

当代施药新技术

蒋国民 编译

上海交通大学出版社

内 容 简 介

20世纪末施药技术的发展前景是国内外农业植保及卫生防疫专家所关心的重点论题之一。本书包括20世纪后期的目标；喷洒药物的雾化原理及沉积机理；静电喷雾技术；喷雾药滴的采样、监控及检测技术等方面，每部分都有精辟的介绍或论述，研究探讨性强，是当代施药技术发展的最新信息。

本书适合于植物保护、林业、园艺以及卫生防疫方面的技术干部、科研人员、大专院校师生等阅读，也可作为讲习班的参考资料。

当代施药新技术

出 版：上海交通大学出版社
(淮海中路1984弄19号)

发 行：新华书店(上海发行所)

印 刷：立信梅李印刷装订厂

开 本：787×1092(毫米) 1/32

印 张：5.375

字 数：119,000

版 次：1989年8月 第1版

印 次：1989年9月 第1次

印 数：1—1,300

科 目：198—270

ISBN7-313-00509-1/TQ·45

定 价：3.10 元

目 录

一、80年代及以后的目标和制约因素	1
1. 从联合王国可耕农作物喷雾技术的发展谈起	1
二、雾滴形成及其向目标的传递	13
1. 杀虫剂应用技术述评	13
2. 杀虫剂喷雾中的雾滴充电及静电沉积	22
3. 电动力喷雾	31
4. 离心式静电喷雾器的应用	41
5. 在重力、空气动力和静电力影响下喷雾雾滴的飞行时间	47
6. 雾滴在作物叶冠内的移动和捕获过程	52
7. 目标面积对喷雾沉积变化的影响	59
三、向喷射标传送喷雾云的车辆及方法	65
1. 低容量、低漂移及高速度	65
2. 杀虫剂应用车辆的设计及性能	74
3. 高精度喷雾监视及控制系统的发展	88
四、监视及控制技术	104
1. 喷雾车的自动控制与导向	104
2. 拖拉机喷雾中的幅宽匹配装置	109
3. 农业喷雾中电子轨道导航述评	116
4. 监控小雾滴的采样及测量技术进展	121
5. 光学排列光谱仪雾滴谱测量系统	129
五、园艺作物专用喷雾设备	137

1. 低容量喷雾机在温室中的应用.....	137
2. 对风(扇)送式超低容量转盘喷雾机和带有超低容量装置的弥雾机比较评价.....	151
六、其他(杀虫剂量与昆虫死亡率的关系)	160
1. 用CDA技术来改善稻褐飞虱防治中的药物沉积...	160

一、80年代及以后的 目标和制约因素

1. 从联合王国可耕农作物 喷雾技术的发展谈起

J. D. Fryery

ARC Weed Research Organization

摘 要

本文讨论了可能影响联合王国可耕农作物喷雾技术发展的一些因素。持续增长的农业要求更强的专业性，更有赖于化肥。经济、合乎逻辑以及环境的因素将有利于重量轻、控制雾滴体积的低容量技术。

本文还对皇家环境污染问题委员会所作的作物喷雾影响，及由于杀虫剂规章的发展对喷雾技术可能引起的制约因素作一讨论。

前 言

这里主要对地面谷物及其他可耕作物的喷雾技术作一论述，并涉及一些杀虫剂问题。

我们关心的是在今后10年中应用农业化肥的一些变化。

但是，究竟是否需要变化呢？目前的喷雾技术已使我们处于优越的地位。确实，从19世纪末期出现第一台喷雾器以来，实质上它们处于原封不动的情况。拖拉机代替了马，还有一些其他改进。但现在的作物喷雾器基本上仍由三个部分组成：盛液器、气泵、及喷嘴。许多人会说这已够完美了，使用得很好，经受了时间的考验。可是我却想起 Rolls Royce 经常教导他的门徒的话：“完美的不一定是对的——对的才是完美无缺的。”问题在于，目前的喷雾器对于80年代的情况是否适应。

探测可能性的变化，考虑一些刺激发生变化的因素是有助的。关于喷雾器有两个主要因素。首先，农民面临的压力需要提高它的效率，从而揭示了目前应用技术的缺点。第二，新的研究或发明创造，可能使原来认为是不可能或未曾设想过的政策得以实现。80年代采用哪些新技术，其他人将会讨论。我的任务是分析农民在改变喷雾技术时，可能需要什么，会有什么好处，及促成改变的原因。

80年代农作物的生产

喷雾器尽管是一种使农作物更有效生长的重要工具，但它毕竟只是一种工具。应用的技术必须适应作物的实际生产及农业的基本结构。因此，需要讨论80年代中可能影响杀虫剂及使用杀虫剂的农业形势。

联合王国农业部预告说，农民非常可能在人们对食物需要不断增长的压力下，提高食物总产量。因此，农业要继续提高效率，提高作物收成，生产更多紧缺畜类。农场的平均规模将扩大，农业劳动力的流失比例将渐渐减少。但是，随着越来越强调设备的完善，及应用人员的技术熟练性，将继续

加强机械化。农场上分散耕作活动将衰落，向更专门化发展。

农业部认为区域性农业特点不会有多大的变化，因而东英格兰、中部及南部一些兴旺的耕作区将继续可耕作物的生产。这样，这些地区的喷雾器应用专业就成为改进发展新技术的重要因素。

我们认为不像会有什么新的可耕农作物的重大进展，肥料及杀虫剂不但要继续使用，也更趋重要。但要求有更精确的应用技术。

与喷雾问题有关的其他值得注意的形势包括：农场劳动力减少(20年前平均16英亩(1英亩 = 40.4687公顷)一个劳力，现在是每81英亩一个劳力)；农业企业少而业务范围大；对农作物生产作了计划性的安排，从而能更精确地指明所需运用喷雾的性质及时间；由于除草剂及能源成本的原因有可能减少耕田。

个别农作物的谷物产量通过提高收成可望大量增长，而不用种植更多的土地。马铃薯与甜菜的产量可能保持在目前的水平。可能会增加一些蔬菜种植面积。发展牲畜业，增加了草地的利用。

这些资料清楚地指明了农业大幅度增长的趋势，特别是谷物的种植，投入力量较大，又更要正确定时，必须确保其巨大投资。资料表明，在更为复杂的技术中，面临着农场劳动力继续下降的可能性，农业化肥的使用必须高度精确。农业化肥的重要作用至少在今后的10年中会继续保持目前的水平。

关键是谷物——需要更高的精密性

谷物是喷雾技术未来发展的关键，是美国耕种面积最大的农作物，其商品化程度取决于杀虫剂及其他农业化肥。由于

谷物种植急剧增长、冬小麦的增产、转向冬大麦等趋势，以及广泛采取了缩小耕田的措施，每公亩的喷雾成本急骤增长。以东安哥拉（East Angola）为例，甚至在通货膨胀调整后，1978年比1970年的喷雾成本增加了4倍（Murphy, 1979）。正确地使用农业化肥在保护谷物及确定投资方面起着重要的作用。我提出正确使用观点，因为如果用了不适当的剂量或应用时间不当，由于病、虫及草造成的损失可能无法避免，或应用除草剂后，谷物本身就可能毁灭。要求剂量及时间精确性，将越来越成为影响喷雾技术的重要因素。

剂量的精确性 在对田间作物喷雾器的使用情况测试中发现，有18%最大流量喷嘴喷出的剂量是最低流量的喷嘴的2倍（Rutherford, 1977）。此外，在田间定标测试中，半数以上喷雾器的喷量误差介于10%之间，达到预定剂量水平。约11%的喷雾器的误差超过 $\pm 20 \sim 30\%$ 。尽管这样的误差不致于对效率产生严重的后果，因而对喷雾设计不会有什么巨大的引诱力。然而，一个农民对作物所用剂量多了100%，按目前价格，他在每公顷上要损失10英磅。喷幅的重复又是另一种危害，会使部分作物喷上双倍剂量，也可能在喷除草剂中使作物毁坏。

时间的精确性 对冬季谷物喷洒除草剂的时间选择不佳，可能导致产量严重损失。有人对春季喷洒与冬季杂草幼小时的喷洒作了比较。在所有的实验中，较晚喷洒杀虫剂的谷物产量都低，平均降低13.4%。就作物的安全性而言，两种喷洒时间都可以，但早喷对减少杂草竞生效。根据农业发展咨询所实验表明，如耽搁了春季的喷洒，例如因天气不好，则因作物的损坏，使产量会更加减少。在这些实验中，无杂草的试验区以较晚于推荐时间喷洒除草剂，与正确时间喷洒

的试验田比较, 11个实验中平均减低产量7.5%。因此, 过晚喷洒除草剂, 就要担当由于杂草竞生及作物受害而使产量减低的风险。如事实上该地是杂草地, 则晚喷区的产量将减少更多。正确喷射杀菌剂及杀虫剂的时间在保证高产量方面也是很重要的。杀菌剂的喷射有一个例子是 Jerkins 和 Storey (1975)提供的。他们花了3年多时间对春大麦控制其霉化的喷洒杀菌剂时间作了56次左右的试验, 分三个阶段喷洒。产量增加得最高的是以柴度克(Zadoks, 1974)标准为依据, 在生长阶段31~39天之间进行喷射的田间。这说明, 在正确的时间喷上杀虫剂在决定80年代喷雾技术的设计方案中将是一个重要的因素。

土壤潮湿时的工作速度及喷雾能力 使用杀虫剂的时间不正确不一定是农民的过错。他的喷雾设备的工作效率可能不能及时喷洒完全部谷物, 而适宜的喷洒天数是有限的(Tyldesley, 1974)。至今所采取的解决办法是应用有更大更阔喷嘴的喷雾器, 但因为它的重量重, 喷嘴不能固定, 又很难配合, 对它的不信任感也不断增加。另一种方法是将喷雾设备从慢速的拖拉机上卸下装在速度较快, 颠簸不大, 操作舒服的车辆上。

速度本身并不是足以决定工作效率的几个因素之一。Nation (1978)最近回顾了喷雾的逻辑性, 他利用同样的模型做了演示, 如果与减低了的容积率配套, 喷嘴宽度又和喷雾量相匹配, 田间有正常的水供应, 就能使喷雾速度大大增加。低容量率也意味着在潮湿土壤上重量较轻并减低了车轮的损坏。随着冬大麦的迅速增长, 需要在秋冬应用除草剂以有效控制杂草, 近年来越来越被重视。实际上, 在潮湿的1978~1979冬季的土壤条件下已证实, 常规的喷雾设备不能应用来

对许多作物进行喷洒。尽管那年冬季天气特别恶劣，Adams (1978)曾对东安哥拉一个农场进行观察，在11月中旬前后，在纪录下的10年中有6年，其土壤具有种植能力。这说明，除非备用的除草剂有巨大进展，否则谷物种植者将不得不期待更合适的喷雾器，以备秋冬应用。这对于发展重量轻，对地面压力小，载运低容量设备的车辆应是一种促进。这类车辆就像世界研究所及ADAS与Argocal 的研究所提供的那样，这种促进已被它取得的商业发展所证实。

在春天及初夏作物长势很好时，这类设备不一定适应。尽管要求工作速度快在设计喷雾器中是重要因素，但常规机械还将继续使用。在80年代，许多先进的农民将不得不面临需要具有两种不同喷雾机的情况。

上面我所说的，除了用特殊车辆代替拖拉机来运载喷雾器，以及使用低容量喷雾机外，没有脱离常规的喷雾体系。人们不应忘记每公顷喷洒6~7加仑的杀虫剂在30年前就很普遍了！尽管80年代喷洒速度更快及精确度更高，还有其他一些要求，这些变化只有发展新的喷雾技术才能适应。

农业化学制剂成本的持续增长——促进更大的喷雾效率

今年，对小麦作物的农药成本计划，包括除草剂，除阔叶草剂，叶害病农药以及作物生长所需要喷洒的其他化学剂，其成本可高达每公顷100英镑。1978年，联合王国所用的除草剂价值为九千九百万，用于灭菌、杀虫及除草的费用为一亿四千万英镑(BAA, 1979)。虽然我们在保护作物的化学武器方面取得了显著的效益(根据目前价格，不难在作物的丰收方面描述它们的价值效果)，事实上它们还是花了农民和国家一大笔钱，而且，由于这些油基产品价格的持续上涨，在今后

10年中还要花更多的钱。因此，在经济上将不断要求寻找一些方法，使用较少的化学剂完成同样工作或用同等数量的化学剂达到更好的效果。一条可行的途径是发展使用技术，以便在使用既定量化学剂的情况下，增加它在目标上的沉积水平，使它在目标上的分布更有效。由于新的喷雾机制的一些混合的经验试验，如电动喷雾器(Coffee, 1979)，根据切除原理制成的筛除器(除草用)(Lutman, 1980)，从有关喷雾在目标上残留的物理参数，以及从喷雾沉积有效性发展喷雾技术，使之不仅在杂草的特定部位有较多沉积，而且在那些从扩大效率及扩大淘汰杂草方面覆盖更多的部位沉积，这可能是主要的。

飘移危险 最近强调需要减少喷雾区化学剂的流失，由于附近的谷物上喷洒了杀虫剂，毁灭了油菜种子。80年代中也存在这个问题，而且，由于现代谷物种植方法所需的喷雾技术日趋复杂，被破坏的油菜逐步升级，这个问题可能更为严重。因天气不好而害怕漂移，这常常是不能在合适时间喷洒除草剂的主要原因。本文早已强调80年代需要更高的精确性，另一种获得这种精确性的途径是通过控制雾滴的尺寸以减少其漂移，特别要减少或排除直径在 $100\mu\text{m}$ 以下的雾滴。这就使人们能期望CDA喷雾实践及概念在这10年中取得迅速的进步。这种吸引力一定会继续下去。重要的是要明白：在开拓期曾起非常大作用的转盘，不是控制雾滴的唯一因素，雾滴本身的物理性能在影响效率及漂移方面可能也很重要，这些就是：速度、空气助力以及静电影响。

除草剂由于损坏自己及邻近的谷物，对种植者构成了极大的危险，而杀虫剂对那些关心农业化学剂对公众、家畜及一般野生动植物构成威胁的人来说更为重要。皇家环境污染委员会的报告，对此更加关注。

皇家环境污染委员会的报告 1979年9月，皇家环境污染委员会向国会呈交了第七篇环境污染报告。报告讨论了农业及污染。一般认为，皇家委员会的报告信息可靠，准确地反映当代舆论。它对以后10年中作物的保护方面最强烈的一个观点是：委员会明确希望官方插手，把使用杀虫剂控制在能维持收成及产量所需的最少限度。为此目的，委员会不断强调喷雾作为更有效控制虫害的方法的精确性，要减少杀虫剂的用量，最少污染环境。他们指出要用经过更严密组织的方法来估计杀虫剂使用新技术，并认为需要有较好的更有计划性的合作研究机构。委员会深信需要更准确的喷雾技术，赞成引入正式的有效的新技术经验，包括考虑环境保护问题。如果付诸实施的话，就将激励制造商及用户去改进设备的缺点。这种检验还有助于不仅在效率方面而且在安全清静杀虫剂方面制定喷雾特点性能。当前，使用的类型在找到净化措施时才被指定，但由杀虫剂引起的各种残留或其他危害程度的关系远未搞清楚。尤其是，最近尽管对Ulvamast喷雾器给予了更多的关注，对它进行了过分的批评，但极少研究其危害及好处的大小，而对各种类型喷雾大大忽视了飘移的可能性。

农业化学制剂的密集使用 除了能用更佳的喷雾技术获得精确性，委员会指出了合理使用杀虫剂的好处。关于这一点，他们指的是要摆脱常规的“保险性”喷雾法，而应设计使用低量杀虫剂的计划，根据生物学及流行病学知识使其用量获得理想的控制病、虫、草的危害。这是由Sothwood(1979)倡导的。倾向于这类计划的趋势早已开始，以及根据对野稗麦及茅根草性质的详细了解，对它们合理的控制策略可以认为是在杂草控制上的好示范(Cussans & Ayres 1977, Cussans, 1976)。对于除草剂，我们正在谷物上稳步地实行密集控制方法。在

80年代中，我们将不断扩大谷物保护剂与生产技术相结合的技术。近年来，谷物种植者已迫切感到需要全面考虑谷物的保护。全面的植保概念，应包括经济及科学两方面的内容，但要实施就有许多问题。看来，我们正面临进退两难的情况：一方面，如我已说过的那样，也如皇家委员会所倡导的那样，高度的精确性喷雾会获得最佳的收成，最佳的作物保护及最少的杀虫剂用量；另一方面，要达到这一点，需使用几种不同的化学剂，而每一种化学剂都要在一定时间内施布才能获得最佳效果。于是，选择的途径是，分别在不同适宜时间使用每种化学剂呢，还是在同一时间使用一种以上的化学剂，多少影响一些效率呢？目前，这两种办法都采用了，而由于设备的技术，增加了系列性处理的多种喷雾作业的后勤问题，混合剂药箱的使用越来越普遍了。只有在发展革命性的技术后，才能提供快速而能确保不受恶劣天气的影响，并保证土壤不受喷雾技术的影响，有利于它的因素包括：省时，对作物造成轮印损失的减少，节省燃料，省了使用者的作出决断，还有理所当然地节约了成本。可是，从效率方面说多少是要付出一些代价的，这一点也要予以确认。

混合剂药箱引起一些不能兼用的问题。这些问题除非在工业方面得到克服，原则将会大大影响喷雾技术的设计。强阳离子性的杀虫剂如多果定(dodine)及百草枯(paraquat)在保持制剂稳定中很可靠，但严重影响一些表面活性剂的作用。这些问题对喷雾器制造商们具有诱惑力，让他们去考查一些方法，使在同时使用两种以上的杀虫剂时，在药剂到达目标以前，使它们不致互相接触。例如，使用多喷头或别的雾化器。这样一种方法也会使每种杀虫剂的额定喷洒量及其雾滴性质能最适宜于要喷洒的作业，这在理论上是行得通的。

为了避免物理上的不可兼容性的问题，目前使用转盘喷雾得以同时向转盘输入一种以上的杀虫剂。合理发展这些低容量的多输入技术，可以直接应用不稀释的植物保护制剂。操作者不用水箱车，不用混合，也不用掌握药剂浓度，这是这种方法的优点。这些好处都符合80年代技术的要求，再与低容量及重量轻的好处相配合，就可能证明在安全及效率两个方面以及在发展制剂及设备技术问题上进行考查的可行性研究工作是有道理的。

安全使用农业化学剂 从前在喷杀虫剂时，人们不太关心安全问题，不加保护就大量喷射硫酸及二硝甲酚。喷射硫酸后，操作者的衣服都蚀烂成片，喷了二硝甲酚后，头发及皮肤都染黄了。可是现在我们要求即使在应用远较这些令人沮丧的有毒物质更为安全的化学剂时也要采取更严格的防护措施。尽管皇家委员会对目前的安全标准及其规章制度表示相当满意，它还是强调在使用杀虫剂的新技术时要确保操作者及公众的安全，同时还要顾及到自然环境的保护问题。看来不可避免地会制定新的更严格的规章，既减少目标物上的污染，又进一步保护了操作者，并在处理过后的作物上减少产量的消耗。漂移大的喷雾系统的发展将存在特别大的弱点，而CDA系统与之相反具有优点。势必要鼓励用那些使操作者尽量少去掌握药剂浓度的设备，也会鼓励拖拉机舱中装设过滤性通风设备。

皇家委员会在谈到关于作物及喷雾中的残留物的关系时说：“许多使用杀虫剂所引起的麻烦乃使用技术不适当而造成的。”他们提请重视正确制定时机以控制残留物的程度。在这方面正确的剂量也很重要，它能刺激喷雾技术的发展，使杀虫剂的剂量直接与运载车的前进速度相配合。这一原理

已在铁路喷雾车上应用了多年，这种车浓缩的除草剂由固定容量计启动泵直接从轴流泵出至水中，不管车的速度怎样，以固定的比率喷出。当然，农业喷雾对此道理是不陌生的，看来在80年代很可能会引起更高的兴趣。

控制使用规章的影响 最后，有必要提一提英国农用化学剂工业供应制度有限公司在控制使用杀虫剂方面所起的重要作用。这种制度值得称赞的一个主体是：凡注册过的分售厂商只能负责供应及介绍那些经杀虫剂安全防护制度批准的保护作物制剂，对经农用化学剂核准制度批准的产品出售予以优先权。PSPS (Pesticide Safety Precautions Scheme) 杀虫剂安全防护制度的批准书要写明制造商申请的产品标签内容，近年来这些标签必须要说明产品的使用方法。这样，产品的批准现在还涉及到所应用的喷雾技术的批准，因此，看来对一些所介绍的新颖的喷雾技术具有限制的意义。例如可能有某种具有充分证明其安全性及效率的新的使用方法，但由于商业方面的原因，制造厂商可能不想予以支持。缺少适当使用PSPS附录介绍说明书的标牌，有关新方法就不能获得安全批准书，因此，分售厂商即使在BASIS登记了，不管这种方法对农民们如何有利，也不能正式支持其使用。如果PSPS及ACAS (Agriculture Chemicals Approval Scheme) 农用化学剂批准制度合并了，注册成为法律需要，标释介绍书由杀虫剂制造商指定使用技术方面限制某些杀虫剂的使用，就将肯定具有更重要的意义了。

结 论

缺少巨大变化的进展，这是在过去20年中使喷雾技术保持原状甚至停滞不前的原因，这种现象正在很快的消失中。

形势对革新有利。许多农民需要改革，我深信许多工厂，尽管由于革新总不是舒舒服服的，而且可能多花钱，会使他们有些犹豫，也会接受改革的需要，对喷雾技术的研究从来也没有如此积极，广泛接受了相互配合的要求。如要使发展有效进行，这两方面都得继续努力。喷雾技术的进步有赖于包括物理、化学、生物科学、机械及农业各种不同范围的技术在内的不那么容易的结合。进步更有赖于经济上的诱惑力，还有赖于自愿聚集一堂，挖掘资源及经验，努力理解其他专家们的难题。

只有相互配合本身当然是不够的，在本文中我提到的那类技术的进步，有赖于对遍及所有领域的发展提出适当的研究。这些工作大都需由公共部门完成，由于农业机械工业受资源的限制，它只能开展喷雾器的发展，并要根据吃不准的销售可能性以及新机具的有利可图而决定。迄今为止，除了少数可贵的农业化学剂工厂以外，许多厂家考虑到他们值钱的化学剂只有在使用方面获得批准后才价值，因此，对应用技术出奇地持消极态度。Hartley(1978)曾谈论过这种现象的原因。然而，这正在开始变化，我认为我们会见到不久会有一些农用化学剂厂家更紧密地卷入进来。

如果农业部关于谷物生产将不断持续紧张的预见继续被证实是对头的话，那么无疑地将为许多令人兴奋的农业化学剂喷雾技术的重大发展提供舞台。我已概括我认为在变化中所遇到的主要压力。会有这种需要的。一切论及的问题面临的挑战是：是否通过建立起合作关系以及我们早已达成的良好愿望，我们将能一起与这些压力作斗争吗？

二、雾滴形成及其 向目标的传递

1. 杀虫剂应用技术述评

C.G.Heijine

Overseas Spraying Machinery Centre

摘 要

100年来,农作物喷雾体系,在基本喷头及喷雾器设计方面几无变化。近30年来逐渐形成了一个新的概念,旨在通过选择最佳雾滴尺寸及其在靶标上的覆盖密度来减少化学物的浪费。液力喷头减少了容易漂移的小雾滴数,但产生的雾滴太大,在大多数作物及害虫表面不能很好保留。通过选择某一雾滴尺寸,能达到最大的保留性,且可使雾滴弹跳出目标或漂移所引起的损失大大减少。适合于产生窄雾滴谱的转盘式喷头主要在经济不发达国家用于手持式喷雾器上,但近年来已将它装在拖拉机上的喷雾器上。为了适合拖拉机的快速行进所需的大流量而产生的窄谱雾滴,已开发了一种大型旋转式喷杯。控滴喷雾(CDA)所用的化学物应采用 $250\mu\text{m}$ 雾滴,小雾滴虽能改善它的保留性和覆盖率,但因为担心它漂移污染环境而受到限制。然而可以通过对雾滴静电充电使它吸向