

除草剂的作用方式

杨华铮 陈永正 孙锡治 张岳军等译

CHUCAOJI DE ZUOYONG FANGSHI



化学工业出版社

除草剂的作用方式

杨华铮 陈永正 等译
孙锡治 张岳军

化学工业出版社

内 容 提 要

本书主要译自P. C. Kearney和D. D. Kaufman合编的“Herbicides Chemistry, Degradation, and Mode of Action”1975年第二版中的有关除草剂作用方式部分和挥发性一章,为了使读者对各类除草剂更全面的了解,同时将Floyd M. Ashton和ALDEN S. Crafts合编的“Mode of Action of Herbicides”1973年版中氨基甲酸酯的有关内容译出,予以补充。

本书着重介绍现今生产的各类主要除草剂的有关作用方式的近期研究情况和进展,对所使用的研究方法也作了较详细的叙述。其中包括除草剂在植物体内吸收和运转,对植物生理生化过程的影响,化学结构与活性的关系以及产生选择性的机制等。书中还专门介绍了对除草剂等农药挥发性的研究方法和基本原理,挥发性对药效及环境的影响。每章后附有大量的参考文献。

可供从事新除草剂合成、应用的科研人员、农业科技工作者、环境保护工作者以及有关大专院校的农药或植物保护专业师生参考。

除草剂的作用方式

杨华铮 陈永正 等译
孙锡治 张岳军

责任编辑:杨立新

封面设计:许立

化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $11 \frac{1}{4}$ 字数248千字印数1—4,470

1985年5月北京第1版1985年5月北京第1次印刷

统一书号15063·3688定价1.75元

译 者 的 话

自从第二次世界大战后，2,4-D及其它苯氧羧酸类除草剂被发现以来，有机除草剂得到了广泛的应用，近几十年来大量具有各种性能的新型除草剂的涌现使除草剂成为农药生产和应用中发展最快的一个领域。我国除草剂的生产数量和品种也在逐年提高。它在我国农业现代化中将起着重要的作用。

化学除草是一门相当新的科学，包括化学和生物学方面的许多知识。我们知道除草剂之所以能杀死植物在于它干扰了植物正常的生理生化过程，使其失去平衡而导致植物生长发育的抑制或死亡。而要达到草死苗活的作用则决定于植物对药剂的耐药性与敏感性。由此看来，了解除草剂如何被植物吸收，如何破坏植物的组织，如何由处理部位运转到作用部位，如何干扰植物的生理生化过程等有关除草剂作用方式方面的知识，对于除草剂的研制和推广使用都是非常重要的。

关于这一方面的基础研究，国外随着除草剂新品种的不断出现以及试验技术水平的不断提高开展了不少工作。目前我国这方面的工作还很少。为了使国内从事除草剂研究、生产和有关工作者了解这方面的内容，我们将：“Herbicides Chemistry Degradation and Mode of action” (Second Edition, Revised and Expanded, Edited by P. C. Kearney and D. D. Kaufman) (1975) 中有关除草剂作用方式摘译出来；另外，除草剂对环境的影响也是人们所关

注的，故译者将该书中的有关除草剂挥发性一章一并译出。同时将Floyd M. Ashton和Alden S. Crafts编写的“Mode of Action of Herbicides” (John Wiley & Sons, New York) (1973) 中氨基甲酸酯部分有关内容补充进来，以便使读者对现今生产的各类除草剂作用方式的研究有一概况的较全面的了解。在各章后均有原参考文献，以供查阅。

有关本书的农药名称，系按照化工部农药情报中心站编印的“国外农药品种手册”(1980)命名，并在第一次出现时注上英文名。

参加本书翻译的有杨华铮、陈永正、孙锡治、张岳军、王玲秀、李复信、杨秀风、曾强、刘增勋、陈彬等同志，由杨华铮负责全书审校，最后由陈茹玉审核定稿。由于我们水平所限，译文中错误在所难免，敬请读者批评指正。

译者 1983.9.

目 录

第一章 苯氧羧酸类	1
一、吸收和运转	1
1. 叶面处理	1
2. 茎部处理	6
3. 根部处理	6
二、活性的生物化学基础	7
1. 苯氧羧酸类的生长素及抗生长素活性	7
2. 关于生长素及抗生长素与细胞受体分子相互作用的 概念	29
3. 生长素诱导刺激核酸及蛋白质的合成	39
4. 刺激其它控制生长的过程	43
5. 生长素的原初作用	50
6. 苯氧羧酸类的除草作用	53
三、选择性	54
参考文献	58
第二章 均三氮苯类	73
一、受影响的生物化学过程	73
1. 光合作用	73
2. 植物生长调节作用	76
3. 氮代谢作用	78
4. 核酸的代谢作用	81
二、选择性	83
参考文献	87
第三章 取代脲类	93

一、生物化学机制	93
1. 对光合作用的抑制	93
2. 结构和活性的相互关系	98
二、选择性	102
参考文献	106
第四章 取代嘌呤嘧啶类	109
一、吸收和运转	109
二、受影响的生物化学过程	111
三、选择性	113
参考文献	114
第五章 硫代氨基甲酸酯类	116
一、吸收和运转	116
二、生物化学过程	119
三、选择性	121
参考文献	122
第六章 氯代乙酰胺类	124
一、吸收与代谢	124
二、作用方式	132
参考文献	137
第七章 杀草强	139
一、吸收	139
二、受影响的生物化学过程	139
1. 氨基酸和蛋白质的代谢	139
2. 核苷酸和核酸的代谢	141
3. 核黄素的代谢	142
4. 抑制过氧化氢酶	143
5. 色素合成和质体发育	144
三、选择性	149
参考文献	149

第八章 氯代脂肪酸类	153
参考文献	163
第九章 二硝基苯胺类	172
参考文献	177
第十章 杀草快和百草枯	179
一、吸收	179
二、受影响的生物化学过程	183
三、选择性	186
参考文献	187
第十一章 苯甲酸类	190
一、草芽平和三碘苯甲酸	190
1. 吸收和运转	190
2. 生理和生化效应	191
3. 选择性	192
二、豆棵威和地草乐	192
1. 吸收和运转	192
2. 生理生化效应	194
3. 选择性	194
三、麦草畏和杀草威	196
1. 吸收和运转	196
2. 生理和生化效应	198
3. 选择性	200
四、敌草腈和草克乐	200
1. 吸收和运转	200
2. 生理和生化效应	202
3. 选择性	205
五、碘苯腈和溴苯腈	206
1. 吸收和运转	206
2. 生理和生化效应	207

3. 选择性	208
六、拿草特	209
1. 吸收和运转	209
2. 对根系分生组织的影响	209
3. 农药的相互作用	210
4. 选择性	210
七、敌草索	210
1. 吸收和运转	210
2. 对分生组织的影响	210
3. 与土壤微生物的相互作用	211
4. 选择性	211
参考文献	212
第十二章 氨基甲酸酯类	219
一、吸收和运转	219
二、生物化学反应	224
三、作用方式	228
参考文献	230
第十三章 苯酚类	233
一、吸收和运转	233
二、影响毒性的因素	234
三、毒性作用	236
1. 氧化磷酸化	236
2. 光合磷酸化	239
3. 糖酵解磷酸化	240
4. 呼吸和发酵	241
四、苯酚的其他效应	243
1. 蛋白质变性	243
2. 膜效应	243
3. 离子吸收	244

4. 细胞学效应	245
5. 对开花的影响	246
6. 对土壤微生物的影响	246
参考文献	247
第十四章 二苯醚类	253
一、吸收和运转	253
二、作用方式和受影响的生物化学过程	256
三、选择性	262
参考文献	264
第十五章 有机砷类	266
一、酶的研究	266
1. 亚砷酸盐与砷酸盐	266
2. 甲基砷酸	267
3. 二甲基砷酸	268
二、吸收和运转	269
三、受影响的生物化学过程	272
四、选择性	275
参考文献	276
第十六章 毒萜定和有关化合物	278
一、对植物的影响	278
二、对微生物的影响	291
参考文献	293
第十七章 挥发性	297
一、引言	297
二、蒸气压	298
1. 定义	298
2. 温度和蒸气的关系	300
3. 实验测定方法	301
4. 实验测定结果	310

三、从土壤中挥发	313
四、喷洒施药及漂流	321
五、环境问题	325
六、几种除草剂	330
1. 氯代苯氧羧酸类	330
2. 均三氮苯类	332
3. 二硝基苯胺类	334
4. 含硫除草剂	336
5. 其他	337
参考文献	339
附录 I 本书中除草剂通用名称与化学名称对照	345
附录 II 本书中主要的生物化学名词缩写	350

第一章 苯氧羧酸类

Michael A. Loos

一、吸收和运转

苯氧羧酸类除草剂可施用于植物的叶、茎，亦可通过土壤施用于植物的根部。要想让除草剂发挥作用，必须使其能为植物吸收并传导至作用部位。对于除草剂的吸收和运转，曾有过不少评论^[1,2,3-17]，这在了解关于植物结构与生理学的一般情况时可作为参考。吸收和运转在确定植物对苯氧类除草剂是否敏感或具有抗性方面的作用将在有关选择性一节中讨论。

1. 叶面处理

叶面处理的除草剂必须透过覆盖在叶表面的角质层才能进入植物体内。角质是类脂（角质蜡）或半类脂（角质）物质。紧接在角质下面的是亲水性的纤维素和表皮细胞壁的果胶。纤维素由胶束及微纤维所组成。纤维之间的称之为表皮连丝的空间（或称为槽沟）穿过表皮细胞壁和角质层刚好伸到角质层表层的下面^[17]。某些外皮连丝显然是排出蜡质的渠道，而另一些却似乎为水所充满。因而，除草剂一旦透过角质层后，显然有水相及脂相两条路线进入植物体内。即使除草剂是从气孔渗入，它也要通过一凹进去的角质层^[14,16,17]，所以除草剂从上述结构中进出的情况就控制了它为植物吸收的速度。

除草剂的剂型对于吸收有着重要的影响。苯氧羧酸类除草剂的钠盐及钾盐的脂溶性低，渗透性极差，尤其在所用介质pH值高时更是如此^[1,4,7,18,19]，当pH降低时，则逐渐减少了除草剂的离解，对于游离酸来说，由于它们的极性较低，故透过角质层较为迅速^[1,4,7,18~21]。同时，由于pH值低抑制了羧基的离子化，从而也降低了角质的极性^[6]。苯氧羧酸的铵盐或胺盐，也就是说由较弱的碱所形成的盐，它们与钠盐及钾盐相比^[18,19,22]能较快地透过角质层。酯类则能更迅速地透过角质层^[4,18,22]。但是短链烷基酯的快速渗透作用及高度的接触毒性，看来对杂草的防除并不是有利的，这可能是由于破坏了传导机制之故^[23,24]。由具有亲脂性及亲水性的长碳链的醇所形成的酯，例如丁氧乙醇的酯，已证明在吸收与传导上是非常有效的^[4]。那种认为短碳链烷基酯不易离开角质层进入到下层细胞的活原生质（即共质体系统）中的说法并没有为用大麦进行的研究所证实，实验中发现2,4-D的异丙酯在渗透时发生了水解^[23]。这种水解作用生成了亲水性的羧基，而羧基能增加分配入共质体的可能，从而提高了除草活性。可是Wathana等人^[25]用大豆及苍耳吸收，2,4-DB的工作清楚地表明，所用除草剂的绝大部分均可被固定在角质层中。这种固定作用很可能为在那里发生的苯氧羧酸侧链的伸长作用所增强。

苯氧羧酸分子结构对吸收作用的影响程度是不清楚的。在许多研究中，2,4-D可比亲脂性较强的2,4,5-T^[26,27~31]及2,4-DB^[27]更迅速地为叶片所吸收，2甲4氯渗透进入向日葵叶片的速度也较2,4,5-涕为快^[32]，但渗透进入亚麻子叶的情况却不是这样。另外，Sargent^[33,15]报道，增加苯氧乙酸的氯化程度有利于对菜豆叶盘的渗透。

在苯氧羧酸及其酯的制剂中，含有用作乳化剂的表面活性化合物时，常使其毒性增加，这显然是由于加强了植物对除草剂的吸收的缘故^[18, 34~40]。表面活性剂除了起着湿润剂的作用外，还可以溶解表面蜡质^[41]及疏松角质层的结构^[14, 42]。专门用来防除木本杂草的油制剂的载体^[4, 43]亦可与类脂的角质相互作用，并预期能协助吸收。然而想象的油添加剂的这种好处^[4, 14]，常常并没有增强除草剂的作用^[43]。表面活性剂及油添加剂有助于除草剂的吸收和传导，不致于使药剂快速地产生毒杀作用^[4, 37, 38, 44~46]。无机离子如铵、硝酸盐、磷酸盐均可用作促进苯氧羧酸类除草剂吸收的添加剂^[47, 48]，然而二甲基亚砷的作用看来是极为有限的，甚至是有害的^[49]。

在生理学的范围内提高温度（即30~35℃以下）可增加植物对除草剂的吸收^[50, 20, 51~54]，这大概是由于进一步打乱了角质层和原生质膜中，排列在胶束中的类脂物质，从而增加了角质层及原生质膜的渗透性^[6]。曾报道，大气湿度低或生长在缺水情况下的植物，可减少除草剂的吸收^[1, 18, 55]，或几乎不吸收^[50, 56~57]。在高湿度的条件下，对除草剂吸收的增加可能与气孔的开放有关^[53]，当光强度增加时，气孔也可能是增加吸收的一个因素^[20, 54, 58]。气孔的作用尚不清楚，但在对2,4-D的吸收中似乎与物理及代谢两个因素有关^[54]。通过气孔吸收除草剂并不能避免角质层的障碍，但是由于这里的组织较薄，药剂能较快地被渗透进去，在气孔里理应有对吸收有利的潮湿条件。

除草剂透过角质层后，在植物体内运转，有两种可能的途径。即由有生命的共质体系统与非生命的非质体系统输送，前者由胞间连丝连接的细胞原生质体并包括韧皮部的筛

管所组成，后者由细胞壁系统，并包括传导器官木质部在内。叶面施用苯氧类除草剂的特征是，药剂由叶面经过共质体移动，这种移动随着同化流向下传导，例如，从进行光合作用的叶片运转至根、茎、花以及果实等生长旺盛的部位^[26,24,29,37,59~61]，Radwan等^[62]的放射自显影实验清楚地表明叶面施用了2,4-D后，药剂存留在叶柄韧皮部中，直到通过光合作用制得糖或直接加入糖后，才会从暗生长的叶片中经过韧皮部运转出来^[63~68]。然而，2,4-D及2,4,5-T在白杨（*populus tremula* L.）体内的运转，是以在木质部内的向顶端输送为主的，即使当运转开始于韧皮部亦是如此^[68]。这样就可看出，除草剂由韧皮部向木质部侧向移动的强烈倾向。

除草剂透过角质层后，移动的途径是通过表皮层及叶肉细胞而进入韧皮细胞。在菜豆体内，最短的途径至少包括一个栅栏薄壁组织细胞，以及一个或一个以上的维管束细胞，由叶表面到韧皮部的最短距离大约是25~30 μ m^[69]，2,4-D约在1小时内透过这一段距离（包括通过角质层）。然而，相比之下在韧皮部内传导的速度却为10~100厘米/小时^[69]。根据Crafts^[1,7,11]的工作，直接用2,4-D酸的水溶液处理叶片，进入角质层时pH约为3.3，在表皮层中pH约为5.5，在韧皮部中pH为7。在pH值较高时，酸将遭到离解，这种离解作用对于在水相中传导将是有利的。然而与某些其它类型除草剂相比，苯氧羧酸类除草剂如2,4-D及2,4,5-T取道共质体体系在植物中传导是受到限制的^[27,60,70~72]。也就是说，它们倾向于为活细胞所滞留^[60,72]。Robertson及Kirkwood^[3]叙述了除草剂移动可能的障碍。在韧皮系统中苯氧羧酸类除草剂倾向于为韧皮部薄壁细胞所积累，并从此

里脱离同化流传导的主流而向侧向流动^[1]。看来,快速的传导过程可把这类除草剂的滞留作用降低到最小限度。因此在根苗壮生长时,除草剂将随同化流下行,此时用叶面处理的办法来防除杂草是最能达到目的的^[1,60,73]。有一些除草剂,甚至可以在除草剂输导至根部后将其泄漏到周围的介质中去。例如用2,4-D处理棉花^[1],曼陀罗^[74]、夜开捕蝇草、藜^[75]及微白马利筋 [*Ampelamus albidus* (Nutt.) Britt]^[75];以及用2,4-D或2,4,5-T处理菜豆^[1,76]都是如此。

土壤的潮湿情况及大气的湿度对于苯氧羧酸类除草剂的运转有着明显的影响。生长在含水量低的土壤中的豆科作物,缺水时2,4-D或2,4,5-T从处理叶面传导至根部、茎部以及每一个叶梗的量均大大降低^[55~57,77]。大气中的高湿度促进2,4-D及2,4,5-T在菜豆^[53,76]、腺牧豆树^[50]及苔属植物 (*Carex cherokeensis* Schwein)^[49]中的传导,特别是向下的传导。在相对湿度为100的条件下,将2,4-D用于棉花及数种栎属植物 (*Quercus douglasii* Hook. Arn., *Q. suber* L., and *Q. wislizenii* A. DC.) 的子叶或叶片时,则能很快地进入木质部并以高速为韧皮部和木质部所传导^[78~80]。土壤湿度低时,药剂在这些植物中的传导主要发生在韧皮部。大气湿度低可能与高速的蒸腾作用相联系,因而促进了2,4-D在菜豆^[76]及腺牧豆树体内木质部中的传导。

当温度由20℃升至30℃时,2,4-D在菜豆中的传导作用增加^[53]。温度影响2,4,5-T除草剂在腺牧豆树体内的传导方式。即21℃时移动方向主要是向基到达根部,30℃时药剂向基到达根部的同时也向顶到达生长的顶端,而38℃时,在上部茎中,对短距离来说是向顶的^[50]。这些移动明显地反映了传导的类型。例如,低温时,药剂没有渗入幼芽的顶端,

而在38℃时则维管组织可能为2,4,5-T所触伤。

关于除草剂传导作用中光的影响问题,前面已通过它在光合作用及在同化流传导中的作用加以叙述了。将光的强度由40英尺-烛光增至4000英尺-烛光时,则可降低2,4,5-T在星毛栎 (*Quercus stellata wangenh*) 体内的传导,但是在其它的三种木本植物体内,则对2,4,5-T吸收传导的百分率影响很小。

2. 茎部处理

苯氧羧酸类除草剂在绿色或肉质茎内的吸收作用与在叶片内的吸收作用相类似^[2]。正常情况下,溶于水中的除草剂不能渗入到为茎皮所覆盖的茎体内。所以当用除草剂作茎部喷雾时,需用油作载体(如柴油)。如首先在茎皮上切一个口到本质部的外层,这样处理后,除草剂的水溶液也是可以适用的。

用2,4,5-T处理红花槭(red maple)美国白蜡树(white ash)及双穗豆(*Dichrostachys nutan Benth*)的茎部,其作用主要是木质部向顶性传导,几乎没有韧皮部的向下移动^[81,82]。对于双穗豆的防除, Hay^[81]提出,必须在地面充分地喷洒除草剂以保证有致毒量的药剂能到达根的外部。这与Crafts的建议相似^[2], Crafts 建议茎部处理必须用过量的药液喷雾,致使药液由植物的顶端向下流动以杀死能生成幼枝的芽。

3. 根部处理

苯氧羧酸类除草剂易于为植物的根部所吸收^[63,83-90],但运转至顶部的倾向是极为有限的^[83-85,89]。正如 Crafts^[2,11]所概况的那样,其路线基本上是通过吸收根的根毛表面的非质体而进入共质体的水的路线。除草剂的吸收作用显然包含