



国家公益性行业（农业）科研专项（200903033）

水稻

农药高效科学施用技术

指导手册

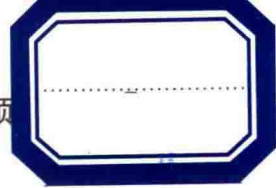
郑永权 主编



中国农业科学技术出版社



国家公益性行业（农业）科研专项



水稻 农药高效科学施用技术 指导手册

郑永权 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

水稻农药高效科学施用技术指导手册 / 郑永权主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2014.5
ISBN 978-7-5116-1615-9

I. ①水… II. ①郑… III. ①水稻-病虫害-农药施
用-手册 IV. ①S435.11-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 075674 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) 82109704 (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 850mm × 1 168mm 1/32

印 张 3.5

字 数 86 千字

版 次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

定 价 24.00 元

—— 版权所有 · 侵权必究 ——

编 委 会

主 编：郑永权

编 委（按姓氏笔画排序）：

白元俊 刘贤进 刘新刚

李 明 李永平 李建洪

范加勤 郑永权 罗源华

姚英娟 袁会珠 顾中言

高同春 黄啟良 蒋红云

前 言

我国是一个农业大国，农业的增产丰收关系到国家的经济发展、社会的繁荣稳定和广大人民群众切身利益，而农业有害生物的防治是保证农业增产丰收的重要环节，化学防治则是农业有害生物防控最有效的措施。在目前和将来很长一段时期内，化学农药在有害生物控制中仍将起到至关重要、不可或缺的关键作用。科学、合理地施用农药将会有效控制病虫草等有害生物的危害；相反，农药的误用、错用、滥用、乱用等都将事倍功半，甚至是危害人类自己。因此，要把农药用好还注意以下诸多问题，比如农药多次使用导致病虫害对药剂的敏感度产生变化，农民或技术人员不能有效地选择药剂及使用剂量，造成防治效果不好或农药浪费，给农产品安全带来极大的隐患；又如农药的不科学混用导致农药投入量增加，时常会引发药害和农药对农产品的复合污染，同时对环境和非靶标生物还会造成巨大的影响；再如因施用不当造成药剂在有害生物体表沉积率低，出现农药流失浪费严重、有效利用率低和严重污染环境的问题。

为此，笔者依托国家公益性行业（农业）科研专项“农药高效安全科学施用技术”（200903033），针对上述关键问题，面向农药施用技术人员和广大农民朋友，组织相关研究人员开展了5年的研究，以为害水稻、棉花、小麦、蔬菜、果树等农作物主要病虫害为攻关对象，研发出相关配方选药诊断试剂盒、“雾滴密

度”测试卡和提高药剂沉积效率功能性助剂等高效、安全、科学施药技术，并组建了农药高效、安全、科学施用技术体系。

本书作为项目的研究成果，系统概括了为害水稻、棉花、小麦、蔬菜、果树等农作物主要病虫害的识别特征、不同防治技术等内容。随着配方选药技术、科学桶混技术、农药减量控制技术、优质高效低风险农药的筛选和应用等研究成果的成熟并投入使用，将对有效解决农药滥用、乱用现象，更加精准化选用农药，降低农药的使用量，确保农产品的质量和安全等具有重要的实用价值。同时，本书的出版发行也将有力提升农民的健康意识、环境意识和农产品质量安全意识，具有深远的社会意义。

本书由国家公益性行业（农业）科研专项“农药高效安全科学施用技术”项目组研究人员编写。书中存在错误或不足之处在所难免，恳请读者批评和指正。

郑永权

2014年2月

目 录

第一章 农药喷雾

一、农药喷雾技术类型·····	1
二、农药喷雾中的“流失”·····	3
三、农药雾滴最佳粒径·····	6
四、雾滴测试卡·····	9
五、雾滴密度比对卡·····	11
六、农药喷雾的雾滴密度标准指导·····	12

第二章 农药剂型与农药施用

一、农药剂型与农药制剂·····	19
二、农药适宜剂型与制剂选择·····	20
三、农药助剂·····	30
四、农药“润湿展布比对卡”使用说明·····	33

第三章 水稻细菌性条斑病防治

一、水稻细菌性条斑病发生与为害·····	35
二、水稻细菌性条斑病诊断方法·····	35
三、水稻细菌性条斑病发生条件·····	36
四、水稻细菌性条斑病防治技术·····	37

第四章 水稻白背飞虱防治

- 一、水稻白背飞虱发生与为害····· 40
- 二、水稻白背飞虱诊断方法····· 41
- 三、水稻白背飞虱发生条件····· 42
- 四、水稻白背飞虱防治技术····· 42

第五章 水稻褐飞虱防治

- 一、水稻褐飞虱发生与为害····· 50
- 二、水稻褐飞虱诊断方法····· 51
- 三、水稻褐飞虱发生条件····· 54
- 四、水稻褐飞虱防治技术····· 55

第六章 水稻灰飞虱防治

- 一、水稻灰飞虱发生与为害····· 66
- 二、水稻灰飞虱诊断方法····· 66
- 三、水稻灰飞虱发生条件····· 68
- 四、水稻灰飞虱防治技术····· 69

第七章 水稻二化螟防治

- 一、水稻二化螟发生与为害····· 72
- 二、水稻二化螟诊断方法····· 73
- 三、水稻二化螟发生条件····· 77
- 四、水稻二化螟防治技术····· 78

第八章 水稻纹枯病防治

一、水稻纹枯病发生与为害·····	86
二、水稻纹枯病诊断方法·····	86
三、水稻纹枯病发生条件·····	87
四、水稻纹枯病防治技术·····	89

第九章 水稻稻曲病防治

一、水稻稻曲病发生与为害·····	95
二、水稻稻曲病诊断方法·····	95
三、水稻稻曲病发生条件·····	97
四、水稻稻曲病防治技术·····	99

第一章 农药喷雾

一、农药喷雾技术类型

农药喷雾技术的分类方法很多，根据喷雾机具、作业方式、施药液量、雾化程度、雾滴运动特性等参数，喷雾技术可以分为各种各样的喷雾方法。根据喷雾时的施药液量（即通常所说的喷雾量），可以把喷雾方法分为常规大容量喷雾法、中容量喷雾法、低容量喷雾法和超低容量喷雾法。

（一）常规大容量喷雾法

每 667m² 喷液量在 40L 以上（大田作物）或 100L 以上（果园）的喷雾方法称常规大容量喷雾法（HV），也称传统喷雾法或高容量喷雾法。这种喷雾方法的雾滴粗大，所以，也称粗喷雾法。在常规大容量喷雾法田间作业时，粗大的农药雾滴在作物靶标叶片上极易发生液滴聚并，引起药液流失，全国各地习惯采用这种大容量喷雾法。

（二）中容量喷雾法

每 667m² 喷液量在 15~40L（大田作物），或 40~100L（果园）的喷雾方法称中容量喷雾法（MV）。中容量喷雾法与高容量喷雾法之间的区分并不严格。中容量喷雾法是采取液力式雾化原理，使用液力式雾化部件（喷头），适应范围广，在杀虫剂、杀菌剂、除草剂等喷洒作业时均可采用。在中容量喷雾法田间作业时，农药雾滴在作物靶标叶片也会发生重复沉积，引起药液流失，但流失现

象比高容量喷雾法轻。

（三）低容量喷雾法

每 667m^2 喷液量在 $5\sim 15\text{L}$ （大田作物），或 $15\sim 40\text{L}$ （果园）的喷雾方法称低容量喷雾法（LV）。低容量喷雾法的雾滴细、施药液量小、工效高、药液流失少、农药有效利用率高。对于机械施药而言，可以通过调节药液流量调节阀、机械行走速度和喷头组合等措施实施低容量喷雾作业。对于手动喷雾器，可以通过更换小孔径喷片等措施来实施低容量喷雾。另外，采用双流雾化技术，也可以实施低容量喷雾作业。

（四）超低容量喷雾法

每 667m^2 喷液量在 0.5L 以下（大田作物），或 3L （果园）以下的喷雾方法称超低容量喷雾法（ULV），雾滴粒径小于 $100\mu\text{m}$ ，属细雾喷洒法。其雾化原理是采取离心式雾化法，雾滴粒径决定于圆盘（或圆杯等）的转速和药液流量，转速越快雾滴越细。超低容量喷雾法的喷液量极少，必须采取飘移喷雾法。由于超低容量喷雾法雾滴细小，容易受气流的影响，因此，施药地块的布置以及喷雾作业的行走路线、喷头高度和喷幅的重叠都必须严格设计。

不同喷雾方法的分类及应采用的喷雾机具和喷头简单列于表 1-1，供读者参考。

表 1-1 不同喷雾方法分类及应采用喷雾机具和喷头

喷雾方法	喷液量 ($\text{L}/667\text{m}^2$)		选用机具	选用喷头
	大田作物	果园		
常规大容量喷雾法 (HV)	>40	>100	手动喷雾器 大田喷杆喷雾机 担架式喷雾机	1.3mm 以上空心圆锥雾 喷片 大流量的扇形雾喷头

(续表)

喷雾方法	喷液量 (L/667m ²)		选用机具	选用喷头
	大田作物	果园		
中容量喷			手动喷雾器	
雾法	15~40	40~100	大田喷杆喷雾机	0.7~1.0mm 小喷片
(MV)			果园风送喷雾机	中小流量的扇形雾喷头
低容量喷			背负机动弥雾机	0.7mm 小喷片
雾法			微量弥雾器	气力式喷头
(LV)	5~15	15~40	常温喷雾机	离心旋转喷头
超低容量			电动圆盘喷雾机	
喷雾法			背负机动弥雾机	离心旋转喷头
(ULV)	<0.5	<3	热烟雾机	超低容量喷头

二、农药喷雾中的“流失”

喷雾法是农药使用中最常用的方法，因其常用，人们往往忽视其中存在的问题，简单地认为喷雾就是把作物叶片喷湿，看到药液从叶片滴滴流失为标准。这种错误的喷雾观念，就好像在给农作物洗澡，大量的药液流失到地表，喷药人员接触喷过药的湿漉漉叶片，身上也会沾满农药。特别是果园喷雾时，喷药人员站在树下往上喷药，流失下的药液弄得自己满身都是，很容易发生中毒事故，非常危险。

(一) “雾”与“雨”的区别

“雾”是细小的液滴在空气中的分散状态，“雨”是粗大的液滴在空气中的分散状态。“雾”与“雨”的区别就是液滴粒径大小不同。我们可以把一个液滴看作一个圆球，各位读者在中学时，都学习过球的体积的计算公式：

$$\text{体积}(V) = \frac{4}{3} \times \pi \times \text{半径}^3 (R^3)。$$

从以上公式中，我们可以计算得出，当药液的体积(V)一

定时，液滴的粒径减小一半（R），则雾滴的数量由 1 个变成了 8 个，如图 1-1 所示。

在农作物病虫草害防治中，可以理解为士兵拿机关枪在扫射敌人，射出去的子弹数量越多，击中敌人的概率就越大，一次只发射一颗子弹的威力远不如一次发射 8 颗子弹的威力。因此，在农药喷雾中，若能够采用细雾喷洒，雾滴粒径为 $100\mu\text{m}$ 左右，一定体积的药液形成的子弹数就很多；但是，如果采用淋洗式喷雾，液滴粒径在 $1000\mu\text{m}$ 左右，两者相差 10 倍，则形成的子弹数（雾滴数）相差 1000 倍，工作效率自然非常低。

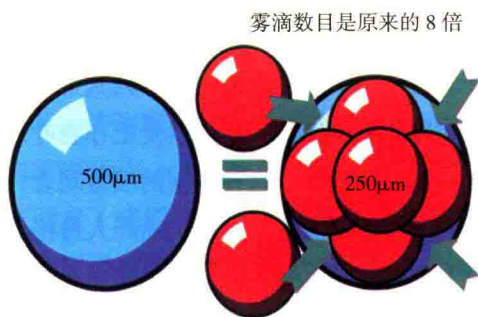


图 1-1 雾滴粒径减小一半，雾滴数目由 1 个变成了 8 个

在农药喷“雾”技术中，根据雾滴粒径大小分为细雾、中等雾、粗雾，这 3 种“雾”与“雨”所对应的液滴粒径，如图 1-2 所示。

我们从图 1-2 中可以看出，“雨”的液滴粒径非常大，大约是“细雾”的 10 倍、是“中等雾”的 5 倍，是“粗雾”的 2 倍。液滴粒径越大，一定的喷液量所形成的雾滴数目就越少，越不利于农药药效的发挥。

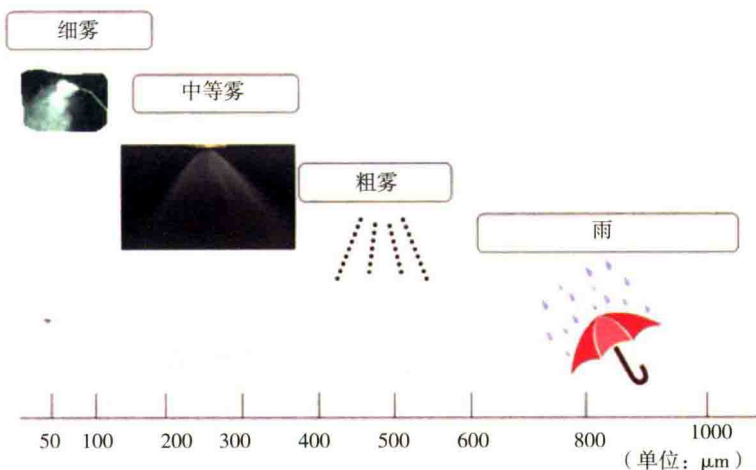


图 1-2 不同喷雾方式所对应的雾滴粒径

(二) 农药喷雾形态的分类

雾滴粒径即是农药喷雾技术中最为重要和最易控制的参数，也是衡量喷头喷雾质量的重要参数，雾化程度的正确选用是施用最少药量取得最好药效及减少环境污染等的技术关键。

1. 粗雾

粗雾是指粒径大于 $400\mu\text{m}$ 的雾滴。根据喷雾器械和雾化部件的性能不同，一般在 $400\sim 1\,000\mu\text{m}$ 。粗雾接近于“雨”。

2. 中等雾

雾滴粒径在 $200\sim 400\mu\text{m}$ 的雾滴称为中等雾。目前，中等雾喷雾方法是农业病虫草害防治中采用最多的方法。各种类型的喷雾器械和它们所配置的喷头所产生的雾滴基本上都在这一范围内。

3. 细雾

雾滴粒径在 $100\sim 200\mu\text{m}$ 的雾称为细雾。细雾喷洒在植株比较高、株冠比较茂密的作物上，使用效果比较好。细雾喷洒只

适合于杀菌剂、杀虫剂的喷洒，能充分发挥细雾的穿透性能，在使用除草剂时不得采用细雾喷洒方法。

（三）喷液量

这是指单位面积的喷洒药液量，也称施药液量，有人也叫喷雾量、喷水量。喷液量的多少大体是与雾化程度相一致的，采用粗雾喷洒，就需要大的施药液量，而采用细雾喷洒方法，就需要采用低容量或超低容量喷雾方法。单位面积（ 667m^2 ）所需要的喷洒药液量称为施药液量或施液量，用 $\text{L}/667\text{m}^2$ 表示。施药液量是根据田间作物上的农药有效成分沉积量以及不可避免的药液流失量的总和来表示的，是喷雾法的一项重要技术指标。根据施药液量的大小可将喷雾法分为高容量喷雾法、中容量喷雾法、低容量喷雾法、极低容量喷雾法和超低容量喷雾法。

（四）流失点与药液流失

作物叶面所能承载的药液量有一个饱和点，超过这一点，就会发生药液自动流失现象，这一点称为流失点。采用大容量喷雾法施药，由于农药雾滴重复沉积、聚并，很容易发生药液流失；当药液从作物叶片发生流失后，由于惯性作用，叶片上药液持留量将迅速降低，最后作物叶片上的药量就变得很少了。

在大雾滴、大容量喷雾方式条件下，药液流失现象非常严重。试验数据表明，果园喷雾中，有超过 30% 的药液流失掉，这些流失掉的药液不仅浪费，更为严重的是造成操作人员中毒事故和环境污染。药液流失示意图如图 1-3 所示。

三、农药雾滴最佳粒径

农药使用时不要采用淋洗式喷雾方式，因这种“雨”样的粗

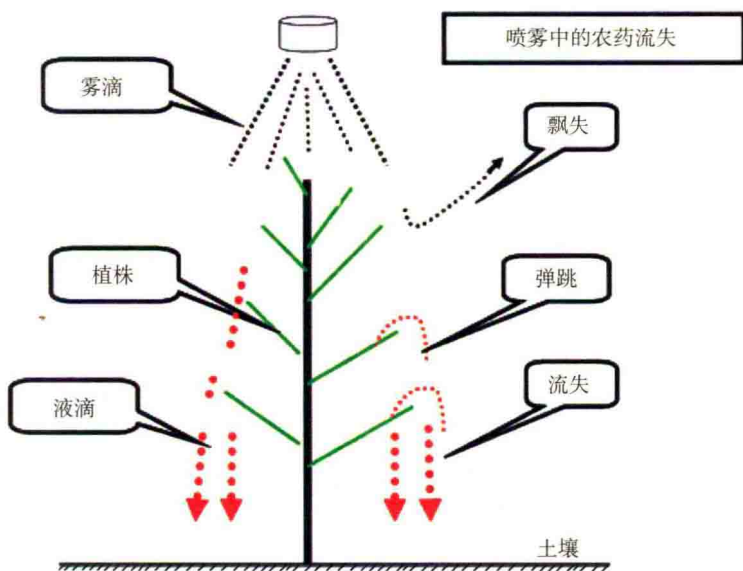


图 1-3 农药流失示意图

大液滴农药流失严重，人员中毒风险大。“雾”有细雾、中等雾、粗雾之分，如何选择合适的农药喷雾方法呢？应按照最佳雾滴粒径的理论进行喷雾。

雾滴粒径与雾滴覆盖密度、喷液量有着密切的关系，如图 1-4 所示。一个粒径 $400\mu\text{m}$ 的粗大雾滴，变为粒径 $200\mu\text{m}$ 的中等雾滴后，就变为了 8 个雾滴，雾滴粒径缩小到 $100\mu\text{m}$ 的细雾后，就变为 64 个雾滴。随着雾滴粒径的缩小，雾滴数目按几何级数增加。随着雾滴数量的增加，农药击中害虫的概率显著增加。

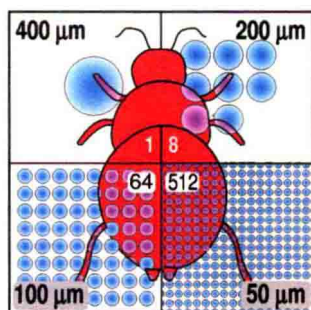


图 1-4 雾滴粒径与雾滴数的关系

从喷头喷出的农药雾滴有大、有小，并不是所有的农药雾滴都能有效地发挥消灭“敌人”的作用。经过科学家的研究，发现只有在某一定粒径范围内的农药雾滴才能够取得最佳的防治效果，因此，就把这种能获得最佳防治效果的农药雾滴粒径或尺度称为生物最佳粒径，用生物最佳粒径来指导田间农药喷雾称之为最佳粒径理论。不同类型农药防治有害生物时的雾滴最佳粒径如图 1-5 所示：杀虫剂喷雾防治飞行的害虫时，最佳雾滴粒径为 $10\sim 50\mu\text{m}$ ；杀菌剂喷雾时，最佳雾滴粒径为 $30\sim 150\mu\text{m}$ ；除草剂喷雾时，最佳雾滴粒径为 $100\sim 300\mu\text{m}$ 。从图 1-5 中看出，杀虫剂、杀菌剂、除草剂在田间喷雾时，需要的雾滴粒径是有区别的，像杀虫剂、杀菌剂要求的雾滴较细，而除草剂喷雾则要求较大的雾滴。

实际情况是，很多用户在农药喷雾时，根本不管是杀虫剂、还是除草剂，都用一种喷雾设备，用一种喷头，很容易造成问题。特别是在除草剂喷雾时，若采用细雾喷洒，则很容易造成雾滴飘移药害问题。

生物靶体	农药类别	生物最佳粒径 (μm)
	杀虫剂	$10\sim 50$
	杀菌剂	$30\sim 150$
	杀虫剂	$40\sim 100$
	除草剂	$100\sim 300$

图 1-5 防治不同对象所应采用的农药雾滴最佳粒径