

云南省科学技术协会科普专项 资助
云南省农业科学院
农业经济与信息研究所

作用原理及应用

除草剂

CHUCAOJI



王家银 孙锡治
王家金 肖植文

主编

云南出版集团公司
云南科技出版社

云南省科学技术协会科普专项

云南省农业科学院

农业经济与信息研究所

资助

除草剂作用原理及应用

王家银 孙锡治

王家金 肖植文

主编

云南出版集团公司

云南科技出版社

· 昆明 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

除草剂作用原理及应用/王家银主编. —昆明:云南科技出版社,2009.8

ISBN 978 - 7 - 5416 - 3280 - 8

I. 除… II. 王… III. ①除草剂—理论②除草剂—农药施用 IV. S482.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 072501 号

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码:650034)

昆明市五华区教育委员会印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:850mm×1168mm 1/32 印张:17.125 字数:450 千字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定价:58.00 元

《除草剂作用原理及应用》编委会

主 编 王家银 孙锡治 王家金 肖植文

副主编 姜 涌 孙 铃 张丽珍 李加才

林 郁 王孟宇 沈锡琼 李 斌

尼章光 谢晓慧

审 稿 郭怡卿

前 言

当前,随着科学技术的进步,人们的素质在不断提高。植保技术,特别是除草剂的应用范围、面积愈来愈广和大,但仍有一部分科技人员对除草剂的作用原理、生物测定等知识了解得不是太多,加上新除草剂的不断推广应用,国家有关部门对农药合理使用准则等不断在更新和制定发布,这些知识科技人员都希望了解。为此,我们结合生产实践,广泛查阅资料,编写了本书。

本书第一章介绍了除草剂的作用方式,第二章介绍了除草剂药效的研究方法,第三章介绍了150余种除草剂的应用技术,第四章介绍了115种常用除草剂英文通用名与曾用主要商品名对照,第五章介绍了农药室内生物测定试验准则除草剂1~9部分,第六章介绍了农药合理使用准则1~8中的除草剂部分,力求突出信息集中、实用性强、简洁明了、查阅方便。第三章每一节中的除草剂和第四章中的除草剂品种顺序按除草剂中文通用名第一个字的汉语拼音顺序排列。使用剂量除国家标准外按应用习惯还是以亩为单位表示。由于中国幅员辽阔,各地气候及栽培方式很不一致,在使用某种除草剂时,各地应根据当地的具体情况,在小范围试验示范的基础上,再进行大面积施用。

编写本书时参考的文献见每一章的后面。应该重点说明的是编写除草剂应用部分时,主要参考摘录了农业部农药检定所主编的《新编农药手册》、《新编农药手册(续集)》, <http://www.cnpnc.com/> (中国农化服务网), 叶钟音主编的《现代农药应用技术全书》, 王江柱等主编的《常用通用名农药使用指南》等有关图书和网站的资料,以及国家农业部、国家技术监督局颁布的有关标准。

在此表示感谢。

本书第一、第二章由孙锡治、张丽珍编写；第三章至第六章由王家银、王家金、肖植文、姜涌、孙玲、李加才、林郁、王孟宇、沈锡琼、李斌、尼章光、谢晓慧编写；审稿郭怡卿。本书可供广大农业科技人员、农业大中专院校师生、农业管理人员、基层种植人员、农资人员、庄稼医院医生等查阅使用。由于编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，不足之处恳请批评指教。

本书的出版，得到云南省科学技术协会、云南省农业科学院有关部门和专家的大力支持和帮助，在此深表感谢。

编 者

目 录

第一章 除草剂的作用方式.....	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 除草剂的吸收和传导	(3)
一、除草剂的叶片吸收	(3)
(一) 叶面角质层和气孔	(3)
(二) 除草剂在叶面上的去向	(5)
(三) 除草剂的叶面吸收途径	(6)
(四) 影响叶面吸收的因素	(8)
二、土壤处理除草剂的吸收	(13)
(一) 根系吸收除草剂的部位	(13)
(二) 除草剂进入根系的途径	(14)
(三) 芽鞘和初生茎叶吸收	(14)
(四) 影响土壤处理剂吸收的因素	(17)
(五) 土壤处理剂的去向	(22)
三、茎叶吸收	(28)
四、除草剂吸收动力学	(29)
(一) 植物膜	(29)
(二) 除草剂的渗入速率	(30)
(三) 药剂的固定	(31)
五、除草剂的传导	(32)
(一) 除草剂传导的途径和方向	(32)
(二) 影响传导的因素	(34)
第三节 除草剂的形态效应	(36)
一、细胞学效应	(37)

(一)对细胞分裂的影响	(37)
(二)对细胞伸长的影响	(39)
二、形态效应	(40)
(一)根系对除草剂的反应	(41)
(二)茎对除草剂的反应	(41)
(三)叶对除草剂的反应	(43)
(四)花对除草剂的反应	(44)
(五)果实异常和相关现象的改变	(44)
第四节 除草剂的作用机制	(45)
一、干扰呼吸作用及线粒体的能量代谢	(45)
(一)ATP合成的解偶联作用	(45)
(二)抑制电子传递	(49)
(三)抑制氧化和磷酸化	(49)
二、抑制光合作用	(50)
(一)抑制希尔反应	(52)
(二)抑制 CO_2 还原	(56)
(三)光合作用抑制剂的分类和作用部位	(57)
三、干扰蛋白质合成和核酸代谢	(58)
四、影响色素代谢	(61)
五、干扰泛酸合成	(62)
六、其他毒剂的产生和植物膜的影响	(63)
七、作用部位和原初作用部位	(65)
第五节 除草剂的选择性原理	(66)
一、除草剂的选择性和选择性程度	(66)
二、除草剂的选择性原理	(67)
(一)利用“时差”的选择	(67)
(二)利用“位差”的选择	(67)
(三)利用植物形态结构不同的选择	(69)

(四) 利用种子贮藏物质不同的选择	(71)
(五) 增抗选择	(71)
(六) 生理选择	(72)
(七) 生化学选择	(74)
三、除草剂的其他效应	(79)
(一) 促进生长	(79)
(二) 均三嗪类除草剂对植物氮代谢的促进	(80)
第六节 除草剂在植物体内的去向	(82)
一、植物体内的降解	(82)
(一) 氧化作用	(82)
(二) 脱羧基作用	(83)
(三) 羟基化作用	(83)
(四) 水解作用	(84)
(五) 脱甲基作用	(85)
(六) 耦合作用	(85)
(七) 裂环	(86)
二、植物内残留	(86)
(一) 除草剂残留物的危害	(86)
(二) 除草剂的植物体内残留	(87)
(三) 残留研究的步骤	(89)
三、植物体内除草剂的其他去向	(89)
第二章 除草剂药效的研究方法	(92)
第一节 除草剂的药效及其评价	(92)
一、除草剂的药效	(92)
二、药效评价	(93)
第二节 药效估价方法的历史和发展	(94)
第三节 药效评价的程序	(100)
一、简易测定	(100)

二、盆栽试验	(101)
三、田间试验	(102)
第四节 生物测定的原理	(103)
一、萌发试验	(106)
二、植株	(106)
三、形态效应	(107)
四、生理效应	(107)
三、特殊技术	(107)
第五节 除草剂的生物测定技术	(108)
一、材料的选择	(108)
二、几种常用的生物测定方法	(112)
(一)高粱法	(112)
(二)小球藻法	(112)
(三)萝卜子叶法	(114)
(四)去胚乳小麦幼苗法	(114)
(五)浮萍法	(115)
(六)芥菜幼苗法	(116)
(七)黄瓜幼苗形态法	(117)
(八)蚕豆叶圆片法	(118)
(九)西葫芦子叶圆片法	(118)
(十)微生物测定法	(119)
三、影响生物测定的因素	(119)
四、药效表示方法	(121)
五、数据可靠性的检验	(123)
六、 IC_{50} 的计算	(126)
七、回归式相关性和 IC_{50} 标准差及可靠性的检验	(131)
第六节 生物测定在除草剂研究中的应用	(133)
一、除草剂的筛选	(133)

(一)小杯法	(133)
(二)高粱—小球藻—萝卜子叶法	(135)
二、土壤中除草剂的测定	(139)
(一)土壤表面的消失和微生物分解的研究	(139)
(二)土壤中除草剂残存期的研究	(140)
(三)除草剂的土壤吸附	(144)
(四)除草剂移动性的研究	(145)
(五)土壤中除草剂降解的研究	(148)
三、除草剂作用特性的研究	(149)
四、水中除草剂的测定	(151)
五、植物体内除草剂的测定	(151)
六、除草剂混用的研究	(151)
(一)直接混用法	(152)
(二)比例混合法	(153)
(三)杀草活力线法	(154)
(四)等效线法	(154)
七、除草剂相互作用的评价	(157)
第三章 除草剂的应用	(161)
第一节 有机磷类	(161)
草甘膦/161 草铵膦/164 哌草磷/165 双丙氨酰磷/166	
第二节 苯甲酸类	(167)
麦草畏/167	
第三节 酚类	(169)
五氯酚钠/169	
第四节 取代脲类	(172)
胺苯磺隆/172 苯磺隆/173 吡啶磺隆/175 苄嘧磺隆/	
177 啶嘧磺隆/179 敌草隆/181 单嘧磺隆/182 伏草	
隆/183 砒嘧磺隆/185 环丙嘧磺隆/186 甲嘧磺隆/188	

- 甲磺隆/190 甲酰氨基嘧磺隆/193 甲基二磺隆/194
 氯嘧磺隆/195 氯磺隆/197 绿麦隆/201 利谷隆/203
 醚磺隆/205 醚苯磺隆/207 噻吩磺隆/208 四唑嘧磺隆/210 杀草隆/211 酰嘧磺隆/212 异丙隆/213 烟嘧磺隆/215 乙氧嘧磺隆/217
- 第五节 三(嗪)氮苯类** (219)
- 氟草净/219 环嗪酮/221 阔叶散/223 阔叶净/224
 氟草净/226 嗪草酮/227 扑草净/230 西玛津/232
 西草净/235 莠去津/237 莠灭净/239
- 第六节 苯氧羧酸类** (241)
- 吡氟禾草灵/241 精吡氟禾草灵/244 2,4-滴丁酯/245
 2甲4氯钠/248 酚硫杀/250 禾草灵/252
- 第七节 二苯醚类** (254)
- 除草醚/254 氟磺胺草醚/257 甲羧除草醚/259 嘧啶肟草醚/261 乳氟禾草灵/262 三氟羧草醚/264 乙氧氟草醚/266
- 第八节 苯胺类** (269)
- 二甲戊灵/269 氟乐灵/271 双苯酰草胺/275 双丁乐灵/276 杀草胺/278 仲丁灵/280
- 第九节 酰胺类** (282)
- 丙草胺/282 丁草胺/284 敌稗/287 敌草胺/289 毒草胺/292 甲草胺/292 克草胺/296 R-左旋敌草胺/297 四唑酰草胺/298 五氟磺草胺/299 乙草胺/300 异丙甲草胺/303 异丙草胺/306 唑嘧磺草胺/307
- 第十节 氨基甲酸酯类** (309)
- 丁草特/309 环草特/311 禾草丹/312 禾草特/315 卡草胺/317 氟苯胺灵/318 灭草灵/320 灭草猛/321 甜菜宁/324 威百亩/325 野麦畏/326 燕麦灵/329

第十一节 有机杂环类	(332)
百草枯/332 丙炔恶草酮/334 吡喃草酮/335 哒草特/	
336 敌草快/338 二氯喹啉酸/340 氟吡甲禾灵/342	
氯氟吡氧乙酸/345 高效氟吡甲禾灵/347 环庚草醚/349	
精喹禾灵/351 喹禾灵/353 绿草定/355 灭草松/357	
咪唑乙烟酸/360 派草丹/361 杀草敏/364 恶草酮/	
365 恶嗪草酮/367 硝磺草酮/368 异恶草酮/369 异	
恶唑草酮/371 燕麦枯/372 唑草酮/374	
第十二节 其他类除草剂	(375)
稗草稀/375 吡草醚/377 丙酯草醚/378 草除灵/379	
氟烯草酸/381 精恶唑禾草灵/383 甲氧咪草烟/386 甲	
咪唑烟酸/387 喹禾糠酯/389 茅草枯/390 咪唑乙烟	
酸/391 咪唑喹啉酸/393 咪唑烟酸/394 氟氟草酯/	
395 莎稗磷/397 双草醚/398 恶草酸/399 稀禾定/	
400 辛酰溴苯腈/402 烯草酮/405 异丙酯草醚/406	
第十三节 常见混合除草剂	(407)
百·甲/407 苄·甲磺隆/409 丁·西/410 丁·扑/411	
丁·西·灭/413 丁·滴/414 丁·苄·甲/416 丁	
·苄/417 丁·恶/419 毒-滴混剂/420 2甲4氯·丁	
·西/422 盖灌林-520/424 禾田净/426 禾·西/428	
净啶磷混剂/429 甲·氯磺隆/431 绿-滴混剂/432	
杀草丹-S/434 特丁异丙/436 甜安宁/438 五二扑/	
440 乙·苄/441 乙·苄·甲/443 乙·莠/445	
第四章 常用除草剂中文通用名、英文通用名和曾	
用主要商品名对照	(448)
第五章 农药室内生物测定试验准则 除草剂 ...	(477)
第一节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(477)
第1部分:活性试验 平皿法	(477)

第二节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(480)
第2部分:活性测定试验 玉米根长法	(480)
第三节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(482)
第3部分:活性测定试验 土壤喷雾法	(482)
第四节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(486)
第4部分:活性测定试验 茎叶喷雾法	(486)
第五节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(490)
第5部分:水田除草剂土壤活性测定试验 浇灌法	(490)
第六节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(494)
第6部分:对作物的安全性试验 土壤喷雾法	(494)
第七节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(498)
第7部分:混配的联合作用测定	(498)
第八节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(502)
第8部分:作物的安全性试验 茎叶喷雾法	(502)
第九节 农药室内生物测定试验准则 除草剂	(508)
第9部分:水田除草剂活性测定试验 茎叶喷雾法	(508)
第六章 农药合理使用准则	(512)
第一节 《农药合理使用准则》(一) 除草剂部分	(513)
第二节 《农药合理使用准则》(二) 除草剂部分	(514)
第三节 《农药合理使用准则》(三) 除草剂部分	(517)
第四节 《农药合理使用准则》(四) 除草剂部分	(521)
第五节 《农药合理使用准则》(五) 除草剂部分	(524)
第六节 《农药合理使用准则》(六) 除草剂部分	(526)
第七节 《农药合理使用准则》(七) 除草剂部分	(529)
第八节 《农药合理使用准则》(八) 除草剂部分	(532)

第一章 除草剂的作用方式

第一节 引言

除草剂的作用方式、作用机制和作用部位（或作用点、作用靶等）是含义截然不同的概念。然而，人们的理解却各不相同，使用上亦相当混乱，譬如有的把作用方式和作用机制等同起来，均指除草剂杀死杂草的原因，有的甚至把植物的受害器官误称为作用部位。

Aron 于 1968 年指出，除草剂的作用方式为药剂使用后在环境中 and 植物体内的变化和去向、吸收和传导、植物的生长和形态反应以及作用机制等（图 1-1）。Ashton 和 Crafts 于 1973 年修正了 Aron 关于除草剂作用方式的解释指出，除草剂的作用方式不应当包括药剂在环境中的变化和去向，而只能包括与发挥除草作用有关的内容，即吸收和传导、植物生长和形态效应、杀草机制和植物体内的去向等。Moreland 在有关除草剂作用机制的专著中提出，作用机制是指除草剂对植物生物化学或生物物理的最初干扰，作用方式为发生在原初作用之后并使植物死亡的各种作用。我们认为，Ashton 和 Crafts 的解释较为妥善，但为使读者对除草剂发挥作用的来龙去脉有较为全面的了解，关于除草剂在土壤中和植物叶片上的种种去向也在本章的有关部分予以讨论。

除草剂的作用机制是指与造成植物死亡有关的生理生化和生物物理的原初作用。显然，作用机制仅是作用方式的内容之一。作用部位则为除草剂在植物体内的攻击目标，这些目标通常是在

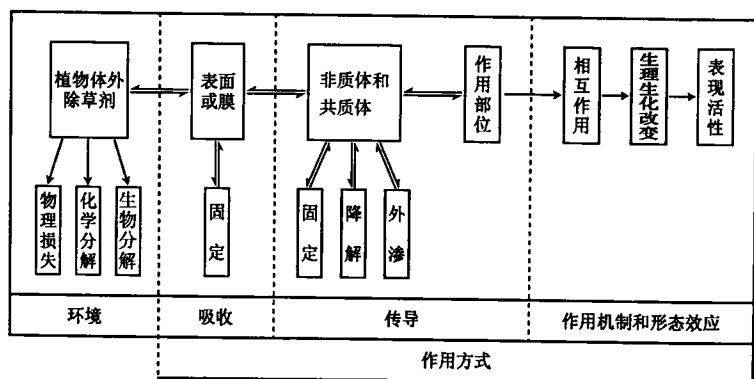


图 1-1 除草剂的作用方式

维持生命现象上具有重要作用的酶类、核酸和植物膜等，正是由于除草剂与这些作用点的相互作用，才干扰了植物的生理生化过程，造成生理生化或生物物理的伤害，导致植物死亡。显然，把植物的受害器官或组织称为作用部位是不确切的，那只不过是除草剂直观药害的表现部位罢了。

近年来，人们十分重视除草剂作用方式的研究，因而对除草剂作用方式的认知较以前更加清楚。譬如对植物吸收除草剂的途径、速率和机制等已有一定了解。在除草剂的作用机制和选择性原理方面也得到了某些本质上的认识。然而，由于除草剂作用方式的研究历史短浅，许多除草剂在分子水平上的作用机制和严格的作用部位至今仍不明了。如 Moreland 对 40 种除草剂的研究结果表明，其中 23 种干扰了蛋白质合成，但药剂影响蛋白质合成的机制却未阐明；随着分子生物学研究的进展，已知植物生命现象的许多重要生化过程都在植物膜上进行，虽然人们已预见到除草剂对植物膜的影响可能是其重要的作用部位，而且目前的许多

研究已涉及到除草剂对植物膜的重要组成部分——脂类化合物代谢的影响，但目前这些研究尚欠系统和深入。因此，在“除草剂的作用机制”一节中对此未做详细讨论。

第二节 除草剂的吸收和传导

吸收和传导是除草剂作用方式的第一个生理过程。许多研究证明，某些除草剂可以进入植物并长距离传导，然而除草剂吸收和传导的途径和速率因药剂类型、植物种类和环境条件而异。

要进行吸收和传导的讨论必然要涉及到植物的非质体和共质体的概念。非质体是连接细胞壁和细胞间隙的系统，也包括充满水分或空气的木质部，共质体则为植物相互连接的原生质系统、胞间连丝和韧皮部。很清楚，进入共质体的任何外源物质必须首先穿过非质体，共质体内的物质靠集体流动而传导。正由于此，原生质内含物循环流动并携带所有溶质，其中也包括除草剂等植物毒剂。

一、除草剂的叶片吸收

(一) 叶面角质层和气孔

一般来说，陆生植物周围大气的相对湿度为 50% ~ 100%，而植物气孔和细胞间隙的空气湿度通常在 99% 以上。若气孔和细胞间隙的空气湿度一旦降至 98% 以下，植物便因水分亏缺而受害。为此，植物在其系统发育过程中形成了叶面角质层，以防止外界干燥空气的影响，而这种叶面角质层则成为除草剂进入植物体内的屏障。

如图 1-2 所示，叶片表面由 4 种物质组成，即蜡质、角质、果胶质和纤维素。角质和蜡质由长链脂肪酸和高级醇类组成，具