

The cover features a dark green background with a horizontal strip at the top showing a field of crops and a cluster of round fruits. Below this, the title is written in large white characters. The bottom half of the cover is a lighter green with a molecular structure of spheres and connecting lines.

# 新编 农药科学使用技术

纪明山 主编

XINBIAN  
NONGYAO KEXUE SHIYONG JISHU

化学工业出版社

# 新编 农药科学使用技术

纪明山 主编

ISBN 7-122-01111-1

定价：18.00元



化学工业出版社

·北京·

本书在简述农药作用于靶标后导致的生理生化功能变化、农药化学结构类型及其特点等知识的基础上,按照农药品种的作用机制或作用靶标分类,详细介绍了各农药品种的作用特点、防治对象和使用方法,重点注明了大部分有效成分在不同作物上的安全间隔期、每季最多使用次数和最高残留限量。

本书适合具有一定农药学基础和较丰富生产实践经验的农药企业产品开发人员、农药经销商、新型种植者和农业技术推广人员等使用,也可供植保、农学、园艺、林学等专业的师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

新编农药科学使用技术/纪明山主编. —北京: 化学工业出版社, 2019. 2

ISBN 978-7-122-33400-8

I. ①新… II. ①纪… III. ①农药施用 IV. ①S48

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 283176 号

---

责任编辑: 刘 军 冉海滢

文字编辑: 向 东

责任校对: 王素芹

装帧设计: 关 飞

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 22½ 字数 512 千字 2019 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

图书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

# 本书编写人员名单 >>>>

主 编 纪明山

副 主 编 毕亚玲 边 强 车午男 王 凯

编写人员 (按姓名汉语拼音排序)

白雪婧	白雪松	毕亚玲	边 强	车午男	陈仕红
程 功	代保清	杜 颖	郭红霞	纪明山	姜 震
李 京	刘 琳	祁之秋	尚 涛	孙中华	滕露露
王 凯	王维静	王 振	臧晓霞	张竞雯	赵铂锤
左平春					

# 前言 >>>

农药的作用机制主要是干扰病原菌、害虫、杂草等有害生物体内靶标的生理功能。这里的靶标是指酶、受体、通道、生物膜等。农药有效成分与靶标结合或相互作用，对有害生物造成伤害或使其失去竞争能力。不同化学结构类型的农药往往作用于同一靶标：如有机磷酸酯类和氨基甲酸酯类杀虫剂均作用于害虫的乙酰胆碱酯酶；磺酰脲类、咪唑啉酮类、嘧啶水杨酸类、三唑并嘧啶类和磺酰氨基羰基三唑啉酮类除草剂均作用于乙酰乳酸合成酶。靶标结构的改变是有害生物对农药产生抗药性的重要途径，这称作靶标抗药性。作用于同一靶标的不同化学结构类型的农药，往往具有交互抗药性。因此，将农药按照作用靶标分类，对在使用过程中合理选择农药品种、高效复配混合和延缓或克服抗药性意义重大。

本书共分七章。第一章农药使用基础知识，重点讲述农药使用相关的基本概念和基础理论，包括农药分类、毒性、剂型、作用方式、混用原则和施用方法等，是实现农药科学使用的最基础知识。第二章至第七章，分别介绍杀虫剂、杀螨剂、杀菌剂、除草剂、杀线虫剂和植物生长调节剂。各类农药均按照作用机制或作用靶标进行了分类，概要介绍了农药作用于靶标后导致的生理生化功能变化、化学结构类型及该类农药的通性。农药品种均以中文通用名称作标题，除介绍英文名称、其他名称、化学结构式和主要制剂外，紧紧围绕科学使用详细归纳总结了各农药品种的作用特点、防治对象、使用技术和注意事项。使用技术中大部分注明了农药有效成分在不同作物上的安全间隔期、每季最多使用次数和最高残留限量。

本书适合具有一定农药学基础和较丰富生产实践经验的农药企业产品开发人员、农药经销商、新型种植者和农业技术推广人员等使用，也可供植保、农学、园艺、林学等专业的师生参考。因我国地域辽阔，各地栽培模式、气候条件、用药习惯各异，书中所列农药品种，应首先在当地进行田间试验，之后再大面积推广应用。

本书由沈阳农业大学农药学学科带头人、博士研究生导师纪明山教授，组织部分教师及研究生共同编写。由于学识所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者不吝指正。

纪明山

2018年12月

# 目 录 >>>>

## 第一章 农药使用基础知识 / 001

一、农药的定义 .....	001	五、农药的作用方式 .....	005
二、农药的分类 .....	001	六、农药的混用原则 .....	007
三、农药的毒性 .....	002	七、农药的施用方法 .....	008
四、农药的剂型 .....	003		

## 第二章 杀虫剂 / 011

一、乙酰胆碱酯酶抑制剂 .....	011	28. 仲丁威 .....	037
1. 敌百虫 .....	011	29. 硫双威 .....	038
2. 敌敌畏 .....	012	30. 丙硫克百威 .....	039
3. 马拉硫磷 .....	013	31. 丁硫百威 .....	040
4. 辛硫磷 .....	015	二、钠离子通道调控剂 .....	041
5. 毒死蜱 .....	016	32. 氯菊酯 .....	041
6. 甲基毒死蜱 .....	018	33. 氯氰菊酯 .....	042
7. 杀螟硫磷 .....	019	34. 顺式氯氰菊酯 .....	043
8. 丙溴磷 .....	020	35. 溴氰菊酯 .....	044
9. 乐果 .....	021	36. 甲氰菊酯 .....	046
10. 三唑磷 .....	022	37. 氯氟氰菊酯 .....	048
11. 啶硫磷 .....	023	38. 高效氯氟氰菊酯 .....	048
12. 稻丰散 .....	024	39. 氰戊菊酯 .....	049
13. 哒嗪硫磷 .....	025	40. 顺式氰戊菊酯 .....	050
14. 二嗪磷 .....	026	41. 氟氯氰菊酯 .....	052
15. 甲拌磷 .....	027	42. 高效氟氯氰菊酯 .....	052
16. 乙酰甲胺磷 .....	027	43. 联苯菊酯 .....	054
17. 水胺硫磷 .....	029	44. 醚菊酯 .....	055
18. 甲基异柳磷 .....	030	45. 七氟菊酯 .....	056
19. 噻啉磷 .....	031	46. 炔咪菊酯 .....	057
20. 克百威 .....	031	47. 氟氯苯菊酯 .....	058
21. 灭多威 .....	032	48. 苯醚菊酯 .....	058
22. 异丙威 .....	033	49. 氟胺氰菊酯 .....	059
23. 甲萘威 .....	034	三、烟碱型乙酰胆碱受体激动剂 .....	060
24. 残杀威 .....	035	50. 吡虫啉 .....	060
25. 混灭威 .....	035	51. 啶虫脒 .....	061
26. 抗蚜威 .....	036	52. 噻虫啉 .....	062
27. 速灭威 .....	037		

53. 噻虫啉 .....	063	74. 虫酰肼 .....	081
54. 噻虫胺 .....	064	75. 甲氧虫酰肼 .....	082
55. 氯噻啉 .....	064	九、几丁质合成抑制剂 .....	083
56. 烯啶虫胺 .....	065	76. 除虫脲 .....	083
57. 啶虫啉 .....	066	77. 灭幼脲 .....	084
58. 呋虫胺 .....	066	78. 氟啶脲 .....	085
四、烟碱型乙酰胆碱受体变构调节剂 .....	067	79. 杀铃脲 .....	086
59. 多杀霉素 .....	068	80. 氟虫脲 .....	087
60. 乙基多杀菌素 .....	069	81. 氟铃脲 .....	088
五、烟碱型乙酰胆碱受体通道阻断剂 .....	070	82. 虱螨脲 .....	089
61. 杀虫双 .....	070	83. 噻嗪酮 .....	090
62. 杀虫单 .....	071	十、氯离子通道激动剂 .....	090
63. 杀螟丹 .....	072	84. 阿维菌素 .....	091
64. 杀虫环 .....	072	十一、电压依赖性钠通道阻断剂 .....	092
六、鱼尼丁受体调节剂 .....	073	85. 茚虫威 .....	093
65. 氟苯虫酰胺 .....	073	86. 氰氟虫腙 .....	094
66. 氯虫苯甲酰胺 .....	074	十二、通过干扰质子梯度影响氧化磷酸化解偶联剂 .....	095
67. 溴氰虫酰胺 .....	075	87. 虫螨腈 .....	095
七、 $\gamma$ -氨基丁酸门控氯离子通道拮抗剂 .....	076	88. 氟虫胺 .....	096
68. 氯丹 .....	077	89. 啉虫酰胺 .....	097
69. 硫丹 .....	077	十三、选择性同翅目害虫取食阻滞剂 .....	097
70. 氟虫腓 .....	078	90. 吡蚜酮 .....	097
71. 乙虫腓 .....	079	91. 氟啶虫酰胺 .....	098
72. 丁虫腓 .....	080	十四、作用机制未知的杀虫剂 .....	099
八、蜕皮激素受体激动剂 .....	080	92. 三氟甲吡醚 .....	099
73. 抑食肼 .....	081	93. 氟啶虫胺腓 .....	099

### 第三章 杀螨剂 / 101

一、螨虫生长抑制剂 .....	101	101. 丁醚脲 .....	107
94. 噻螨酮 .....	101	三、线粒体电子传递链复合体抑制剂 .....	108
95. 乙螨唑 .....	102	102. 啶螨醚 .....	108
96. 四螨嗪 .....	103	103. 啉螨酯 .....	109
二、线粒体三磷酸腺苷合成酶抑制剂 .....	103	104. 哒螨灵 .....	110
97. 三氯杀螨砜 .....	104	四、未知作用机制的杀螨剂 .....	111
98. 炔螨特 .....	104	105. 联苯肼酯 .....	111
99. 苯丁锡 .....	105	106. 螺螨酯 .....	111
100. 三唑锡 .....	106	107. 溴螨酯 .....	112

## 第四章 杀菌剂 / 113

一、核酸合成抑制剂 .....	113	146. 氟吡菌酰胺 .....	141
108. 苯霜灵 .....	113	147. 噻呋酰胺 .....	142
109. 甲霜灵 .....	114	148. 啶酰菌胺 .....	142
110. 精甲霜灵 .....	115	149. 呋吡菌胺 .....	143
111. 精苯霜灵 .....	116	150. 吡唑萘菌胺 .....	144
112. 乙嘧酚 .....	116	151. 硅噻菌胺 .....	144
113. 乙嘧酚磺酸酯 .....	117	152. 咪唑菌酮 .....	145
114. 噁霜灵 .....	118	153. 氰霜唑 .....	146
二、细胞有丝分裂抑制剂 .....	119	四、氨基酸和蛋白质生物合成抑制剂 .....	146
115. 多菌灵 .....	119	154. 嘧霉胺 .....	147
116. 苯菌灵 .....	120	155. 嘧菌胺 .....	147
117. 噻菌灵 .....	121	156. 嘧菌环胺 .....	148
118. 甲基硫菌灵 .....	122	五、信号传递干扰剂 .....	148
119. 乙霉威 .....	123	157. 腐霉利 .....	149
120. 苯酰菌胺 .....	124	158. 乙菌利 .....	150
121. 噻唑菌胺 .....	124	159. 拌种咯 .....	151
122. 戊菌隆 .....	125	160. 咯菌腈 .....	151
123. 氰烯菌酯 .....	125	161. 苯氧喹啉 .....	152
124. 氟吡菌胺 .....	126	162. 乙烯菌核利 .....	153
三、呼吸作用抑制剂 .....	126	六、脂质生物合成抑制剂 .....	153
125. 氟啶菌酯 .....	127	163. 异稻瘟净 .....	154
126. 嘧菌酯 .....	128	164. 甲基立枯磷 .....	154
127. 醚菌酯 .....	129	165. 敌瘟磷 .....	155
128. 肟菌酯 .....	130	166. 氟噻唑吡乙酮 .....	156
129. 吡唑醚菌酯 .....	131	167. 双炔酰菌胺 .....	157
130. 唑菌酯 .....	132	168. 稻瘟灵 .....	158
131. 啶氧菌酯 .....	132	169. 土菌灵 .....	158
132. 丁香菌酯 .....	133	170. 霜霉威 .....	159
133. 苯氧菌胺 .....	134	171. 缬霉威 .....	160
134. 肟醚菌胺 .....	134	七、麦角甾醇生物合成抑制剂 .....	161
135. 烯肟菌酯 .....	135	172. 三唑酮 .....	161
136. 氯啶菌酯 .....	135	173. 三唑醇 .....	162
137. 氟酰胺 .....	136	174. 丙环唑 .....	162
138. 萎锈灵 .....	137	175. 腈菌唑 .....	163
139. 嘧菌腈 .....	137	176. 氟环唑 .....	164
140. 氟啶菌胺 .....	138	177. 种菌唑 .....	165
141. 拌种灵 .....	138	178. 腈苯唑 .....	166
142. 氟啶胺 .....	139	179. 联苯三唑醇 .....	167
143. 三苯基乙酸锡 .....	140	180. 氟硅唑 .....	168
144. 三苯锡氯 .....	140	181. 粉唑醇 .....	169
145. 灭锈胺 .....	141		



182. 戊菌唑 .....	170	199. 稻瘟酰胺 .....	183
183. 灭菌唑 .....	170	200. 三环唑 .....	184
184. 烯唑醇 .....	171	201. 咯嗉酮 .....	185
185. 抑霉唑 .....	172	202. 四氯苯酞 .....	185
186. 氟菌唑 .....	172	十、多作用位点杀菌剂 .....	186
187. 咪鲜胺 .....	173	203. 福美双 .....	186
188. 戊唑醇 .....	174	204. 福美锌 .....	187
189. 四氟醚唑 .....	176	205. 代森锌 .....	188
190. 苯醚甲环唑 .....	177	206. 代森锰锌 .....	189
191. 亚胺唑 .....	178	207. 代森联 .....	190
192. 啶斑肟 .....	178	208. 丙森锌 .....	191
193. 氯苯嘧啶醇 .....	179	209. 克菌丹 .....	191
194. 十三吗啉 .....	180	210. 灭菌丹 .....	192
195. 苯锈啶 .....	180	211. 百菌清 .....	193
八、细胞壁合成抑制剂 .....	181	212. 苯氟磺胺 .....	194
196. 烯酰吗啉 .....	181	十一、作用机制未知的杀菌剂 .....	195
197. 氟吗啉 .....	182	213. 霜脲氰 .....	195
九、细胞壁黑色素生物合成抑制剂 .....	183	214. 三乙膦酸铝 .....	196
198. 双氯氟菌胺 .....	183	215. 氰烯菌酯 .....	196
		216. 噻森铜 .....	197

## 第五章 除草剂 / 198

一、乙酰乳酸合成酶抑制剂 .....	198	237. 咪唑喹啉酸 .....	216
217. 烟嘧磺隆 .....	198	238. 氯酯磺草胺 .....	216
218. 甲基碘磺隆钠盐 .....	199	239. 双氟磺草胺 .....	217
219. 酰嘧磺隆 .....	200	240. 啶嘧磺草胺 .....	218
220. 乙氧磺隆 .....	200	241. 五氟磺草胺 .....	219
221. 啶嘧磺隆 .....	201	242. 啶磺草胺 .....	219
222. 氟吡磺隆 .....	202	243. 双氯磺草胺 .....	220
223. 苄嘧磺隆 .....	202	244. 双草醚 .....	221
224. 吡嘧磺隆 .....	204	245. 嘧啶肟草醚 .....	222
225. 氯吡嘧磺隆 .....	205	246. 嘧草醚 .....	222
226. 环丙嘧磺隆 .....	206	247. 环酯草醚 .....	223
227. 砒嘧磺隆 .....	207	248. 嘧草硫醚 .....	224
228. 甲嘧磺隆 .....	208	二、乙酰辅酶 A 羧化酶抑制剂 .....	224
229. 噻吩磺隆 .....	209	249. 烯草酮 .....	225
230. 苯磺隆 .....	210	250. 吡喃草酮 .....	225
231. 氟唑磺隆 .....	211	251. 肟草酮 .....	226
232. 三氟啶磺隆 .....	212	252. 炔草酯 .....	226
233. 甲氧咪草烟 .....	213	253. 氰氟草酯 .....	227
234. 甲咪唑烟酸 .....	213	254. 精喹禾灵 .....	228
235. 咪唑烟酸 .....	214	255. 高效氟吡甲禾灵 .....	229
236. 咪唑乙烟酸 .....	215	256. 精吡氟禾草灵 .....	230

257. 精噁唑禾草灵 .....	231	297. 氟草敏 .....	266
258. 啞禾糠酯 .....	232	298. 吡氟酰草胺 .....	267
259. 啞啞草酯 .....	233	299. 异噁草酮 .....	268
260. 啞草酯 .....	234	300. 氟草隆 .....	269
261. 啞啞酰草胺 .....	235	301. 苯草醚 .....	270
三、光合作用光系统 II 抑制剂 .....	235	七、微管组装抑制剂 .....	271
262. 莠去津 .....	236	302. 二甲戊灵 .....	271
263. 氰草津 .....	237	303. 氟乐灵 .....	272
264. 西草净 .....	238	304. 仲丁灵 .....	273
265. 莠灭净 .....	239	305. 氨氟乐灵 .....	274
266. 扑草净 .....	240	306. 氨磺乐灵 .....	275
267. 环嗪酮 .....	240	307. 氟硫草定 .....	275
268. 苯嗪草酮 .....	241	308. 炔苯酰草胺 .....	276
269. 嗪草酮 .....	242	八、长链脂肪酸合成抑制剂 .....	277
270. 氟吡草酮 .....	243	309. 甲草胺 .....	277
271. 胺啞草酮 .....	244	310. 乙草胺 .....	278
272. 甜菜安 .....	244	311. 丙草胺 .....	279
273. 甜菜宁 .....	245	312. 异丙草胺 .....	280
274. 敌草隆 .....	246	313. 精异丙甲草胺 .....	281
275. 绿麦隆 .....	247	314. 丁草胺 .....	283
276. 异丙隆 .....	247	315. 敌草胺 .....	284
277. 敌稗 .....	248	316. 苯噻酰草胺 .....	285
278. 灭草松 .....	249	317. 四唑酰草胺 .....	286
279. 溴苯腈 .....	250	318. 莎稗磷 .....	287
280. 辛酰碘苯腈 .....	251	九、脂类合成抑制剂 .....	287
四、光系统 I 电子传递抑制剂 .....	252	319. 野麦畏 .....	288
281. 百草枯 .....	252	320. 禾草丹 .....	289
282. 敌草快 .....	253	321. 禾草敌 .....	290
五、原卟啉原氧化酶抑制剂 .....	254	322. 乙氧呋草黄 .....	290
283. 氟磺胺草醚 .....	254	十、5-烯醇式丙酮酰莽草酸-3-磷酸 合成酶抑制剂 .....	291
284. 乙氧氟草醚 .....	255	323. 草甘膦 .....	291
285. 乙羧氟草醚 .....	256	十一、谷氨酰胺合成酶抑制剂 .....	292
286. 三氟羧草醚 .....	257	324. 草铵膦 .....	293
287. 乳氟禾草灵 .....	258	十二、对羟苯基丙酮酸双氧化酶抑制剂 .....	294
288. 啞草酮 .....	259	325. 磺草酮 .....	294
289. 丙炔啞草酮 .....	260	326. 硝磺草酮 .....	295
290. 啞草酮 .....	261	327. 环磺酮 .....	295
291. 吡草醚 .....	262	328. 苯啞草酮 .....	296
292. 甲磺草胺 .....	262	329. 异噁啞草酮 .....	297
293. 苯嘧磺草胺 .....	263	330. 双啞草酮 .....	298
294. 丙炔氟草胺 .....	264	331. 环吡氟草酮 .....	299
295. 氟烯草酸 .....	264	十三、合成激素类 .....	300
296. 嗪草酸甲酯 .....	265		
六、类胡萝卜素合成抑制剂 .....	266		

332. 2,4-滴	300	342. 二氯喹啉酸	308
333. 2,4-滴异辛酯	301	343. 二氯喹啉草酮	309
334. 2甲4氯	302	十四、其他类	309
335. 麦草畏	303	344. 野燕枯	309
336. 二氯吡啶酸	303	345. 噁嗪草酮	310
337. 氨基吡啶酸	304	346. 环庚草醚	311
338. 三氯吡氧乙酸	305	347. 异噁酰草胺	312
339. 氯氟吡氧乙酸	305	348. 磺草灵	312
340. 氯氟吡啶酯	306	349. 氟吡草胺	313
341. 氯氟吡氧乙酸异辛酯	307		

## 第六章 杀线虫剂 / 315

一、乙酰胆碱酯酶抑制剂	315		318
350. 灭线磷	315	355. 氟吡菌酰胺	318
351. 氯唑磷	316	四、其他类	319
352. 噻唑膦	317	356. 棉隆	319
353. 杀线威	317	357. 威百亩	320
二、线虫核糖体活性抑制剂	318	358. 氰氨化钙	321
354. ti oxazafen	318	359. 二氯异丙醚	321
三、线虫线粒体呼吸链的复合体 II 抑制剂		360. 氟噻虫砜	322

## 第七章 植物生长调节剂 / 323

一、生长素类	323	五、乙烯类	330
361. 萘乙酸	323	368. 乙烯利	330
362. 增产灵	324	六、脱落酸类	331
363. 复硝酚钠	325	369. S-诱抗素	331
二、赤霉素类	325	七、植物生长抑制物质	332
364. 赤霉素	326	370. 矮壮素	332
三、细胞分裂素类	327	371. 丁酰肼	333
365. 苄氨基嘌呤	327	372. 甲哌鎓	334
366. 噻苯隆	328	373. 多效唑	335
四、甾醇类	328	374. 烯效唑	336
367. 丙酰芸苔素内酯	329		

## 参考文献 / 337

## 索引 / 338

一、农药中文通用名称索引	338	二、农药英文通用名称索引	343
--------------	-----	--------------	-----

## 农药使用基础知识

农药的基本概念和基础理论是农药科学使用的基础。农药生产者、销售者、使用者，乃至农产品的广大消费者，都应在掌握了农药的基础知识之后，再生产、经营和推广应用，以及再对农药进行评价。本章介绍农药的定义、分类、毒性、剂型、作用方式、混用原则和施用方法。

### 一、农药的定义

农药是指用于预防、控制危害农业、林业的病、虫、草、鼠和其他有害生物以及有目的地调节植物、昆虫生长的化学合成或者来源于生物、其他天然物质的一种物质或者几种物质的混合物及其制剂。

农药的作用是预防、控制或调节。农药应用的场所包括农业、林业、家居、仓储、加工场所、河流堤坝、铁路、码头、机场、建筑物等。农药预防和控制的对象包括：植物病原真菌、卵菌、细菌、病毒、线虫和寄生性种子植物；有害昆虫、蝉、螨；杂草；有害软体动物；害鼠；害鸟和害兽。

农药要与医药、兽药、鱼药、食品饲料添加剂等相区分。

### 二、农药的分类

为便于认识和使用农药，按照主要成分、防治对象、作用方式进行分类。

#### (1) 按主要成分分类

① 无机农药 农药中有效成分属于无机物的品种，主要由天然矿物原料加工、配制而成，又称矿物源农药。早期使用的无机农药如砷制剂、氟制剂因毒性高、药效差、对植物不安全，已逐渐被有机农药取代；目前使用的无机农药主要有铜制剂和硫制剂，铜制剂有波尔多液、硫酸铜等，硫制剂有石硫合剂、硫黄等。

② 有机农药 农药中有效成分属于有机化合物的品种，多数可用有机的化学合成方法制得。目前所用的农药绝大多数属于这一类，具有药效高、见效快、用量少、用途广、可适应各种不同需要等优点。有机农药根据其来源及性质又可分为植物性农药（用天然植物加工制造的，所含有效成分是天然有机化合物，如烟碱、鱼藤酮、印楝）、微生物农药（用微生物及其代谢产物制成，如苏云金芽孢杆菌、阿维菌素、井冈霉素等）和有机合成农药（即人工合成的有机化合物农药）。

#### (2) 按防治对象分类

① 杀虫剂 用于防治有害昆虫的药剂。

② 杀菌剂 能够直接杀死或抑制病原菌生长、繁殖，或削弱病菌致病性以及通过调节植物代谢提高植物抗病能力的药剂。

③ 除草剂 用于防除杂草的药剂。

④ 杀螨剂 用于防治有害蛛、螨类的药剂。

⑤ 杀鼠剂 用于毒杀有害鼠类的药剂。

⑥ 杀线虫剂 用于防治植物病原线虫的药剂。

⑦ 植物生长调节剂 对植物生长发育有控制、促进或调节作用的药剂。

⑧ 杀软体动物剂 用于防治有害软体动物的药剂。

(3) 按作用方式分类

① 杀虫剂按作用方式分类

a. 胃毒剂 通过昆虫取食而进入消化系统引起昆虫中毒死亡的药剂。

b. 触杀剂 通过体壁或气门进入昆虫体内引起昆虫中毒死亡的药剂。

c. 内吸剂 被植物的根、茎、叶或种子吸收进入植物体内，并在植物体内传导运输到其他部位，使昆虫取食或接触后引起中毒死亡的药剂。

d. 熏蒸剂 以气体状态通过呼吸系统进入昆虫体内引起昆虫中毒死亡的药剂。

e. 拒食剂 使昆虫产生厌食、拒食反应，因饥饿而死亡的药剂。

f. 驱避剂 通过其物理、化学作用（如颜色、气味等）使昆虫忌避或发生转移，从而达到保护寄主植物或特殊场所目的的药剂。

g. 引诱剂 通过其物理、化学作用（如光、颜色、气味、微波信号等）可将昆虫引诱到一起集中消灭的药剂。

h. 不育剂 药剂进入昆虫体内，可直接干扰或破坏昆虫的生殖系统，使昆虫不产卵或卵不孵化或孵化的子代不能正常生育。

i. 昆虫生长调节剂 扰乱昆虫正常生长发育，使昆虫个体生活能力降低而死亡或种群数量减少的药剂，包括几丁质合成抑制剂、保幼激素类似物、蜕皮激素类似物等。

② 杀菌剂按作用方式分类

a. 保护性杀菌剂 在植物发病前（即当病原菌接触寄主或侵入寄主之前），施用于植物可能受害部位，以保护植物不受侵染的药剂。

b. 治疗性杀菌剂 在植物被侵染发病后，能够抑制病原菌生长或致病过程，使植物病害停止扩展的药剂。

c. 铲除性杀菌剂 对病原菌有强烈的杀伤作用的药剂。因作用强烈，有的不能在植物生长期使用，有的需要注意施药剂量或药液的浓度。多用于休眠期的植物或未萌发的种子，或处理植物或病原菌所在的环境（如土壤）。

③ 除草剂按作用方式分类

a. 触杀性除草剂 不能在植物体内传导，只能杀死所接触到的植物组织的药剂。

b. 内吸性除草剂 药剂施用于植物体或土壤，通过植物的根、茎、叶等部位吸收，并在植物体内传导至敏感部位或整个植株，使杂草生长发育受抑制而死亡。

### 三、农药的毒性

农药的毒性是指农药所具有的在极少剂量下就能对人体、家畜、家禽及有益动物产生直接或间接的毒害，或使其生理功能受到严重破坏作用的性能。即农药对人、养殖业

动物、野生动物、农业有害生物的天敌、土壤有益微生物等有毒，均属于“毒性”范畴。

农药毒性主要受农药化学结构、理化性质影响，还与其剂型、剂量、接触途径、持续时间、有机体种类、性别、可塑性、蓄积性及在体内代谢规律等密切相关。农药毒性大小常通过产生损害的性质和程度表示，可分为急性毒性、慢性毒性、迟发性神经毒性、致畸作用、致癌作用、致突变作用等。生产实践过程中与人类关系密切的主要是急性毒性和慢性毒性。

急性毒性是指供试动物经口或经呼吸道吸入或经皮肤等途径，一次进入较大量有毒药剂，在 24~48h 内出现中毒症状，如肌肉痉挛、恶心、呕吐、腹泻、视力减退及呼吸困难等。有半数受试动物死亡时所需的药剂有效剂量，常以致死中量  $LD_{50}$  (mg/kg) 或致死中浓度  $LC_{50}$  (mg/L) 表示。不同国家对农药急性毒性有不同的分级标准，我国暂用的分级标准见表 1-1。

表 1-1 我国农药急性毒性分级标准

毒性指标	剧毒	高毒	中等毒	低毒	微毒
经口( $LD_{50}$ )/(mg/kg)	$\leq 5$	$>5\sim 50$	$>50\sim 500$	$>500\sim 5000$	$>5000$
经皮( $LD_{50}$ )/(mg/kg)	$\leq 20$	$>20\sim 200$	$>200\sim 2000$	$>2000\sim 5000$	$>5000$
吸入( $LD_{50}$ )/(mg/m <sup>3</sup> )	$\leq 20$	$>20\sim 200$	$>200\sim 2000$	$>2000\sim 5000$	$>5000$

慢性毒性是指动物长期(1年以上)连续摄取一定剂量药剂，缓慢表现出的病理反应过程，多发生于长时间、反复接触小剂量农药的情况下，如长期食用农药残留超标的果蔬或饮用水等。常以毒性试验结果来衡量。将微量农药长期掺入饲料中饲养动物，观察实验期内所引起的慢性反应，如致畸、致癌、致突变等，找出最大无作用量、最小中毒量。农药慢性毒性大小，一般用最大无作用量或每日允许量(ADI)表示。最大无作用量是指根据完全没有作用的最大浓度计算出的供试动物每千克体重相应的药剂质量(mg)。ADI是指将动物试验终生，每天摄取也不发生不利影响的剂量，其数值大小是根据最大无作用量乘 100 乃至几千的安全系数算出来的量，单位是 mg/kg 体重。具有严重慢性毒性问题的农药品种，一经证实，将立即禁用。

新农药是向低毒性方向发展的，但完全无毒的农药几乎不存在。为避免农药毒性引起的危害，从事农药生产、营销、运输、贮存、使用等各环节都要严格按照农药管理规定执行，农药研究、生产、营销及使用人员都要了解和重视农药毒性问题，从安全角度出发，采取有效措施避免农药中毒。高毒农药的使用原则是尽量不用或少用，以药效相近的低毒品种替代；必须使用时，要注意其限用范围，如收获前禁用期、某些高毒农药不可作茎叶喷雾、施药后的农田在规定时间内禁止人及畜禽进入。

## 四、农药的剂型

农药剂型是具有一定组分和规格的农药加工形态，如粉剂、可湿性粉剂、乳油等。每种剂型都有对应的代码，如乳油的代码是 EC。一种剂型可以加工成不同含量不同用途的产品，这个产品叫农药制剂。在实际应用中，一种农药可能加工的剂型中，究竟选择哪一种或几种进行生产，主要依据其用途、施药方法上的必要性、安全性和经济上的可行性。常见农药剂型如下。

(1) 粉剂 (DP) 适于喷粉或撒布含有效成分的自由流动粉状制剂。由原药、填料、助剂经混合—粉碎—混合而成。此制剂加工方便、成本低, 施用时无须用水作载体。但由于其药效不如液剂, 加之易污染环境, 故此剂型日趋减少。

(2) 颗粒剂 (GR) 具有一定粒径范围可自由流动含有效成分的粒状制剂。由农药原药、载体和助剂混合加工而成。具有持效期长、使用方便、操作安全、粉尘飞扬少、对环境污染小、对天敌和益虫安全、可控制释放速度、延长持效期及应用范围广等众多优点。

(3) 可溶粒剂 (SG) 有效成分在水中形成真溶液的粒状制剂, 可含不溶于水的惰性成分。

(4) 可溶片剂 (ST) 有效成分在水中形成真溶液的片状制剂, 可含不溶于水的惰性成分。

(5) 水分散粒剂 (WG) 在水中崩解、有效成分分散成悬浮液的粒状制剂。即由农药原药、分散剂、润湿剂、崩解剂、黏结剂和填料等加工而成的粒状剂型, 加水后能迅速崩解并分散成悬浮液。兼有可湿性粉剂和悬浮剂所具有的悬浮性、分散性、稳定性好的特点, 使用时粉尘量少, 包装便宜, 易于处理和计量, 不含有机溶剂, 不易聚结, 但生产设备较昂贵。

(6) 可分散片剂 (WT) 在水中崩解、有效成分分散成悬浮液的片状制剂。即由农药原药、分散剂、润湿剂、崩解剂、黏结剂和填料等加工而成的片状剂型, 加水后能迅速崩解并分散成悬浮液。

(7) 可湿性粉剂 (WP) 有效成分在水中分散成悬浮液的粉状制剂。由农药原药、填料和湿润剂经混合粉碎而成的粉状剂, 易被水润湿并能在水中分散悬浮。具有湿润性能好、贮存运输较安全、使用方便等特点。但一般不能贮存时间过长, 否则易产生结块而影响药效。

(8) 可溶粉剂 (SP) 有效成分在水中形成真溶液的粉状制剂, 可含有不溶于水的惰性成分。可溶粉剂由易溶于水的农药和少量填料混合粉碎而成, 有的加入少量表面活性剂。使用时加水稀释后, 有效成分溶于水形成真溶液, 喷雾使用。

(9) 可溶液剂 (SL) 用水稀释成透明或半透明含有效成分的液体制剂, 可含有不溶于水的惰性成分。水中呈微溶状态的农药原药配以大量亲水性极性溶剂, 在辅以助溶剂和乳化剂后所制得的一种在使用时能在水中溶解的农药剂型。许多原来很难制成液体制剂型的原药, 通过可溶液剂剂型能溶于水, 并能呈分子状, 具有很强的穿透性, 通常用于特定的防治对象。

(10) 乳油 (EC) 用水稀释分散成乳状液含有效成分的均相液体制剂。由农药原药、溶剂、乳化剂经溶解混合而成的均匀透明的油状液体。有的还加入少量助溶剂和稳定剂, 具有药效高、施用方便、性质稳定、不易分解、耐贮藏等特点。但由于含有大量有机溶剂, 怕高温, 怕明火, 产品运输、贮存不安全, 使用后易污染环境。

(11) 油剂 (OL) 用有机溶剂稀释 (或不稀释) 成均相含有效成分的液体制剂。对人畜较安全, 黏附性高, 耐雨水冲刷。

(12) 水乳剂 (EW) 有效成分 (或其有机溶液) 在水中形成乳状液体制剂。有效成分溶于有机溶液中, 并以微小的液珠分散在连续相水中, 形成非均相乳状液制剂, 具有有机溶剂使用量低、产品不易飘移、低毒、高效、高稳定性等优点, 但生产成本相对

较高，不适合于所有农药成分，可能对高、低温敏感。

(13) 微乳剂 (ME) 有效成分在水中成透明或半透明的微乳状液体制剂，直接或用水稀释后使用。特点是不易燃易爆，生产、贮运和使用安全；不用或少用有机溶剂，环境污染小；粒子比通常的乳油粒子小，对植物和昆虫细胞有良好渗透性，吸收率高；水为基质，产品成本低。

(14) 悬浮剂 (SC) 悬浮剂是农药原药和载体及分散剂混合，利用湿法进行超微粉碎而成的黏稠可流动的悬浮体。由不溶或微溶于水的固体原药借助某些助剂，通过超微粉碎比较均匀地分散于水中，形成一种颗粒细小的高悬浮、能流动的稳定的液固体系。悬浮剂通常由有效成分、分散剂、增稠剂、抗沉淀剂、消泡剂、防冻剂和水等组成。该剂型既克服了可湿性粉剂在倒入水中时产生的粉尘飞扬，对使用者产生危害的缺点，又克服了乳油类产品需要使用大量有机溶剂的缺点。

(15) 可分散油悬浮剂 (OD) 有效成分的微粒及其助剂能稳定分散在非水质的液体中，用水稀释后使用。采用油类作为分散质，利于农药更好地黏附于植物叶片并快速扩展渗透。具有安全、环保、药效高等优点，但也具有加工难度大、制剂稳定性较差的缺点。

(16) 微囊悬浮剂 (CS) 含有效成分的微囊分散在液体中形成稳定的悬浮液体制剂。微胶囊稳定的悬浮剂，用水稀释后成悬浮液使用。具有使用时粉尘量极低、有机溶剂量少、低毒、持效期长等优点，但也有生产设备昂贵、容易冻结、温度高时产品黏稠、包装费用较贵等缺点。

(17) 种子处理悬浮剂 (FS) 直接或稀释用于种子处理含有效成分稳定的悬浮液体制剂。

(18) 超低容量液剂 (UL) 直接或稀释后在超低容量设备上使用的均相液体制剂。使用量少，应用迅速，使用时不需加水或加水量极少。但毒性相对较高，飘移时易带来危害，需要使用特殊设备。

(19) 烟剂 (FU) 通过点燃发烟（或经化学反应产生的热能）释放有效成分的固体制剂。由农药原药和定量的燃料（锯木屑、木炭粉、煤粉）、助燃剂（硝酸钾、硝酸铵）、消燃剂（陶土）等均匀混配加工而成。烟剂的特点是使用方便、节省劳力，它可以扩散到其他防治方法不能达到的地方，很适宜防治林业害虫，以及仓库和温室的虫害和病害。

(20) 饵剂 (RB) 为引诱靶标有害生物（害虫和鼠等）取食直接使用含有效成分的制剂。一般分为饵片、饵粒、饵粉、胶饵。饵片为片状饵剂，饵粒为粒状饵剂，胶饵为可放在饵盒里直接使用或用配套器械挤出或点射使用的胶状饵剂。

## 五、农药的作用方式

农药预防或控制病原菌、害虫、杂草等有害生物的途径，称之为农药的作用方式。系统掌握农药的作用方式，有利于科学施用农药，充分发挥农药的防病、杀虫和除草作用。

### 1. 杀虫剂的作用方式

杀虫剂最常用的作用方式有触杀、胃毒、内吸、熏蒸、拒食、忌避和调节生长等。



触杀作用是目下使用的杀虫剂最主要的作用方式，可杀死各种口器的害虫和害螨。胃毒作用一般只能防治咀嚼式口器害虫，如鳞翅目幼虫、鞘翅目成虫、直翅目若虫和成虫等。蚜虫等刺吸式口器害虫多用内吸作用药剂防治。目下使用的多数杀虫剂通常具有两种以上的作用方式，可根据主要防治对象选用最合适的药剂。

## 2. 杀菌剂的作用方式

杀菌剂的作用方式可分为保护作用、治疗作用和诱导抗病性作用。在植物未罹病之前使用保护作用药剂，消灭病原菌或在病原菌与植物体之间建立起一道化学药物的屏障，防止病菌侵入，以使植物得到保护。该类杀菌剂对病原菌的杀死或抑制作用仅局限于在植物体表，对已经侵入寄主的病原菌无效。治疗作用是在植物感病或发病以后，对植物体施用杀菌剂解除病菌与寄主的寄生关系或阻止病害发展，使植物恢复健康，该类杀菌剂一般选择性强且持效期较长。既可以在病原菌侵入以前使用，起到化学保护作用，也可在病原菌侵入之后，甚至发病以后使用，发挥其化学治疗作用。局部治疗作用也称铲除作用，铲除在施药处已形成侵染的病原菌。诱导抗病性作用也称免疫作用，由于这类杀菌剂大多数对靶标生物没有直接毒杀作用，因此，必须在植物未罹病之前使用，对已经侵入寄主的病原菌无效。

## 3. 除草剂的作用方式

除草剂的作用方式分为吸收和输导，除草剂必须经吸收进入杂草体内才能发挥作用，而吸收后如不能很好地输导，如五氯酚钠，只能对接触到药剂的杂草组织及其邻近组织起作用，从而影响防治效果。输导型除草剂则在杂草吸收后能输导到地下根茎而有效发挥除草作用。

### (1) 吸收途径

① 茎叶吸收 除草剂可通过植物茎叶表皮或气孔进入杂草体内，其吸收程度与药剂本身结构、极性、植物表皮形态结构及环境条件有关。如均三氮苯类除草剂中的莠去津和扑草净比较容易被植物叶面吸收，而西玛津则难以吸收。叶片老嫩、形态也影响对药剂吸收的程度。高温、潮湿及药剂中含有适当的湿润展布剂，均有助于药剂渗透进入植物体，提高除草剂的杀草活性。

② 根系吸收 多数除草剂进行土壤处理后，能被植物根部吸收，但吸收速度差异较大，如莠去津、苄嘧磺隆、咪唑乙烟酸等很容易被植物根部吸收，而抑芽丹、茅草枯等则吸收较慢。

③ 幼芽吸收 除草剂在杂草种子萌芽出土过程中，经胚芽或幼芽吸收发挥毒杀作用。如氟乐灵、乙草胺、异丙甲草胺等均是通过对芽部吸收发挥作用的。

### (2) 输导途径

① 质外体系输导 除草剂被植物吸收后，随水分和无机盐在胞间和胞壁中移动进入木质部，在导管内随蒸腾液流向上输导。木质部是非生命组织，药量较高时也不受损害，这种输导一般较快，并受温度、蒸腾速度等环境生理条件影响。

② 共质体系输导 除草剂渗透进入植物叶片细胞内，通过胞间连丝通道，移动到其它细胞内，直到进入韧皮部随同化产物液流向下移动。这种输导在活组织中进行，当施用急性毒力的药剂将韧皮部杀死后，共质体系的输导即停止，其输导速度一般慢于质