

林草实用技术手册

植保无人机针对核桃 油橄榄的药肥一体喷施

云南省林业和草原技术推广总站 编著

二〇二三年八月

植保无人机针对核桃 油橄榄的药肥一体喷施

编写人员：陆 斌 赵 川 熊新武 郝佳波 胡 青

徐 亮 冯 倩 李俊南 郭永清 杜春花

呼延丽 赵 敏

前言

为贯彻落实云南省人民政府办公厅关于印发云南省林草产业高质量发展行动方案（2022—2025年）和2023年全省林草工作会议精神的，云南省林业和草原技术推广总站组织编印《植保无人机针对核桃、油橄榄的药肥一体喷施》手册，深入推进林草产业发展重点工作和目标任务，提高林农的科技素养和生产技能，促进林草实用技术推广工作落地见效。

核桃、油橄榄是云南省的高原特色重点木本油料产业，对核桃、油橄榄进行叶面施肥、打药、喷施调节剂是依据云南山地自然气候条件，种植地特点实行的重要栽培措施。针对目前人工喷施作业成本高，效率低，时效性差的问题，应用无人机替代人工进行喷施作业将成为主要的发展方向。

云南省林业和草原科学院核桃产业关键技术创新团队，在国家十三五科技支撑项目，中央财政林业科技推广项目，云南省重点科技项目的支持下，研究集成无人机核桃、油橄榄药肥一体化施用技术，在防病治虫，调节生长，保障收获，节本增效方面成效显著。为了使此项技术更好的服务产业发展，特编制此技术手册，供核桃园、油橄榄经营林农、无人机作业团队与行业管理者参考。

希望《植保无人机针对核桃、油橄榄的药肥一体喷施》手册能对种植户、企业和技术管理人员有一定的指导和借鉴作用。由于编者水平有限，难免有错漏和不当之处，恳请专家和广大读者批评指正，以便进一步改进和完善。

编 者

2023 年 8 月

目 录

1 基本要求	2
2 作业准备	4
2.1 确定喷药区域	4
2.2 物资准备	5
2.3 气象条件	5
2.4 试喷	6
3 作业	7
3.1 作业时的飞行参数	7
3.2 飞行路径	9

植保无人机>
针对核桃 油橄榄的药肥一体喷施

3.3 药肥选择	10
3.4 药肥配制	12
3.5 喷施时期	12
3.6 喷施次数	13
3.7 喷施药量	13
3.8 作业安全	13
4 作业后处理	15
案例一：油橄榄无人机施肥、植保一体化	18
案例二：核桃无人机施肥、植保一体化	22

核桃在云南种植面积已达 4300 多万亩，面积产量产值均居全国首位，油橄榄作为云南省重要的经济林树种之一，在云南省经济林产业中也具有举足轻重的地位。云南核桃和油橄榄种植区多为周年降水分布不均，冬春干旱，夏秋多雨，且无灌溉条件，地形相对破碎的山区，核桃和油橄榄的丰产栽培需要在旱季叶面追肥，需要及时防治病虫害危害，需要促花保果保叶，喷施肥药剂的作业量加大。因此面对社会劳动力成本逐年增加，利用植保无人机及时喷施药、肥，提高药、肥的使用效率和效果，已成为省力化高效栽培和关键技术之一。该技术将极大地促进植保无人机在核桃和油橄榄栽培中的使用；促进以机换人，实现核桃的高效省力化优质栽培；促进核桃产量和品质提升，保障核桃产业的高质量发展。

本技术手册将详细介绍植保无人机在针对核桃、油橄榄进行药肥一体喷施时的技术要点，以供读者参考。



1 基本要求

植保无人机需满足作业要求，可选择大疆植保无人机 T15、T20、T30、同类或更先进机型。飞手需技术过硬并持证上岗；负责药液配制、灌装和地面指挥的所有辅助人员必须熟悉作业流程，并做好个人防护。无人机作业企业或飞手和用户之间应签订明确作业双方责任和权力的文书。对间套种的果园，须评估无人机喷施药肥对林下（间套种）作物的危害和影响，并制定相应对策。核桃树宜通过整形修剪形成开心形树形，提高无人机喷施效果。



核桃冬季整形修剪前、后示意图



核桃树修剪后不但利于通风采光，也利于无人机施肥



油橄榄冬季整形修剪前、后示意图

2 作业准备

2.1 确定喷药区域

试飞前，飞手应对作业范围的地形进行全方位勘察。标识作业区域内的障碍物以及特殊区域。随后，根据地形以及核桃或油橄榄种植模式、树龄、树体高度、冠幅大小，确定无人机喷施作业时的线路、速度、喷头组合及药液喷洒量并设置好隔离带。



核桃林地形与环境勘查



油橄榄林地形与环境勘查



2.2 物资准备

准备必要的水、农药、肥料、器具、电池、燃油及防护用品等各类物资。



物资准备 – 多块电池充电以保证无人机喷施作业连续性

2.3 气象条件

选择阴天或晴天，水平能见度不低于 2 km，湿度不低于 35%，气温 10~25℃，风速小于 2 m/s 时作业，并预估在施药后 24h 内无降雨的情况下进行植保无人机作业。



植保无人机.....▶
针对核桃 油橄榄的药肥一体喷施



风速过大引起雾滴漂移

2.4 试喷

作业前，需在药箱中加入清水进行试喷，确保所有喷头正常喷洒。



调试无人机以及试喷

3 作业

3.1 作业时的飞行参数

飞行高度应距离核桃树树冠顶 $1 \sim 3\text{m}$ ，距油橄榄树冠顶 $0.5\text{m} \sim 3.0\text{m}$ 。喷施作业时匀速飞行，针对核桃的飞行速度不超过 $1.5 \sim 2.5\text{m/s}$ ，针对油橄榄的不超过 $1 \sim 2\text{m/s}$ 。根据作业时气象条件、核桃或油橄榄定植情况、飞行高度和无人机厂商规定的有效喷幅综合确定在 $4 \sim 7\text{m}$ 之间。喷幅是指无人机作业时形成的喷雾带，相邻两个达到有效雾滴覆盖密度要求的喷雾带中心之间的距离。



针对核桃的无人机飞行高度控制在 $0.5 \sim 5\text{m}$

植保无人机.....➡
针对核桃 油橄榄的药肥一体喷施



针对油橄榄的无人机飞行高度控制在 0.5~3 米



飞行速度过快



合适速度均匀喷施



3.2 飞行路径

树龄 <15 年密植区根据喷幅采取行间喷施、行上喷施，散植区采取对点喷施。树龄 ≥ 15 年密植区根据喷幅采取沿树冠顶端中心位置一侧一字型喷施，散植区采取沿冠顶上盘旋喷施。



油橄榄密植区



油橄榄稀植区

3.3 药肥选择

应根据果园病虫害发生情况选择相应的农药，同时根据果园生长结实情况选择相应的叶面肥与调节剂，选择的农药、叶面肥与调节剂必须符合相关国家和行业标准的要求。根据“预防为主，综合防治”的植保方针，一般针对真菌病害和蚧壳虫类、蚜虫、螨类、食叶害虫进行防治，并选用登记过的高效、低风险农药，剂型以水乳剂、悬浮剂、干悬剂、乳油为主。推荐使用的农药和肥料可参见下表。

推荐农药、肥料表

名称	浓度（%）	用途
液态氮肥	2~4	补充氮元素。
亚磷酸钾	2~4	补充磷钾元素。
微量元素	2~4	补充微量元素。
苄氨基嘌呤	0.5~1	植物生长调节剂，可促进植物细胞生长，抑制植物叶绿素的降解，提高氨基酸含量，延缓叶片衰老等。
芸苔素内酯	0.5~1	植物生长调节剂，可促进植物生长，提高植株产量和果实品质，并提高植株抗逆性。
稀效唑	0.5~1	植物生长调节剂，可抑制植株营养生长，促进生殖生长，提高植株产量。
三十烷醇	0.5~1	植物生长调节剂，可提高植株产量。
有机硅	0.4	助剂。
阿维菌素	0.5~2	防治螨、蚜虫、螟蛾。



续表

名称	浓度 (%)	用途
吡虫啉	0.5~2	防治蚜、蚜虫、螟蛾蚜虫、蓟马、叶蝉、角蝉、蜡蝉、蚱壳虫。
噻嗪酮	0.5~2	防治蚱壳虫、叶蝉、角蝉。
哒嗪硫磷	0.5~2	防治蚜虫、椿、叶蝉、角蝉、蜡蝉、蚜、介壳虫、天牛。
氟氯氰菊酯	0.5~2	防治鳞翅目幼虫、蚜虫、椿、蓟马。
甲萘威	0.5~2	防治鳞翅目幼虫、介壳虫、蚜虫、蓟马、叶蝉、角蝉、蜡蝉、椿。
苦参碱	0.5~2	防治鳞翅目幼虫、蚜虫、蚜。
杀虫双	0.5~2	防治翅目幼虫、蚜虫、蚜、天牛。
甲基硫菌灵	0.5~2	防治炭疽病、斑枯病、疫病。
多菌灵	0.5~2	防治斑枯病。
丙环唑	0.5~2	防治褐斑病、炭疽病。
丙森锌	0.5~2	防治炭疽病、疫病。
波尔多液	0.5~2	防治炭疽病。
代森铵	0.5~2	防治溃疡病、炭疽病。
氟硅唑	0.5~2	防治叶斑病。
福美双	0.5~2	防治炭疽病、疫病。
甲霜灵	0.5~2	防治疫病。

3.4 药肥配制

根据核桃生长状况及病虫害发生情况，择1至4种药肥，加助剂科学混配，总浓度不超过14%。使用的药肥，依次加入并进行充分搅拌。采用硬度小于150 mg/L，PH值6~7的常温水进行二次稀释，现配现用。并添加飞防助剂以增加药剂颗粒在叶片上的附着力。用2层100目滤筛过滤后加注至无人机药箱内。



药肥配制

3.5 喷施时期

核桃：分别在核桃雌花末期、果实膨大后期各进行一次农药、调节剂和叶面肥一体喷施，共2次。

油橄榄：分别在油橄榄幼果前期、果实生长期和油脂转



化前期各进行一次叶面肥、病虫害综合防控喷施，共 3 次。

3.6 喷施次数

漏喷是指核桃下部部分叶片未喷到药液的现象。为避免漏喷，每次喷施重复次数不低于两次。针对核桃的第一次喷施飞行速度以 1.5m/s 为宜，第二次喷施飞行速度以 2.5m/s 为宜。针对油橄榄的第一次喷施飞行速度以 1m/s 为宜，第二次喷施飞行速度以 2 m/s 为宜。

3.7 喷施药量

根据核桃或油橄榄的树体高度、冠幅大小，针对核桃的混合药液喷施平均药量宜在 4.8 ~ 7.8L/min 之间，亩用量约 0.8 ~ 1 L/667 m²；针对油橄榄的混合药液喷施平均用量宜在 5.8 ~ 9.8L/min 之间，亩用量约 1 ~ 1.2 L/667 m²。雾滴直径为 130 ~ 250 μm（备注：喷施数值涵盖 T15，T20，T30，可根据不同机型选择不同喷施药量）。

3.8 作业安全

作业期间在作业区设置警示标牌，禁止人畜进入。飞行范围应严格按照作业方案执行，飞行距离控制在视距范围内，同时了解作业区域内设施及空中管制要求。飞行应远离人群，作业区域有其他人员时暂停作业。起降飞行应远离障碍物 5 m 以上，平行飞行应远离障碍物 5 m 以上。作业人员应佩戴口罩、安全帽、防眩光眼睛，身穿反光工作服并严禁穿拖鞋，且在上风处和背对阳光作业；作业人员应与无人机保持 5 m 以上安全距离；作业过程中，作业人员应关闭手机及其他有电磁

干扰设备。作业人员对话必须简洁、明确，并重复 2 次以上。地面近距离操作时，必须切断动力电源，避免意外启动，防止发生事故。国家有规定的禁飞区域禁止飞行。作业人员不能酒后或身体不适状态下作业，对药肥有过敏情况者不能参与作业。作业人员做好无人机各项检查，确保其处于正常状态，严禁无人机带故障作业。

4 作业后处理

清洗无人机，药剂残留溶液倾倒需妥善处理保证安全。作业结束后及时填写作业记录，记录内容可参见下表，并存档，档案保存时间不低于 2 年。并在之后 1 年内的合适时间调查与评价施用效果。

无人机叶面肥、农药喷施技术作业情况记录表

记录项目及内容			
作业地点		作业时间	
作物品种		作业次数	
飞手、地勤姓名		作业开始时间	
作业任务类型	☐ 植保 ☐ 施肥 ☐ 其他：		
树龄、物候期		生长状况及有害生物程度	
配方名称及用量		助剂名称及用量	

续表

是否已报备相关部门	是 ☐ 否 ☐	管理部门名称：			
作业区域					
邻近作物情况					
环境温度 (℃)		环境湿度 (%)		光照情况	
风速 (m/s)		风向		气流速度 (m/s)	
无人机型号		预设作业速度		实际作业速度	
		预设作业高度		实际作业高度	
		预设喷幅		实际喷幅	
		预设 用量		实际 用量	
无人机 工作状态	作业方式	☐ 顺行飞 ☐ 对行飞 ☐ 行间飞 ☐ 上行飞 ☐ 对点飞			
	作业前	☐ 正常 ☐ 不正常，出现的问题：			
	作业中	☐ 正常 ☐ 不正常，出现的问题：			
	作业后	☐ 正常 ☐ 不正常，出现的问题：			
作业面积					



续表

作业结束 时间			
客户姓名		联系电话	
无人机飞 行轨迹图			
其他情况 记录（肥 效、病害 情况、环 境污染、 生态 安全等）			
回访调查 （作业 效果）			

案例一：油橄榄无人机施肥、植保一体化

试验背景：2020 年洪门村油橄榄种植面积 6000 多亩，7 月蚧壳虫与炭疽病害爆发造成大面积落果，落果率达 60% 以上，在未达正常采收期情况下抢收，鲜果产量仅 145 吨。



地点：玉龙县鸣音镇洪门村 2 组

时间：2021 年、2022 年

试验面积：500 亩

完成时间：210 分钟 / 500 亩

地形：典型的干热河谷陡坡山地油橄榄种植

种植年限：10 年

种植模式：非连片密植

喷施次数：2 次

目的：补充叶肥、保叶保花保果，预防蚧壳虫、炭疽病

根据油橄榄的生长特性结合洪门村当地病虫害发生周期性，分别在油橄榄幼果前期、果实生长期和油脂转化前期各进行一次叶面肥、病虫害综合防控喷施。

根据 2021 年第一次实施油橄榄无人机施肥、植保一体化作业的过程与结果，在 2022 年总结了上一年度作业的经验，细化了无人机作业的各种要求与参数设置，并严格按照无人机

施肥、植保一体化作业的各项物候要求、参数设置进行 2022 年油橄榄肥、药喷施作业：



植保无人机.....>
针对核桃 油橄榄的药肥一体喷施



无人机作业时速度



确定作业飞行轨迹

2022 年油橄榄无人机施肥、植保作业后：
无人机施药作业前后效果对比



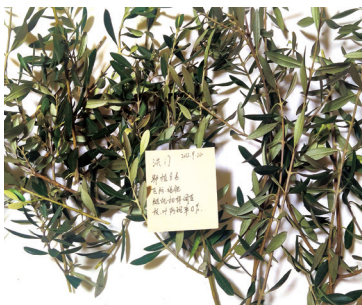
无人机作业前后蚧壳虫危害对比



人工防治与无人机作业后炭疽病情况对比



无人机施植保作业区炭疽病测查情况



2022 年洪门现场查验情况如下：

1. 试验区域果实上炭疽病斑低于 6%，炭疽病斑出现时间较 2020 年 7 月、2021 年 8 月发生降至 9 月中旬才有局部发生，现场无落果现象。对照未喷施山地油橄榄园，则炭疽病病斑果实为 48%，叶片病斑明显。

2. 试验区域内油橄榄枝条、叶片上未见蚧壳虫。
3. 试验区 10 年生鄂植 8 号山地油橄榄园，每亩 10 株，平均株产 50 kg，亩产 500 kg；对照未喷施同龄鄂植 8 号山地油橄榄园平均株产 20 kg 以下，亩产 200 kg 以下。
4. 经过无人机药、肥一体化喷施与“群防群治”，洪门种植区 2022 年鲜果产量 300 多吨，并可在正常采收期采收，每户增收 3000 余元。
5. 鲜果平均出油率达 16%~17%，出油率已达标。

案例二：核桃无人机施肥、植保一体化



地点：漾濞县白章村

时间：2021 年、2022 年

试验面积：500 亩

完成时间：180 分钟
/500 亩

地形：陡坡

种植年限：15 年

种植模式：散植、密植

喷施次数：2 次

目的：补充叶肥、保叶
促花保果，预防红蜘蛛、炭疽病。



2021 年 11 月 7 日漾濞白章村核桃落叶期同期对照



落叶晚有利于核桃冬季营养储存

效果：改善核桃落叶现象，红蜘蛛、炭疽病斑未见扩散



无人机施肥、植保前



无人机施肥、植保后

漾濞白章村核桃试验区通过 2021、2022 年两年开心形修剪、无人机施肥、植保等技术措施，试验区内亩产鲜果达 771.9 公斤，折合干果 193 公斤。超过对照 121.9%。

无人机施肥植保与人工施肥植保对比（无人机型：T15、T20、T30）

人工（单人）									
	天 数	树龄 (年)	面积 (亩)	数量 (棵)	用时 (小 时)	混合药液 总量(升)	混合亩 用药 (升)	费用（不 含药剂） 元	病害率
油橄榄	1	10	3	30	8	300	100	100	25%~40%
核桃	1	15	3	20	8	300	100	100	40%
无人机（单机）									
	天 数	树龄 (年)	面积 (亩)	数量 (棵)	用时 (小 时)	混合药液 总量(升)	混合亩 用药 (升)	费用（不 含药剂） 元	病害率
油橄榄	1	10	500	5000	3~4	500~600	1~1.2	6000~7500	8%
核桃	1	15	500	4000	3~4	450~500	0.8~1	6000~7500	4%



人工周期长，“群防群治”因种植区面积大使人工不足，病虫害易转移，达不到全面治理效果；无人机喷施作业时间短，大面积消杀快速全面，喷施药剂颗粒小，更利于作物快速吸收，同时干扰因素小，省工省力。

