



Silwet® 系列农用喷雾助剂 使用技术指导

● 袁会珠 李永平 邵振润 编著

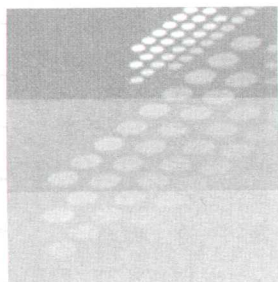
中国农业科学技术出版社



Silwet[®] 系列农用喷雾助剂 使用技术指导

● 袁会珠 李永平 邵振润 编著

中国农业科学技术出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

Silwet®系列农用喷雾助剂使用技术指导/袁会珠, 李永平, 邵振润编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.9

ISBN 978-7-80233-394-9

I. S… II. ①袁…②李…③邵… III. 气雾剂—使用 IV. S482.92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 142539 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红

出版发行 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) 68919708 (编辑室) (010) 68919704 (发行部)
(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 68919709

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 河北省欣航测绘院印刷厂

开 本 889mm × 1194mm 1/32

印 张 2.25

字 数 170 千字

版 次 2007 年 9 月第 1 版

印 次 2007 年 9 月第 1 次印刷

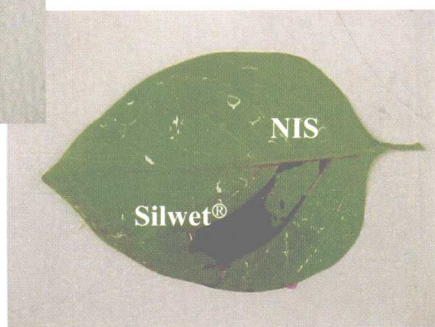
定 价 10.00 元

版权所有·翻印必究



Silwet®接触植物叶片后比传统助剂NIS扩展面积大许多倍

在25mm模拟降雨下，NIS完全被冲洗掉，但Silwet®能耐雨水冲刷



常规喷药很难达到中下部



添加『丝润』后的效果(害虫无处藏身)

对水稻中下部的展扩



萝卜使用“杰效利”后



萝卜使用“杰效利”前



芋头使用“杰效利”后



芋头使用“杰效利”前

目 录

第一章 农药喷雾和雾滴的沉积分布	(1)
第一节 农药喷雾	(1)
一、农药雾滴直径	(1)
二、施药液量	(5)
三、农药喷雾的所用机具和动力	(8)
第二节 喷雾技术的基本原理	(8)
一、雾化	(8)
二、农药雾滴的沉积流失	(10)
三、气象条件与喷雾的关系	(18)
第二章 农药喷雾助剂	(20)
第一节 农药喷雾助剂的作用和分类	(20)
一、农药喷雾助剂	(20)
二、喷雾助剂分类和选择原则	(21)
第二节 农药喷雾助剂对药液的影响	(23)
一、喷雾助剂对药液铺展的影响	(23)
二、喷雾助剂对药剂吸收的影响	(24)
第三章 Silwet®系列农用喷雾助剂	(28)
一、有机硅表面活性剂的结构	(28)
二、有机硅表面活性剂的稳定性	(31)
三、有机硅表面活性剂在农药喷雾中的作用	(33)
四、使用有机硅表面活性剂的注意事项	(40)

第四章 Silwet®系列表面活性剂的使用效果	(41)
第一节 Silwet®系列表面活性剂在蔬菜上的应用	(41)
一、添加“丝润”对南瓜烟粉虱防治的影响	(41)
二、添加“杰效利”对黄瓜霜霉病防治的影响	(42)
三、添加“杰效利”对大白菜蚜虫防治的影响	(44)
四、添加“丝润”对青椒烟粉虱防治的影响	(44)
五、添加“丝润”对节瓜蓟马防治的影响	(45)
六、添加“丝润”对花椰菜小菜蛾防效的影响	(46)
第二节 Silwet®系列表面活性剂在茶树上的应用	(47)
第三节 Silwet®系列表面活性剂在果树上的应用	(49)
一、添加“丝润”、“杰效利”对柑橘蚜虫防效的影响	(50)
二、添加“丝润”、“杰效利”对柑橘红蜘蛛防效的影响	(51)
三、添加“杰效利”对柑橘溃疡病防效的影响	(52)
四、添加“杰效利”对苹果红蜘蛛防效的影响	(52)
五、添加“杰效利”对苹果褐斑病防效的影响	(55)
第四节 Silwet®系列表面活性剂在水稻上的应用	(57)
小结	(60)
附录	(63)

第一章 农药喷雾和雾滴的沉积分布

用喷雾机具将液态农药喷撒成雾状分散体系的施药方法称为喷雾技术 (Spraying)，喷雾技术是防治农、林、牧有害生物的最重要的施药方法之一，也可用于卫生和消毒等。农药有效成分在加工中为了方便使用，绝大部分均加工为可供对水喷雾使用的剂型，如乳油 (EC)、水剂 (AS)、可湿性粉剂 (WP)、悬浮剂 (SC) 和微乳剂 (ME) 等。喷雾技术符合操作者的习惯，适用范围宽，方便使用，今后很长时间内，喷雾方法仍将是农药使用技术中最重要的方法。

第一节 农药喷雾

农药喷雾技术是在 19 世纪中用笞帚、刷子泼洒药液的基础上发展起来的，喷雾法需要专用的喷雾机具。人们在农药使用过程中，根据喷雾场所和防治的需要，研究发展出了多种多样的喷雾方法，每种喷雾方法都有其特点和适用范围。要正确进行农药喷雾操作，必须首先要了解两个最重要、最基础的概念：农药雾滴直径和施药液量。

一、农药雾滴直径

液体在气体中不连续的存在状态称为液滴，农药使用中，药液经过喷雾器械雾化部件的作用分散形成的液滴称为雾滴。从喷

头喷出的农药雾滴并不是均匀一致的，而是有大有小，呈一定的分布，雾滴直径的表示通常称为雾滴直径。在一次喷雾中，有足够代表性的若干个雾滴的平均直径或中值直径称为雾滴直径，通常用微米 (μm) 做单位。雾滴直径是衡量药液雾化程度和比较各类喷头雾化质量的主要指标。因与喷头类型有关，故也是选用喷头的主要参数。雾滴直径的表示方法有四种：体积中值中径、数量中值中径、质量中值中径、沙脱平均直径，常用体积 VMD 和 NMD 表示雾滴的直径。

1. 农药雾滴直径的主要表示方法

(1) 体积中值直径 (Volume Median Diameter, VMD)

在一次喷雾中，将全部雾滴的体积从小到大顺序累加，当累加值等于全部雾滴体积的 50% 时，所对应的雾滴直径为体积中值直径，简称体积中径 [图 1-1 (a)]。相对数量中径，体积中径能表达绝大部分药液的直径范围及其适用性，因此喷雾中多用体积中径来表达雾滴群的大小，作为选用喷头的依据。

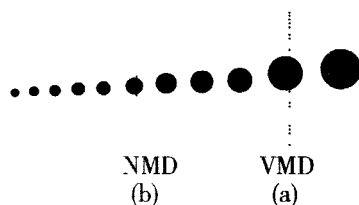


图 1-1 雾滴的数量中值直径(NMD)和体积中值直径(VMD)

(2) 数量中值直径 (Number Median Diameter, NMD)

在一次喷雾中，将全部雾滴从小到大顺序累加，当累加的雾滴数目为雾滴总数的 50% 时，所对应的雾滴直径为数量中值直

径, 简称数量中径 [图 1-1 (b)]。如果雾滴群中细小雾滴数量较多, 将使雾滴中径变小; 但数量较多的细小雾滴总量在总施药液量中只占非常小的比例, 因此数量中径不能正确地反映大部分药液的直径范围及其适用性。

雾滴直径与雾滴覆盖密度、施药液量有着密切的关系 (表 1-2), 由于雾滴直径与雾滴数目是立方的关系, 雾滴越细小, 雾滴数目成倍甚至几十倍地增加。喷雾时雾滴越细小, 则单位面积上需要的施药液量就越少。例如, 如果采用 $250\mu\text{m}$ 的雾滴喷雾, 每平方厘米要求 5 个雾滴的覆盖密度, 则需要的施药液量为 $409\text{L}/\text{hm}^2$; 如果改为 $70\mu\text{m}$ 的雾滴喷雾, 每平方厘米 6 个雾滴覆盖密度, 则需要的施药液量只有 $10.8\text{L}/\text{hm}^2$ 。

2. 根据雾滴直径对农药喷雾进行分类

(1) 粗雾 (Coarse)

粗雾是指大于 $400\mu\text{m}$ 的雾滴, 根据喷雾器械和雾化部件的性能不同, 一般在 $400 \sim 1\,000\mu\text{m}$ 之间。假定雾滴分布均匀、粗细相同, 则每公顷喷洒 1L 药液, 如果雾滴直径为 $400\mu\text{m}$, 每 3cm^2 才能沉积分布 1 个雾滴; 而若雾滴直径为 $1\,000\mu\text{m}$, 大约每 50cm^2 才能沉积分布 1 个雾滴。显然, 这种粗雾喷洒方法对于保护性杀菌剂、触杀性杀虫剂要求的均匀沉积分布和一定的雾滴覆盖密度来讲, 效果不能得到保证。不过, 粗雾喷洒用于除草剂土壤喷洒, 可以克服除草剂的飘失造成的环境问题。

(2) 中等雾 (Medium)

雾滴直径在 $200 \sim 400\mu\text{m}$ 之间的雾滴称为中等雾。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 (Fine)

雾滴直径在 $100 \sim 200\mu\text{m}$ 之间的雾称为细雾。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。

(4) 极细雾 (Very Fine)

小于 $100\mu\text{m}$ 的雾滴称为极细雾（也称超细雾），这种极细雾的雾滴在空中悬浮时间长，易于被靶标生物捕获，能够沉积分布到隐蔽的区域。根据我国的规定和习惯，又把极细雾分为弥雾和气雾（表 1-1）。人们习惯上把小于 $50\mu\text{m}$ 的雾滴称为气雾，是因为这样的细雾在空气中的飘浮时间比较长；而把 $50 \sim 100\mu\text{m}$ 细雾称为弥雾。气力式雾化所产生的雾滴基本属于这个范围。雾滴直径是农药喷雾技术中最为重要和最易控制的参数，是衡量喷头喷雾质量的重要参数，雾化程度的正确选用是用最少药量取得最好药效及减少环境污染等的技术关键。

粗大雾滴的特点是：①有较大的动能，能很快沉降到靶标正面；②不易发生随风飘移及蒸发散失，有利于控制飘失；③粗大雾滴撞击到靶标上后的附着力差，易发生弹跳和滚落流失（称田内流失），造成大量农药损失并污染环境。

细小雾滴的特点是：①由于雾滴体积与其直径的立方成正比，一定体积的药液所产生的细小雾滴的数量将几倍于甚至于几十倍于粗大雾滴的数量。因此，细小雾滴对靶标的覆盖密度和覆

盖均匀度远优于粗大雾滴；②小雾滴有较好的穿透能力，能随气流深入株冠层，沉积在果树或植株深处靶标正面或大雾滴不易沉积的背面；③细小雾滴在靶标上的附着力强、不会产生流失现象，农药利用率高；④细小雾滴易蒸发和飘失造成环境污染。因此，在选择农药喷雾技术中，应选择合适的方法，在不造成环境污染的前提下，充分发挥细小雾滴的优势，有效防治病虫害。我国对于雾化程度的分类见表 1-1。

表 1-1 我国对雾滴直径的分类规定 (GB6959-1986)

雾的分类	气雾	弥雾	细雾	粗雾
体积中径(μm)	≤ 50	51 ~ 100	101 ~ 400	> 400

二、施药液量

喷雾过程中施药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。

在农药使用技术中，单位面积(每公顷)所需要的喷洒药液量称为施药液量或施液量，用“升/公顷(L/hm^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，是田间喷雾作业时的一项重要技术指标。

在农药喷雾技术中，“水”在某种程度主要扮演着农药有效成分分散载体的作用，因此，施药液量的多少并不能决定农药有效成分传递到靶标生物的效率，施药液量越大，并不能保证药剂有效成分沉积到靶标上就越多，而实际情况有时却恰恰相反，施药液量越大，农药有效利用率越低。我国各地几十年来，普遍习

惯高容量喷雾方法，喷雾过程中以为喷出的药液越多越好，把本来设计进行中容量或低容量喷雾的小喷片，人为钻大喷片孔径，影响了作业质量和作业效率。

1. 高容量喷雾法

每公顷施药液量在 600L 以上（大田作物）或 1 000L 以上（树木或灌木林）的喷雾方法称高容量喷雾法，也称常规喷雾法或传统喷雾法。高容量喷雾方法的雾滴粗大，所以也称粗喷雾法。大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、除草剂等喷撒作业时均可采用。高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。在我国大容量喷雾法是应用最普遍的方法。

2. 中容量喷雾法

每公顷施药液量在 200 ~ 600L（大田作物），或 500 ~ 1 000L（树木或灌木林）的喷雾方法。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、除草剂等喷撒作业时均可采用。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。

3. 低容量喷雾法

每公顷施药液量在 50 ~ 200L（大田作物），或 200 ~ 500L（树木或灌木林）的喷雾方法。低容量喷雾法雾滴细、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, 采用双流体雾化技术, 也可以实施低容量喷雾作业。

4. 很低容量喷雾法

每公顷施药液量在 5 ~ 50L (大田作物), 或 50 ~ 200L (树木或灌木林) 的喷雾方法。很低容量喷雾法和低容量喷雾法之间并不存在绝对的界线。很低容量喷雾法工效高、药液流失少、农药有效利用率高, 但容易发生雾滴飘移。其雾化原理可以是液力式雾化, 通过更换喷洒部件实施, 也可以低速离心雾化原理; 或采用双流体雾化技术, 也可以实施低容量喷雾作业。

5. 超低容量喷雾法

每公顷施药液量在 5L 以下 (大田作物), 或 50L (树木或灌木林) 以下的喷雾方法称为超低容量喷雾法 (ULV), 雾滴直径小于 $100\mu\text{m}$, 属细雾喷撒法。其雾化原理是采取离心雾化法或称转碟雾化法, 雾滴直径决定于圆盘 (或圆杯等) 的转速和药液流量, 转速越快雾滴越细。超低容量喷雾法的施药液量极少, 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。

实际上喷雾过程中的施药液量很难绝对划分清楚, 低容量喷雾法以下的几种喷雾方法, 雾滴较细或很细, 所以也统称为细喷雾法。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 1-2。

表 1-2 不同喷雾方法分类及应采用喷雾机具和喷头

喷雾方法	施药液量 (L/hm ²)		选用机具	选用喷头
	大田作物	果园或林木		
高容量喷雾法 (HV)	> 600	> 1 000	手动喷雾器, 大田 喷杆喷雾机	1.3mm 以上空心圆锥雾 喷片, 大流量的扇形雾 喷头
中容量喷雾法 (MV)	200 ~ 600	500 ~ 1 000	手动喷雾器, 大田 喷杆喷雾机, 果园 风送喷雾机	0.7 ~ 1.0mm 小喷片, 中、小流量的扇形雾喷 头
低容量喷雾法 (LV)	50 ~ 200	200 ~ 500	背负机动气力式喷 雾机	0.7mm 小喷片, 离心旋 转喷头
很低容量喷雾 法 (VLV)	5 ~ 50	50 ~ 200	手动吹雾器, 常温 烟雾机, 电动圆盘 喷雾机	0.7mm 小喷片, 离心旋 转喷头, 双流体喷头
超低容量喷雾 法 (ULV)	< 5	< 50	电动圆盘喷雾机, 机动背负气力式喷 雾机	离心旋转喷头 超低容量喷头

三、农药喷雾的所用机具和动力

对于大多数农药使用者来讲, 更习惯根据喷雾机具和喷雾时所用的动力来把农药喷雾技术进行分类。根据喷雾机具可以把喷雾技术分为: ①手动喷雾法; ②背负机动风送喷雾法; ③大田喷杆喷雾法; ④手持电动圆盘喷雾法; ⑤飞机喷雾法; ⑥果园喷雾法等。

第二节 喷雾技术的基本原理

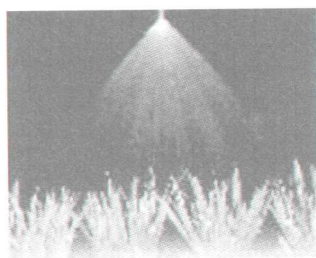
一、雾化

将液体分散到气体中形成雾状分散体系的过程称为雾化。雾

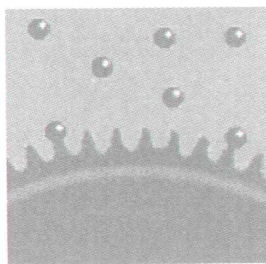
化的实质是被分散液体在喷雾机具提供的外力作用下克服自身表面张力, 实现比表面积的大幅度增加。雾化效果的好坏一般用雾滴直径表示。雾化是农药科学使用最为普遍的一种操作过程, 通过雾化可以使施用药剂在靶体上达到很高或较高的分散度, 从而保证药效的发挥。根据分散药液的原动力, 农药的雾化主要有液力式雾化、离心式雾化(图 1-2)、气力式雾化(双流体雾化)和静电场雾化四种, 目前最常用的是前三种。

1. 液力式雾化

药液受压后通过特殊构造的喷头和喷嘴而分散成雾滴喷射出去的方法称为液力式雾化。其工作原理是药液受压后生成液膜, 由于液体内部的不稳定性, 液膜与空气发生撞击后破裂成为细小雾滴。液力式雾化法是高容量和中容量喷雾所采用的喷雾方法, 是农药使用中最常用的方法, 操作简便, 雾滴直径大, 雾滴飘移少, 适合于各类农药喷雾。



液力式雾化



离心式雾化

图 1-2 雾化方式

2. 气力式雾化

利用高速气流对药液的拉伸作用而使药液分散雾化的方法称

为气力式雾化，因为空气和药液都是流体，因此也称为双流体雾化法。这种雾化原理能产生细而均匀的雾滴，在气流压力波动的情况下雾滴直径变化不大。手动吹雾器、常温烟雾机都是采用的这种雾化原理。

3. 离心式雾化

利用圆盘（或圆杯）高速旋转时产生的离心力使药液以一定细度的液滴飞离圆盘边缘而成为雾滴，其雾化原理是药液在离心力的作用下脱离转盘边缘而延伸称为液丝，液丝断裂后形成细雾，所以此法称为液丝断裂法。这种雾化方法的雾滴细度取决于转盘的旋转速度和药液的滴加速度，转速越高、药液滴加速度越慢，则雾化越细。

二、农药雾滴的沉积流失

农药药液从喷雾机具药液箱喷洒出去后就开始了药剂的“剂量传递”过程（图 1-3）。在从药液箱向作物叶片表面沉积的过程中，喷雾机具性能、药液理化特性、操作条件、气象条件、株冠层结构、叶片表面特性等都对其有影响，这个过程中，会发生药液滴漏、雾滴飘移、雾滴弹跳、雾滴聚并流失等现象。

农药剂量传递的目标是在植物叶片形成理想的药剂沉积分布，而药液在植物叶片的最终沉积分布是由药液的理化特性、雾滴谱、雾滴运行速度、叶片表面特征、作物株冠层结构等多方面的因子决定的。田间喷撒农药后，药剂主要有三个去向：农作物、土壤、大气（包括雾滴飘移损失）。防治作物病虫害，总希望有更多的药剂沉积在生物靶标上，而沉积流失到土壤及大气中