酰胺、四唑啉酮类药剂，抑制长链脂肪酸合成，从而影响细胞分裂。

6. 影响光合色素及相关组分的合成及代谢

这类除草剂主要抑制类胡萝卜素合成、二萜合成及抑制 4-羟基苯基丙酮酸双氧化酶。施用后的典型症状是植物白化至半透明，最终死亡。如吡氟酰草胺、氟草敏等类胡萝卜素生物合成抑制剂通过抑制八氢番茄红素脱氢酶，阻碍类胡萝卜素生物合成；三酮类除草剂硝磺草酮和异噁唑类除草剂异噁唑草酮等抑制 4-羟

基苯基丙酮酸双氧酶，阻碍 4-羟苯基丙酮酸向豚黑酸的转变并间接抑制类胡萝卜素的生物合成。

7. 生长刺激或抑制

2, 4-D、麦草畏、二氯吡啶酸等除草剂与内源生长素的作用类似。该类药剂的特定结合位点不十分清楚。可能最初通过影响细胞壁可塑性和核酸代谢而起作用。药剂低浓度下还刺激 RNA 聚合酶活性，导致 DNA、RNA 及蛋白质的生物合成增加，使细胞分裂和生长过度，从而导致输导组织破坏。相反，高浓度的除草剂则抑制细胞分裂和生长。该类药剂还刺激乙烯释放，引起植物偏上性。

有的除草剂具有多靶标抑制植物生长的作用机制。如硫代氨基甲酸酯类、苯并呋喃和二硫代磷酸酯类药剂，既影响脂肪酸及类脂物形成，从而影响膜的完整性，使细胞表皮蜡质层沉积减少，也影响蛋白质类、异戊二烯类（包括赤霉素）及类黄酮（包括花色苷）的生物合成，同时还抑制植物的光合作用。

三、除草剂的作用机理分类方法

除草剂抗性行动委员会（Herbicide Resistance Action Committee, HRAC）公布的除草剂作用机理分类方法（也称作用靶标分类法）以除草剂作用机理为基础，根据除草剂的作用位点（靶标），结合其化学结构类型和引起的症状表现等对除草剂进行分类。该分类方法在除草剂新有效成分的设计、合成与筛选，除草剂混用和混剂研制，杂草抗药性的预防与治理，除草剂药害鉴别及制定正确使用技术等方面具有较大价值。该分类方法是 HRAC 与美国杂草学会（Weed Science Society of America, WSSA）合作制定的。

1. 除草剂作用机理分类原则

将具有相同作用位点或作用机理的除草剂归为一组，用一个英文大写字母表示，如乙酰辅酶 A 羧化酶抑制剂为 A 组，乙酰乳酸合成酶抑制剂为 B 组，光系统Ⅰ电子传递抑制剂为 D 组等等。不同化学结构的除草剂，只要有相同的作用位点就归为同一组。有些情况下，同一组除草剂又分成几个亚类，如按照除草剂有效成分对 D₁ 结合蛋白不同的结合方式或除草剂结构类型，将光系统Ⅱ抑制剂分成 C₁、C₂、C₃ 三个亚类；根据引起植物叶片失绿症状的原因，将色素合成抑制剂分成 F₁、F₂、F₃ 三个亚类；细胞生长抑制剂分成 K₁、K₂、K₃ 三个亚类。

2. 除草剂作用机理分类方法

将所有除草剂类别以字母 A 到字母 Z 来表示 (表 1), 为了避免与字母 I 和字母 O 混淆, 没有将字母 J 和字母 Q 用于该分类表, 目前, 尚不清楚作用位点和作用机理的除草剂均归到 Z 类, 该表还为未来研制的新作用位点的药剂留出了位置, 将标以 R 类、S 类、T 类……等。上述除草剂分类方法与美国杂草学会之前采用的除草剂作用机理分类方法大同小异, 只是美国杂草学会将不同作用机理的除草剂组采用数字表示。本书将美国杂草学会的除草剂分组列于表 1 的最后一列, 以便比较。

表 1 除草剂作用机理分类表

HRAC 分组	作用靶标	化学结构亚组	举例	WSSA 分组
A	乙酰辅酶 A 羧化酶抑制剂	芳氧苯氧基丙酸酯类	炔草酯、氟氟草酯、禾草灵、精恶唑禾草灵、精吡氟禾草灵、高效氟吡甲禾灵、精喹禾灵	1
		环己烯酮类	烯草酮、噻草酮、烯禾啉、丁苯草酮、三甲苯草酮、吡嘧草酮	
		苯基吡唑啉类	唑啉草酯	
B	乙酰乳酸合成酶抑制剂	磺酰脲类	苄嘧磺隆、氯嘧磺隆、氯磺隆、环丙嘧磺隆、胺苯磺隆、氯吡嘧磺隆、甲酰胺磺隆、碘甲磺隆、甲基二磺隆、甲磺隆、烟嘧磺隆、吡嘧磺隆、砒嘧磺隆、苯磺隆	2
		咪唑啉酮类	甲咪唑烟酸、咪唑乙烟酸、咪唑喹啉酸	
		三唑并嘧啶磺酰胺类	氯酯磺草胺、双氟磺草胺、唑嘧磺草胺、五氟磺草胺、啶磺草胺	
		嘧啶硫代苯甲酸酯类	双草醚、嘧啶肟草醚、环酯草醚、嘧草醚 (metosulam)	
C ₁	光系统 II 抑制剂	磺酰胺羰基三唑啉酮类	氟唑磺隆、丙苯磺隆	5
		三嗪类	莠灭净、莠去津、氟草津、扑灭津、西草净、扑草净、西玛津	
		三嗪酮类	噻草酮、环噻酮	
		三唑啉酮类	胺唑草酮	
		脲嘧啶类	除草定、特草定	
		吡嗪酮类	氯草敏	
		氨基甲酸酯类	甜菜安、甜菜宁	

(续表)

HRAC 分组	作用靶标	化学结构亚组	举例	WSSA 分组
C ₂	光系统 II 抑制剂	取代脲类	异丙隆、绿麦隆、敌草隆、特丁噻草隆	7
		酰胺类	敌稗	
C ₃	光系统 II 抑制剂	苯腈类	溴苯腈、辛酰溴苯腈等	6
		苯并噻二噁酮类	灭草松	
		苯哒嗪类	哒草特	
D	光系统 I 电子传递抑制剂	联吡啶类	百草枯、敌草快	22
E	原卟啉原氧化酶抑制剂	二苯醚类	三氟羧草醚、乙羧氟草醚、氟磺胺草醚、乳氟禾草灵、乙氧氟草醚	14
		苯基吡唑类	吡草醚	
		N-苯基酞酰亚胺类	丙炔氟草胺、吲哚酮草酯、氟烯草酸	
		噻二唑类	噻草酸甲酯、噻二唑草胺	
		噻二唑酮类	噻草酮、丙炔噻草酮	
		三唑啉酮类	唑草酮、甲磺草胺、啶啉草酮	
		噻唑啉酮类	环戊噻草酮	
		嘧啶二酮类	双苯嘧草酮、氟苯嘧草酯	
F ₁	类胡萝卜素生物合成抑制剂；八氢番茄红素脱氢酶抑制剂	其他	双唑草腈 (pyraclonil)、氟唑草胺 (proflumazone)、氟噻唑草酯 (flufenpyr-ethyl)	12
		哒嗪酮类	氟草敏	
		烟酰胺苯胺类	吡氟酰草胺	
F ₂	4-羟基苯基丙酮酸双氧酶抑制剂	其他	氟啶草酮、氟咯草酮、呋草酮	27
		三酮类	磺草酮、硝磺草酮	
		异噁唑类	异噁唑草酮、异噁氯草酮 (isoxachlortole)	
		苯甲酰吡唑酮类	吡啶特、吡草酮、苄草唑、苯唑草酮	
F ₃	类胡萝卜素生物合成抑制剂 (未知位点)	其他	苯并双环酮	13
		三唑类	杀草强	
		异噁唑酮类	异噁草松	
		脲类	氟草啶 (伏草隆)	
G	5-烯醇丙酮酰莽草酸-3-磷酸合成酶抑制剂	联苯醚类	苯草醚	9
		有机磷类	草甘膦	

(续表)

HRAC 分组	作用靶标	化学结构亚组	举例	WSSA 分组
H	谷氨酰胺合成酶抑制剂	膦酸类	草胺膦、双丙氨膦	10
I	DHP 合成酶抑制剂	氨基甲酸酯类	磺草灵	18
K ₁	微管组装抑制剂	二硝基苯胺类	氟乐灵、二甲戊灵、仲丁灵	3
		氨基磷酸盐类	胺草膦、异草膦	
		吡啶类	噻唑烟酸	
		苯甲酰胺类	炔苯酰草胺	
		苯甲酸类	氯酚酸甲酯	
K ₂	有丝分裂抑制剂	氨基甲酸酯类	苯胺灵、氯苯胺灵	23
K ₃	细胞分裂抑制剂	氯酰胺类	乙草胺、甲草胺、丁草胺、异丙甲草胺、丙草胺、毒草胺、异丙草胺	15
		乙酰胺类	敌草胺、草萘胺、萘丙胺、克草胺	
		芳氧乙酰胺类	氟噻草胺、苯噻酰草胺	
		四唑啉酮类	四唑酰草胺	
		其他	莎稗磷、唑草胺、嘧草磷	
L	细胞壁(纤维素)合成抑制剂	腈类	敌草腈、草克乐(chlorthiamid)	21
		苯甲酰胺类	异噁酰草胺	
		三唑羧基酰胺类	氟草唑	
M	解偶联(破坏细胞膜)	二硝基苯酚类	地乐酚、特乐酚(dinoterb)	24
N	脂肪合成抑制剂—非 ACC 酶抑制剂	硫代氨基甲酸酯类	丁草特、哌草丹、戊草丹、禾草丹、野麦畏、禾草敌、灭草敌	
		二硫代磷酸酯类	地散磷	
		苯并咪唑	咪草黄	
		氨碳酸类	去草隆、茅草枯、四氟丙酸(flupropanate)	
O	合成激素类	苯氧羧酸类	2, 4-D、2, 4-D 丁酯、2 甲 4 氯	4
		苯甲酸类	麦草畏	
		吡啶羧酸类	氯氟吡氧乙酸、氯氟吡啶酸、二氯吡啶酸	
			吡啶酸	
		喹啉羧酸类	二氯喹啉酸(也属于 L 类)	
		其他	草除灵	
P	抑制生长素运输	氨基羧基脲类	萘草胺、氟吡草脲	19

(续表)

HRAC 分组	作用靶标	化学结构亚组	举例	WSSA 分组
Z	未知	芳香氨基丙酸类	麦草伏	25
		吡唑类	野燕枯	26
		有机砷	甲基砷酸钠	17
		其他	环庚草醚、苄草隆、噁嗪草酮	NC

3. 除草剂作用机理分类方法较传统分类方法的优点

(1) 有利于除草剂新有效成分的设计、合成与筛选：近些年来，世界各大农药公司都在集中人力和财力研究具有特殊作用机制的化合物类型和分子结构，在除草剂作用机理（靶标）分类的指导下，采用针对性强的对靶生物筛选方法，开发用量低、收益高的小规模生产的产品。

(2) 有利于混剂开发和药剂混用：选择两种具有不同作用靶标的除草剂进行混用或制成混剂是一项治理杂草抗性的行之有效的措施。作用机理分类法为混用和开发混剂时选择单剂提供了一个简便、有效的途径。

(3) 有利于杂草抗药性的预防与治理：杂草抗药性问题日益普遍与严重，为此，有些国家政府规定在除草剂使用标签中必须注明除草剂的化合物类型和作用靶标，以便交替使用或混用。交替使用作用靶标不同的除草剂品种，能预防及解决杂草抗药性问题。否则，交替使用作用靶标相同的除草剂品种，不仅不能延缓或解决抗性，反而由于交互抗性的产生而导致抗性形成速度加快。选择防治抗性杂草的除草剂，要选择作用靶标不同的除草剂。

(4) 有利于药害鉴别：同一作用靶标的除草剂品种对作物造成的药害症状基本相同或相似，因而可以根据作用靶标分类法诊断药害症状，也可以根据造成药害的除草剂类别采取相应的补救措施。

(5) 有利于制定除草剂正确使用技术：除草剂使用前明确所用除草剂的作用靶标，才能制定合理的使用技术。例如，酰胺类除草剂甲草胺、异丙甲草胺、乙草胺等是以脂类合成为靶标，芽前土表处理后，禾本科杂草种子萌芽和出土过程中胚芽鞘不断吸收药剂，并在出土前或出土时死亡。但如果施药期较晚，幼芽及胚芽鞘出土后除草效果就会下降。