

董智超-未来三年研究计划

仿生液体绕流材料在农药喷洒中的应用

1. 总体目标

本项目将主要探究液滴在农作物叶面的撞击-绕流-铺展行为，通过调控农药喷雾液滴尺寸、雾化效果，并通过在农药喷雾中添加表面活性剂、高分子聚合物等助剂成分调控液体在农作物叶面的动态浸润行为，揭示液滴尺寸、表面活性剂分子的聚集体状态、聚合物粘度、固体表面分子与添加剂分子间的相互作用对撞击-绕流-铺展的调控规律，在液滴与基底撞击的瞬间实现液滴绕流-铺展行为的精确操控，解决农药喷雾在农作物叶面沉积的基础科学和技术问题。

2. 研究背景

我国是人口大国，粮食供给和食品安全是国家战略部署的首要问题。农药是防御重大生物灾害、保障国家粮食安全的物质基础。喷洒的农药液滴撞击农作物叶面后由于不可控绕流和迸溅，大部分飞散到环境中。根据农业农村部2020年统计数据，三大主粮作物的农药液滴沉积效率仅为40%。这不仅造成了巨大的浪费，飞散到环境中的农药会随气流溅落到土壤和水源中，还会对生态环境、食品安全乃至人类身体健康造成严重的危害。我国农业农村部提出“农药化肥双减”和“农药零增长”的计划，希望解决农药在施药过程中严重浪费的问题。

农作物叶面的超疏水性和复杂曲率结构是导致农药液滴撞击在叶面上产生不可控绕流，进而发生迸溅的主要原因。农作物叶面普遍具有疏水、超疏水性，农药液滴与超疏水性叶面发生撞击的接触时间仅为 10 - 12 毫秒，导致撞击后会发生迸溅。同时，农作物叶面存在多级次、多曲率结构，例如水稻、小麦、甘蓝和花菜的超疏水叶面具有单独或交叉的叶脉条纹结构。受到超疏水曲率结构抑制绕流的影响，液滴撞击在条纹结构上，液-固接触时间进一步降低至 4 - 6 毫秒，撞击后更容易发生剧烈的迸溅。因此，深刻认识和理解农药液滴撞击-绕流-铺展的机制对解决农药沉积效率低的问题尤为必要。

3. 研究内容

针对农药喷洒过程遇到的喷洒效率低的问题，本项目将利用“仿生液体绕流材料”调控农药喷雾在农作物叶面的高效沉积。探索农作物叶面独特的多级次、多曲率结构和特殊浸润性质对液滴撞击在其表面的绕流和迸溅的影响机制；提出利用表面活性剂和高分子聚合物操控农药液滴在农作物叶面绕流实现高效沉积

的思路；揭示液滴中表面活性剂分子及其聚集体状态、聚合物粘度、农作物叶面结构与液滴撞击-绕流-铺展行为之间的作用机制和调控规律，为提升农药沉积效率提供有价值的帮助。

4. 工作方式

本项目将基于已有研究成果，充分利用课题组内、中国科学院理化技术研究所以及仿生材料与界面科学中科院重点实验室的工作基础和实验条件，开展以农药喷雾高效利用为应用导向的基础科学研究。积极与中国科学院化学研究所、中国农业大学、中国农科院合作开展农药喷洒沉积实验，揭示助剂分子组成、聚集体状态与农作物表面结构和成分的关联，深刻认识和理解农药液滴撞击-绕流-铺展的机制，开发新型促铺展助剂。

5. 预期成果

(1) 基于农作物曲率结构，抽象模型，设计并构筑 3 - 5 种仿生界面材料，建立设计表面活性剂分子结构和聚集体状态、聚合物组分的新策略；提出农药液滴在农作物叶面上高效沉积的新机制、新方法和新思路。

(2) 研究成果将以论文的形式呈现，预计发表 5 - 10 篇高水平研究论文，撰写 1 - 2 篇仿生液体绕流材料的综述，申请 1 - 2 项发明专利。

(3) 培养研究生 3 - 4 人。