

◆ 加工与分析 ◆

植保无人飞机喷雾雾滴蒸发性能测定方法及应用

周晓欣, 陈奕璇, 石 鑫, 袁会珠, 闫晓静*

(中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要:为研究植保无人飞机喷雾雾滴蒸发性能,笔者首次提出利用悬滴法测试单个雾滴在空中的蒸发规律,以雾滴蒸发速率及雾滴蒸发抑制率为表征参数。在33℃下测定蒸发1 min内不同化学有效成分(高分子聚合物、醇类、甲酯化植物油类)对雾滴蒸发性能的影响。从雾滴蒸发速率结果可知,雾滴的蒸发并非一个速率恒定不变的过程,大致分为初始蒸发阶段及平衡蒸发阶段。从雾滴蒸发抑制率结果得知,1.0%、0.5%甲酯化植物油-倍达通的蒸发抑制效果最佳,蒸发抑制率分别达62.5%和50%;1.0%丙三醇的蒸发抑制效果次之,蒸发抑制率可达37.5%。以液体沸点为理论验证,标准大气压(101.375 kPa)下3种有效成分沸点为丙三醇(182℃)>甲酯化植物油-倍达通(107~160℃)>水(100℃),与蒸发抑制率结果趋势一致,由此证明此方法作为植保无人飞机喷雾雾滴蒸发性能的测定方法较为可行。

关键词:雾滴蒸发;悬滴法;蒸发抑制率;植保无人飞机

中图分类号:S 252.3 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2021.03.005

Determination Method and Application of Spray Droplet Evaporation Performance for Plant Protection UAVs

ZHOU Xiaoxin, CHEN Yixuan, SHI Xin, YUAN Huizhu, YAN Xiaojing*

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: In order to study the spray droplet evaporation performance of plant protection UAVs, pendent drop method was first proposed to test the evaporation law of a single droplet in the air and the evaporation performance was characterized by the droplet evaporation rate and the droplet evaporation inhibition rate. The effect of different chemical active ingredients (polymers, alcohols, methyl esterified vegetable oils) on the evaporation performance of droplets was determined at 33℃ within 1 min of evaporation time. From the results of droplet evaporation rate, it can be seen that the evaporation of droplets is not a process with a constant rate. It is roughly divided into an initial evaporation stage and an equilibrium evaporation stage. According to the results of droplet evaporation inhibition rate, 1.0% and 0.5% methyl esterified vegetable oil have the best evaporation inhibition effects, with evaporation inhibition rates reaching 62.5% and 50% respectively, followed by 1.0% glycerol evaporation inhibition effect, the evaporation inhibition rate can reach 37.5%. Based on the theoretical verification of the liquid boiling point, the boiling points of the three active ingredients under standard atmospheric pressure (101.375kPa) are glycerol (182℃) > methylated vegetable oil (107-160℃) > water (100℃), and the results of the evaporation inhibition rate have the same trend, which proves that this method is more feasible as a method for measuring the evaporation performance of plant protection drones.

Key words: droplet evaporation; pendant drop method; evaporation inhibition rate; plant protection UAVs

收稿日期:2021-01-07

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0200703)

作者简介:周晓欣(1992—),女,辽宁丹东人,硕士,科研助理,主要从事农药喷雾助剂研究。E-mail:542190773@qq.com

通信作者:闫晓静(1981—),女,河南周口人,博士,副研究员,主要从事植物病虫害防治及农药使用技术研究。E-mail:yanxiaojing@caas.cn

航空喷雾因其作业效率高,已成为农林病虫害防治的首选作业模式^[1]。当前植保无人飞机喷施的专用药剂种类不足以满足所有病虫害防治的需求^[2],大部分药剂仍是以地面常规喷雾药剂为主的水基溶液体系。航空施药的飞行高度一般距离作物1.5~2.5 m,药液经喷头雾化后形成雾滴喷出,在到达靶标前,农药雾滴需在空中运动一段距离。植保无人飞机喷施的雾滴体积中径范围为几十 μm 至200 μm ,按照联合国粮农组织(FAO)对于雾滴细度雾滴粒径的划分属于细雾滴。细小雾滴对靶标的覆盖密度及覆盖均匀度均优于粗雾滴,而且细小雾滴有较好的穿透能力,在靶标上的附着能力强,不易流失^[3]。已有研究表明,细雾滴(VMD,100~200 μm)较于中等雾滴(VMD,200~400 μm)和粗雾滴(VMD,大于400 μm)在小麦植株上可以获得较好的覆盖效果,增大了药液的比表面积,相比于大雾滴减少了弹跳坠落的可能性,对小麦蚜虫的防治效果更佳^[4],但小雾滴易受外界风速或飞机飞行时产生的侧风影响从而蒸发飘移^[5]。蒸发飘移是农药飘移的一种,是指由农药有效成分的挥发性造成的,在施药过程当中或施药后的一段时间,在非控制条件下,药液雾滴在空中从靶标区域迁移到了非靶标区域的一种物理运动^[6]。有相关研究表明,当使用喷杆式喷雾机喷洒农药时,小于100 μm 的雾滴通常飘移至喷幅以外,但是小于50 μm 的雾滴则会在达到靶标之前就完全蒸发^[7]。尤其夏季在一些南方温度较高的地区施药,药液雾滴中水分会蒸发变成更小的雾滴,或完全蒸发变成纯农药粒子,影响防治效果甚至造成药害^[8]。

现阶段主要通过添加专用的飞防助剂减缓植保无人飞机施药过程中出现的蒸发飘移问题^[9]。中国农业科学院植物保护研究所发明一种雾滴蒸发抑制剂,可以在飞机喷雾过程中抑制雾滴在空中降落过程中水分的蒸发。该抑制剂主要通过改变药液雾滴的重量和粘度从而抑制雾滴在降落过程中的蒸发^[10]。市售的飞防助剂及抗蒸发抑制剂种类繁多,亟需雾滴蒸发测定的方法。

左雯等^[11]进行了表面活性剂对农药雾滴在甘蓝菜叶面上扩展面积和蒸发时间的影响研究;吕国强等^[12]采用高倍电子显微镜连续拍摄记录农药雾滴在小白菜叶面上的整个蒸发过程。其在农药中添加8种不同的表面活性剂并通过雾滴发生器产生单个雾滴,进而研究农药雾滴对小白菜叶面上蒸发时间和覆盖面积的影响;周召路等^[13]研究了不同植物叶

面结构及特性对雾滴蒸发的影响,并测定了雾滴在水稻棉花等作物叶片界面上的蒸发动力学变化。王军锋等^[14]分析不同季节温度下助剂对大载荷植保无人飞机喷洒雾滴的沉积浓度的影响,发现温度升高时添加助剂可以提高雾滴沉积,说明助剂可以改善雾滴的抗蒸发性。国内外当前对雾滴蒸发的研究大多集中在农药雾滴落到靶标植物叶片后的蒸发过程,或在田间通过雾滴沉积参数的变化,间接表征添加助剂对雾滴蒸发的影响,而直接对雾滴到达靶标前在空中的蒸发特性研究缺乏。

测试单个雾滴在空中的蒸发萎缩情况,其难点在于准确地产生体积可控的小雾滴以悬挂在空中的方式而非在某种生物界面上,并能够在温度可控制的条件下记录雾滴不同温度下蒸发的过程。本文使用悬滴法室内模拟测定航空喷雾后雾滴在空中的蒸发萎缩情况。悬滴法最初是表面张力测量手段中的一种方法^[15],笔者使用视频光学接触角测量仪的悬滴模式,通过雾滴发生器产生4 μL 的单个雾滴并悬挂在测量仪的针头上。针头处在测量仪的温控盒中,避免环境温度湿度对雾滴蒸发的影响。通过高速摄像头拍摄记录下雾滴蒸发全过程,计算得到雾滴蒸发速率及雾滴蒸发抑制率,从而比较不同有效成分雾滴的蒸发情况,以期对雾滴蒸发萎缩规律的研究提供一种测定方法。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试剂:羟丙基瓜尔胶,南京善思生物科技有限公司;丙三醇,西陇科学股份有限公司;Greenwet360,北京格林泰姆科技有限公司;倍达通,河北明顺农业科技有限公司。

仪器:接触角测量仪OCA 20、微量注射器,德国DATA PHYSICS公司。

1.2 试 验 方 法

本试验共设7个处理,处理1为清水对照,处理2、3分别为0.5%、1.0%羟丙基瓜尔胶水溶液,处理4、5分别为0.5%、1.0%丙三醇水溶液,处理6、7分别为0.5%、1.0%倍达通水溶液。羟丙基瓜尔胶是由瓜尔胶粉化学改性后得到的,属于高分子聚合物,这是目前我国应用最为广泛的压裂增稠剂;丙三醇俗称“甘油”,是无色粘稠液体,常用作溶剂、润滑剂,能从空气中吸收潮气,有保水作用;倍达通为市售的甲酯化植物油类飞防专用喷雾助剂。将羟丙基瓜尔胶、丙三醇、倍达通(主要成分化学结构式见图1)分

别加入蒸馏水稀释配置成的浓度分别为0.5%、1.0%的试验溶液各5 mL,待用。使用OCA 20视频光学接触角测量仪测定上述处理药液及清水的雾滴蒸发情况(图2)。

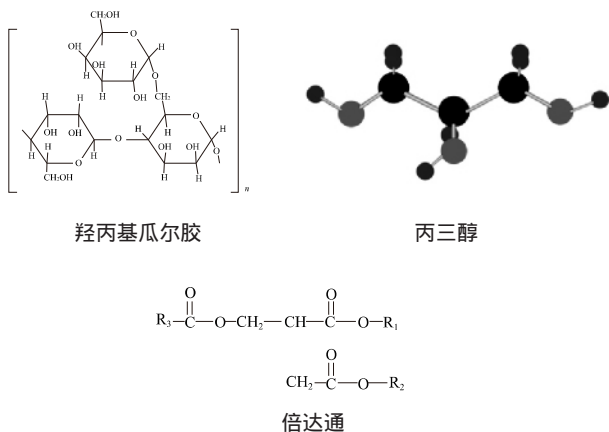


图 1 有效成分化学结构式

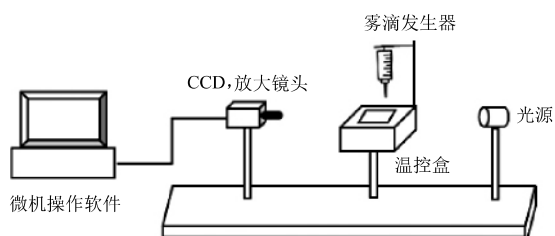


图 2 悬滴法测定雾滴蒸发示意图

利用视频光学接触角测量仪OCA上的微量注射剂吸取药液后垂直固定在温控盒上方,连接的水浴锅温度调节到33℃,将接触角测量仪的温控相应调节至33℃,操作软件SCA20选择悬滴模式。待仪器稳定后,通过软件控制测量仪上的微量注射器产生4 μL的单个雾滴,此时雾滴悬挂在测量仪的针头上。旋转固定台将针头处于测量仪的温控盒中,避免环境温湿度对雾滴蒸发的影响。操作软件中选择视频录制,高速摄像镜头对雾滴进行自动拍摄(设置拍摄间隔时间为1 s),记录下雾滴蒸发全过程,在数据处理软件得到雾滴体积随时间的变化情况,并计算得到雾滴蒸发速率及雾滴蒸发抑制率。

本试验的雾滴蒸发速率与雾滴蒸发抑制率数据均取蒸发时间为1 min进行研究,与农药雾滴从植保无人机喷头喷出到落到靶标作物所需要的时间一致。测试温度为33℃,该温度是植保无人机田间实际作业过程中的平均温度,测定时的相对湿度为47%±2%。上述所有试验均设3次重复。雾滴蒸发速率和蒸发抑制率按(1)、(2)计算

$$v = \frac{V_{初} - V_{末}}{t} \quad (1)$$

$$R/\% = \frac{(V_{初(清水)} - V_{末(清水)}) - (V_{初(药液)} - V_{末(药液)})}{V_{初(清水)} - V_{末(清水)}} \times 100 \quad (2)$$

式中 v 为雾滴蒸发速率, $\mu\text{L}/\text{min}$; t 为蒸发时间, min ; $V_{初}$ 、 $V_{末}$ 为初始体积和最终体积, μL ; R 为雾滴蒸发抑制率, %; $V_{初(清水)}$ 、 $V_{末(清水)}$ 为清水雾滴初始体积和最终体积, μL ; $V_{初(药液)}$ 、 $V_{末(药液)}$ 为药液雾滴初始体积和最终体积, μL 。

蒸发时间取60 s,雾滴初始体积是第1 s雾滴体积,雾滴最末体积是第60 s雾滴体积。

1.3 数据处理方法

利用Microsoft Excel 2013、DPS 7.05软件对数据进行分析处理,差异显著性采用Duncan氏新复极差法,Origin 2019软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同有效成分雾滴蒸发速率结果

根据上述雾滴蒸发速率计算公式及各处理雾滴始末体积得到各处理的雾滴蒸发速率。操作软件SCA20中注射体积选择为4 μL,但由于各溶液粘度不同,实际注射出的雾滴体积无法准确达到4 μL。清水雾滴蒸发速率为0.08 μL/min,添加不同有效成分后均不同程度抑制蒸发。其中添加1.0%丙三醇后,雾滴蒸发速率为0.05 μL/min,比清水雾滴蒸发速率降低了25%;添加0.5%、1.0%羟丙基瓜尔胶后,雾滴蒸发速率均为0.06 μL/min,比清水雾滴蒸发速率降低了25%;添加0.5%、1.0%倍达通后,雾滴蒸发速率分别为0.04、0.03 μL/min,比清水雾滴蒸发速率降低了50%和62.5%(表1)。

表 1 不同有效成分雾滴蒸发速率

处理	$V_{初}/\mu\text{L}$	$V_{末}/\mu\text{L}$	蒸发速率 $/(\mu\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$
清水	3.59	3.51	0.08
0.5%丙三醇	3.21	3.13	0.08
1.0%丙三醇	3.43	3.38	0.05
0.5%羟丙基瓜尔胶	3.66	3.60	0.06
1.0%羟丙基瓜尔胶	3.32	3.26	0.06
0.5%倍达通	3.65	3.61	0.04
1.0%倍达通	3.75	3.72	0.03

本试验雾滴蒸发过程均取蒸发时间为1 min研究,视频光学接触角测量仪的高速摄像镜头对雾滴进行自动拍摄时间间隔为1 s,每s可得到一帧雾滴图像,SCA软件可对每帧雾滴图像进行积分,计算出雾滴此刻的体积,所以每个处理的雾滴蒸发全过程有

1~60 s共60个体积。现将雾滴蒸发的60 s进行分段,分成6个时段,每10 s为1个时段,每个时段分别求出其雾滴蒸发速率,探究雾滴蒸发的规律(表2)。结果表明,雾滴的蒸发并非一个蒸发速率恒定不变的过程。清水雾滴的蒸发速率呈现先增加后减小,随之不变。前20 s内,蒸发速率均为0.002 $\mu\text{L}/\text{min}$,在第20 s后,蒸发速率减小为0.001 $\mu\text{L}/\text{min}$,并持续至60 s(图3)。添加丙三醇后,0.5%添加浓度并未改变雾滴的蒸发情况,而当添加浓度为1%时,降低了雾滴在前30 s的蒸发速率,速率减小50%甚至100%,而后30 s的蒸发速

率并未改变。添加0.5%、1.0%羟丙基瓜尔胶后,改变了雾滴在0~20 s及40~60 s的蒸发速率情况,速率呈现先减小后增大再减小的模式,而添加0.5%、1.0%倍达通后,在0~10 s、1~20 s时段相较于清水雾滴,雾滴蒸发速率分别减少50%、100%。随后蒸发速率保持不变,至第40 s时,停止蒸发,蒸发速率为0。分析其原因,由于倍达通属于植物油类助剂,当添加量达到一定时,雾滴形成了油包水的结构,水滴外侧被一层沸点更高的油膜包裹后可减缓蒸发,甚至在短时间内停止蒸发,以此达到抗蒸发的作用。

表2 不同有效成分雾滴不同时段蒸发速率

处理	$R_{0-10\text{s}}/(\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$	$R_{10-20\text{s}}/(\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$	$R_{20-30\text{s}}/(\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$	$R_{30-40\text{s}}/(\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$	$R_{40-50\text{s}}/(\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$	$R_{50-60\text{s}}/(\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$
清水	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
0.5%丙三醇	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
1.0%丙三醇	0.001	0	0	0.001	0.001	0.001
0.5%羟丙基瓜尔胶	0	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
1.0%羟丙基瓜尔胶	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0
0.5%倍达通	0.001	0	0.002	0.001	0	0
1.0%倍达通	0	0.001	0.001	0.001	0	0

注:“R”表示雾滴蒸发速率($\mu\text{L}/\text{min}$);“R”下角标时间段表示某有效成分雾滴蒸发的一个时段。

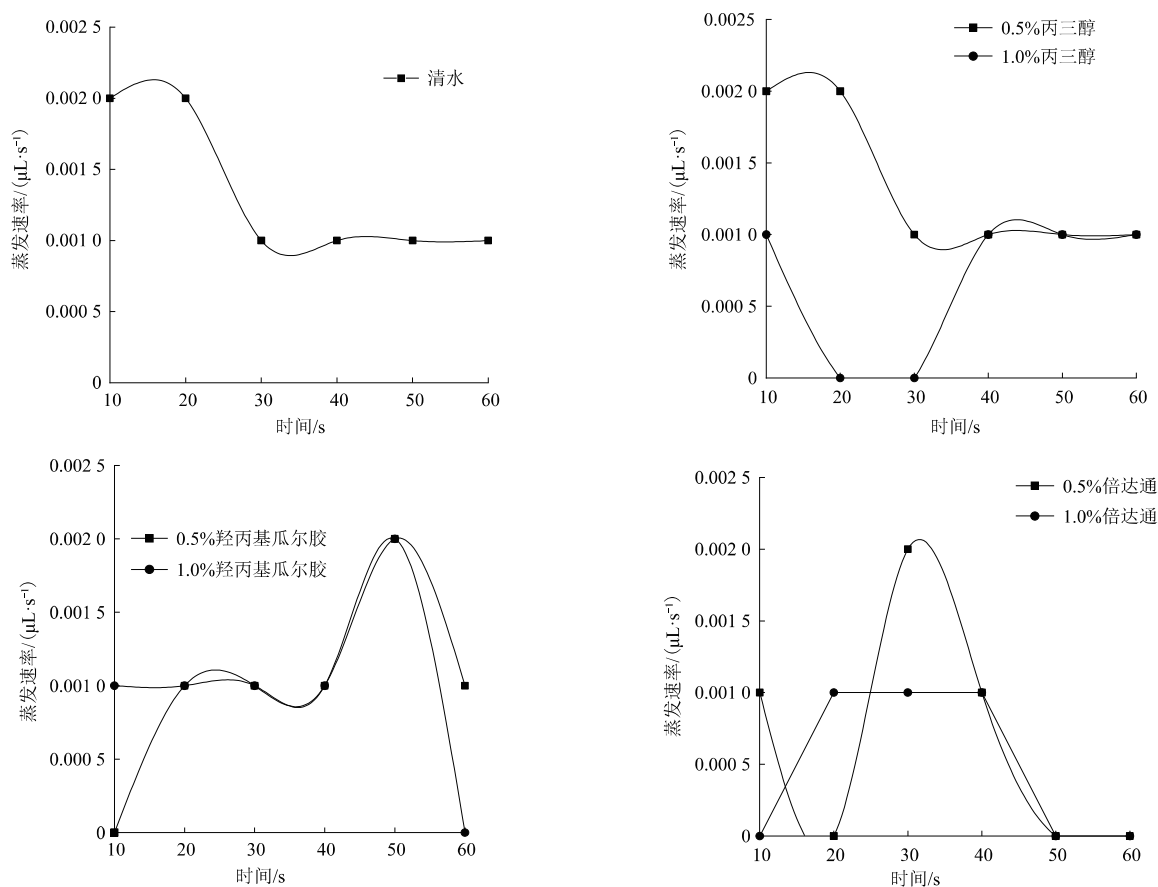


图3 不同有效成分雾滴不同时段蒸发速率

2.2 不同有效成分雾滴蒸发抑制率结果

添加不同有效成分后均不同程度抑制蒸发。其中添加0.5%、1.0%丙三醇后,蒸发抑制率分别达到12.5%、37.5%;添加0.5%、1.0%羟丙基瓜尔胶后,蒸发抑制率达到25%;添加0.5%、1.0%倍达通后,蒸发抑制率分别达到50%、62.5%(图4)。3种不同成分助剂中,植物油类助剂倍达通对雾滴的蒸发抑制效果最佳,在2个添加浓度下,蒸发抑制率均大于50%,1.0%丙三醇次之。图5为各个处理的雾滴在1、30、60 s时的悬滴图,悬滴图更加直观地反映出不同有效成分的雾滴蒸发抑制效果。悬滴图中的白色光斑是由于视频光学接触角测量仪的广源照射形成的透光。

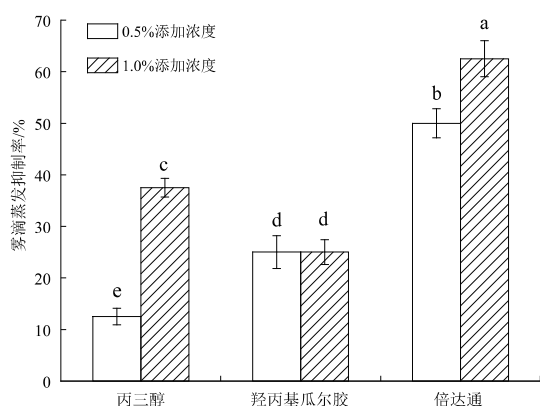


图 4 不同有效成分雾滴蒸发抑制率

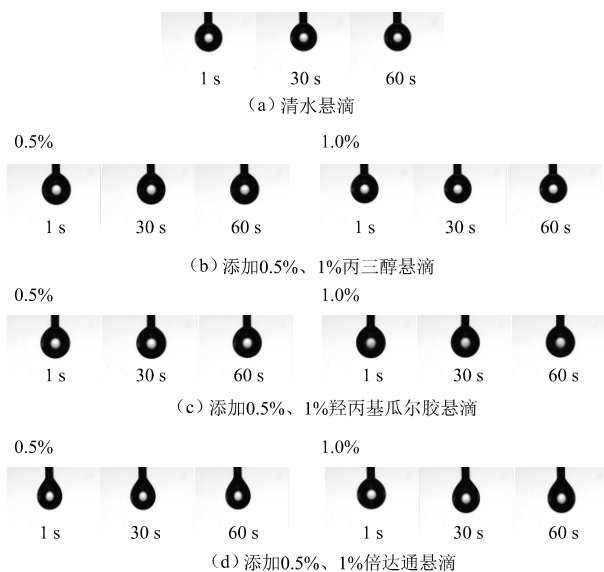


图 5 不同有效成分雾滴悬滴图

3 讨论

笔者尝试提出一种测试喷雾雾滴蒸发的方法。本试验以清水为空白对照,测定3种不同化学成分(高分子聚合物、醇类、甲酯化植物油类)的喷

雾助剂,在一个相对高温的环境下(33℃)对雾滴蒸发性能的影响。从雾滴蒸发抑制率数据得知,1.0%、0.5%倍达通的蒸发抑制效果最好,蒸发抑制率分别达62.5%、50%;1.0%丙三醇的蒸发抑制效果次之,蒸发抑制率可达37.5%;羟丙基瓜尔胶的添加浓度对其蒸发抑制率无影响,2种浓度下均达到25%的抑制蒸发效果。

液体的蒸发是在其表面发生的汽化过程。从清水雾滴的蒸发过程来看,将液滴置于高温的环境中,由于温度差,液滴吸收热量使表面温度升高,液体内的分子都在做无规则运动。当分子吸收热量后,每个水分子获得了更多的能量,当这个能量足以克服水分子间的相互作用力时,水分子离开液滴发生了蒸发。从清水雾滴60 s内不同时段蒸发速率结果可知,清水雾滴的蒸发不是一个速率恒定的过程,大致分为0~20 s的初始蒸发阶段及20~60 s的平衡蒸发阶段。平衡蒸发阶段的蒸发速率为初始蒸发阶段的50%。马力等^[16]利用数值求解模拟计算高温气流中的液滴蒸发特性,发现液滴的蒸发速率先增大后减小,而当液滴中添加不同成分的物质后,水雾滴的蒸发状态改变,蒸发速率均不同程度发生减慢。蒸汽压对液滴的蒸发有决定性作用。在相同温度下,液体沸点越低,其蒸汽压越高。邵冰^[17]通过选取不同沸点液体在相同环境下的蒸发试验探究沸点对液滴蒸发情况的影响。结果表明,液体的沸点与蒸汽压为负相关,沸点高的液体需要更长的蒸发时间。

本试验选取的3种物质中,在标准大气压(101.375 kPa)下,水的沸点为100℃,丙三醇沸点为182℃,倍达通的主要有效成分为甲酯化植物油,各类植物油的沸点范围在107~160℃。除此之外,作为喷雾助剂还会添加少部分的乳化剂等成分,促进助剂与药液的混溶性。羟丙基瓜尔胶为改性的瓜尔胶。瓜尔胶本身是粉末状,试验中添加的羟丙基瓜尔胶样品是近似于固体的水溶性较好的黏稠状物质,在此不讨论其沸点。已知倍达通、丙三醇的沸点均高于水,理论上应比水不易蒸发。本试验结果与理论推断一致,说明本文使用的测定雾滴蒸发的方法可信。0.5%、1.0%倍达通蒸发抑制率达50%、62.5%,分别比0.5%、1.0%丙三醇高37.5%、25%,说明沸点与抗蒸发性能并不呈线性关系,但可作为判断抗蒸发性能的重要参数。

参考文献

[1] 薛新宇, 兰玉彬. 美国农业航空技术现状和发展趋势分析[J]. 农业机械学报, 2013, 44(5): 194-201. <http://www.cnki.net>

- [2] 章振羽,任丹华,刘小谭,等.添加飞防助剂对无人机防治马铃薯晚疫病的影响[J].四川农业科技,2020,392(5):31-32.
- [3] 袁会珠.农药使用技术指南.第2版[M].北京:化学工业出版社,2011.
- [4] 袁会珠,王国宾.雾滴大小和覆盖密度与农药防治效果的关系[J].植物保护,2015,41(6):9-16.
- [5] FRITZ B K, HOFFMANN W C, BAGLEY W E. Effects of spray mixtures on droplet size under aerial application conditions and implications on drift[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2010, 26(1):21-29.
- [6] HUANG Y, HOFFMANN W C, LAN Y, et al. Development of a spray system for an unmanned aerial vehicle platform[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2008, 25(6):803-809.
- [7] 王潇楠,何雄奎,ANDREAS H,等.喷杆式喷雾机雾滴飘移测试系统研制及性能试验[J].农业工程学报,2014,30(18):55-62.
- [8] 王立军,姜明海,孙文峰,等.飞机喷雾技术的探讨[J].农机化研究,2005(5):64-65.
- [9] 耿爱军,李法德,李陆星.国内外植保机械及植保技术研究现状[J].农机化研究,2007(4):189-191.
- [10] 袁会珠,杨代斌,李学辉,等.一种雾滴蒸发抑制剂:CN,103299993A,[P].2013-09-18.
- [11] 左雯,饶志坚,吴国星,等.表面活性剂对农药雾滴在甘蓝菜叶面上扩展面积和蒸发时间的影响研究[J].西南大学学报(自然科学版),2011,33(9):1-5.
- [12] 吕国强,芮洪梅,左雯,等.几种表面活性剂对农药雾滴在小白菜叶面上蒸发的影响规律研究[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(3):6-13.
- [13] 周召路,曹冲,曹立冬,等.不同类型界面液滴蒸发特性与农药利用效果研究进展[J].农药学报,2017,19(1):9-17.
- [14] 王军锋,罗博韬,霍元平,等.助剂影响大载荷植保无人飞机喷洒沉积特性的试验研究[J].排灌机械学报,2019,37(12):38-43.
- [15] MORADIANA, MOSTAGHIMI J. Surface tension measurement at high temperatures by using numerical and theoretical drop profiles [J]. Fluids Engineering Division of the American Society of Mechanical Engineers, 2005, 129: 991-1001.
- [16] 马力,仇性启,崔运静,郑志伟.两组分液滴蒸发特性研究[J].工业加热,2014,43(1):13-16.
- [17] 邵冰.多组分液滴对流蒸发过程的实验研究[D].重庆:重庆大学,2016.

(责任编辑:徐娟)

(上接第16页)

- aminopyrifin inhibits GWT-1 protein in glycosylphatidylinositol-anchor biosynthesis in *Neurospora crassa* [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2019, 156: 1-8.
- [12] Technology Center. Composition containing fluoroquinazone and aminopyrifin: CN, 10764852A[P]. 2018-02-02.
- [13] 刘胜召,张承来,曹明章,等.含氟啶唑的农药:CN,101692824A[P].2009-07-21.
- [14] 胡伟群,陈杰.灰霉病的化学防治进展[J].现代农药,2002(4):8-11.
- [15] 奉代力,王强,郑纪慈,等.几种杀菌剂对灰葡萄孢的抗菌作用比较研究[J].浙江农业科学,2013,25(1):119-123.
- [16] ARAKI K, AIZAWA R. Method for manufacturing 2-amino-6-methylnicotinic acid: CN, 106458908A[P]. 2017-02-22.
- [17] AIZAWA R, OKADA I. Method of producing 2-aminonicotinic acid benzyl ester derivatives: US, 20160318868A1[P]. 2016-03.
- [18] AIZAWA R, OKADA I. Method for producing benzyl ester 2-aminonicotinate derivative: EP, 3088391A1[P]. 2016-02-11.
- [19] ARAKI K, AIZAWA R. Method for manufacturing 2-aminonicotinic acid benzyl ester derivative: TW, 1631104B[P]. 2018-08-01.

(责任编辑:高蕾)

(上接第19页)

3 结论

利用高效液相色谱对96%苯酰菌胺原药和75%锰锌·苯酰菌胺水分散粒剂中的苯酰菌胺进行了定性定量分析。实验结果表明,该方法分离效果好、准确度和精密度高、线性关系良好,并且操作简便、快速,可以进行苯酰菌胺原药及制剂产品的有效成分分析。

参考文献

- [1] 张梅凤,范金勇,于乐祥.2011年—2015年专利到期的农药品种之苯酰菌胺[J].今日农药,2013,2:35-37.
- [2] 潘兴鲁.手性杀菌剂啶菌噁唑和苯酰菌胺对映体生物活性、生态毒性及环境行为研究[D].北京:中国农业科学院,2018.
- [3] ANGIONI A, GARAU A, CABONI P, et al. Gas chromatographic ion trap mass spectrometry determination of zoxamide residues in grape, grape processing, and in the fermentation process[J]. Journal of Chromatography A, 2005, 1097(1/2): 165-170.
- [4] 张春荣,平立凤,赵华,等.苯酰菌胺在黄瓜及土壤中的残留动态[J].浙江农业学报,2011,23(6):1177-1181.
- [5] 李皓. QuEChERS-气相色谱/质谱法检测香椿等芽菜类蔬菜中5种酰胺类杀菌剂残留量[J].食品安全质量检测学报,2019,10(17):5878-5883.
- [6] 迟梦宇,陈子雷,郭长英,等.超高效液相色谱-串联质谱法同时测定梨中22种农药残留[J].食品安全质量检测学报,2019,10(7):1976-1981.

(责任编辑:徐娟)