

智慧农业中的无人机在农药喷洒中的应用研究

冯 伟

(陕西邮电职业技术学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:为探讨无人机喷洒技术在盐碱地区的应用效果,特别是其对藜麦生长、产量、病虫害控制和农药残留的影响,本研究通过设置无人机喷洒、传统喷洒和对照组三种试验对藜麦生长全周期下各指标进行监测。结果显示,无人机喷洒组的藜麦在生长指标上表现优异,平均株高和主径均高于其他两组。在产量方面,无人机喷洒组以3 150 kg/hm²的平均产量领先,较传统喷洒组和对照组分别提高约10.5%和20%。此外,无人机喷洒组的病虫害发生率和发生次数均低于其他两组,显示出更高的病虫害控制效率。农药残留方面,无人机喷洒组的残留量低于传统喷洒组,减少了对环境和食品安全的潜在风险。生物量和质量评估也表明,无人机喷洒组的藜麦生物量更大,籽粒质量更高。本研究为无人机技术在农药喷洒中的进一步应用提供了科学依据,并为盐湖农业的可持续发展提供了新的视角。

关键词:盐碱地区;无人机;农药残留;藜麦

中图分类号:S126

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2024)06-0059-06

Application of UAV in Pesticide Spraying within Smart Agriculture

FENG Wei

(Shaanxi Post and Telecommunication College, Xianyang 712000, China)

Abstract:To explore the effectiveness of UAV spraying technology in saline lake agriculture, particularly its impact on quinoa growth, yield, pest control, and pesticide residue, this study conducted a comprehensive assessment through setting up three experimental groups: UAV spraying, traditional spraying, and a control group. The results revealed that the UAV-sprayed quinoa exhibited superior growth metrics, with significantly taller average plant height and main stem diameter compared to the other two groups. In terms of yield, the UAV spraying group led with an average production of 3 150 kg/ha, which is approximately 10.5% and 20% higher than the traditional spraying and control groups, respectively. Additionally, the incidence and frequency of pest infestations in the UAV spraying group were lower than in the other groups, indicating a higher efficiency in pest control. Regarding pesticide residue, the amount in the UAV spraying group was significantly lower than that in the traditional spraying group, thereby reducing potential risks to the environment and food safety. Assessments of biomass and quality also demonstrated that the quinoa from the UAV spraying group had a larger biomass and higher seed quality. This research provides scientific evidence for the further application of UAV technology in agricultural spraying and offers a new perspective for the sustainable development of saline lake agriculture.

Key words: Saline lake agriculture; UAV; Pesticide Residue; Quinoa

随着人口增长和食品安全问题的凸显,全球范围内现代农业正面临着提高产量和效率的双重挑战。特别是在盐湖农业这一特殊领域,如何在盐碱土壤中实现高效种植成为关键的研究课题^[1]。盐湖农业区域由于其独特的土壤^[2]和环境

条件^[3],对作物的生长方式和管理策略提出了特殊要求^[4]。在这一背景下,智慧农业技术的发展,尤其是无人机(UAV)在农药喷洒中的应用展现出了优化资源利用和提高作物产量的巨大潜力,特别是在盐碱土壤条件下。研究表明,无人机喷洒可有效改善作物生长条件^[5],通过精确的农药和营养物质分布,减少资源浪费和环境污染。也有研究表明,使用无人机的农田比传统方法处理的区域拥有更低的病虫害发生率^[6]和农药残留量^[7]。此外,无人机在提高作物产量和质量的潜

收稿日期:2024-02-18

基金项目:陕西省教育厅一般专项科研计划项目(22JK0053、2022HZ1137)

作者简介:冯 伟(1985-),男,讲师,主要从事监测及分析、嵌入式系统设计研究。

力方面发挥着重要的作用,尤其是在受盐碱影响的土壤中。

传统的农药喷洒方法在盐湖农业中面临诸多挑战,包括劳动强度大、效率低下以及农药分布不均^[8]等问题。这些问题不仅影响作物的生长和产量^[9],还可能加剧对脆弱盐湖生态环境的破坏^[10]。相比之下,无人机喷洒技术以其高效率^[11]和精准度^[7],为盐湖农业提供了一种创新的解决方案。无人机能够快速覆盖广阔的盐湖田地,实现精确的农药施用,从而降低环境污染,提高作物的生长质量和产量^[12]。尽管无人机技术在农药喷洒中的应用受到了广泛关注^[13],但关于其在特殊环境下,如盐湖农业中的实际效果^[14]和适用性^[15],现有研究仍相对有限。当前研究主要集中在无人机技术的精确性和效率上,以及其在一般农业环境中对作物生长和产量的影响^[16]。此外,喷洒机制涉及精确控制喷头,以确保农药均匀分布在目标作物上,如使用先进的导航和定位技术(GPS和GIS等)来精确控制飞行路径和喷洒区

域,确保喷洒高效且精准。然而,针对盐湖农业这一特殊环境,特别是无人机喷洒技术在改善盐碱土壤条件^[17]、控制病虫害^[18]以及减少农药残留^[19]等方面的研究仍需深入探讨。

本研究旨在深入评估无人机在盐湖农业中的喷洒效果,特别是其对藜麦这一在盐碱土壤中具有重要经济价值的作物的影响。通过对无人机喷洒与传统喷洒方法的比较,探讨无人机技术在提高农药喷洒效率、减少农药使用量、改善作物生长条件以及提高产量方面的潜力。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

试验区域位于青海省海东市化隆回族自治县,该地区属于高原温带干旱气候,年均温度约为8.5℃,年降水量在380 mm左右,蒸发量较大,日照时间长,昼夜温差较大。该地区属于典型的盐湖农业区,以盐碱土为主,土壤呈轻微碱性,具有一定的肥力及盐分。试验区土壤特性参数见表1。

表1 试验区土壤特性

土壤类型	pH	有机质含量/%	全氮含量/%	有效磷含量/mg·kg ⁻¹	速效钾含量/mg·kg ⁻¹	土壤盐分/%
盐碱土	7.3	2.1	0.15	21	178	0.35

1.2 试验方法

藜麦因其耐盐碱、耐干旱^[20]以及高营养价值^[21]的特性,根据研究区土壤类型及特征,本研究选择藜麦作为主要的种植作物。试验区分为三组:无人机喷洒、传统喷洒和不喷洒(对照组),每组面积为0.33 hm²。选用耐盐碱的藜麦品种‘Oro de Valle’进行播种种植,种植密度为每平方米180粒种子,播种时间为2023年4月下旬,9月初收割。试验中,每组试验均每周灌溉一次,每次25~30 mm水深,并施用NPK复合肥料(15-15-15比例),施肥总量为250 kg/hm²,分两次施用。由于作物生长期有叶螨、飞虱、蚜虫、切叶虫等害虫^[22],藜麦生长期,无人机组和传统组均喷洒浓度为0.2%的吡虫啉,从藜麦生长初期开始喷(即播种后两周),以后每两周喷一次,持续整个生长期,以保持对病虫害的持续控制,喷洒量为300 L/hm²农药。无人机组使用无人机进行喷洒,传统组使用人工喷雾器喷洒农药,对照组不进行喷洒。试验期间,定期收集生长数据和产量信息,并在收割时检测农药残留量。

1.3 检测方法

使用卷尺和游标卡尺,从播种开始每周测量藜麦的株高和主径,以监控作物的生长状况(每个处理组中随机选择50株藜麦进行测量,以确保数据的代表性)。在收割季节,对每个处理组的藜麦进行产量统计,以确定不同喷洒方法对产量的影响。同时,从播种后一个月开始,每月进行一次病虫害检测,记录病虫害的发生情况,评估不同喷洒方法对病虫害控制的效果(每次调查在每个处理组选择30株藜麦)。采用液相色谱-质谱联用(LC-MS)技术对收割时的藜麦样品(每个处理组收集10个样本)进行吡虫啉残留量检测,以评估不同喷洒方法对吡虫啉残留水平的影响,样品处理、检测方法^[23]及步骤严格参照相关规范^[15]进行。

2 结果与分析

2.1 生长指标对比

本试验藜麦收割期为播种后第16周,共对生长指标进行为期16周的周密监测,监测了株高和

主径两项指标,分别代表了作物的垂直生长和茎部发育情况。藜麦收割时各组试验的株高统计结果见图1,主径结果见图2,生长期内株高及主径结果见图3(每组监测一次)。

从图1可知,无人机喷洒组的藜麦株高表现出显著的生长优势。从第四周开始,无人机喷洒组的平均株高超过其他两组,并在整个生长期中保持了这一优势。第16周无人机喷洒组的平均株高达到1.82 m,通过t检验,与传统喷洒组的1.75 m和对照组的1.68 m相比差异显著($P<0.05$),说明无人机喷洒可能通过更均匀和有效的农药分布,为作物提供了更有利的生长条件。

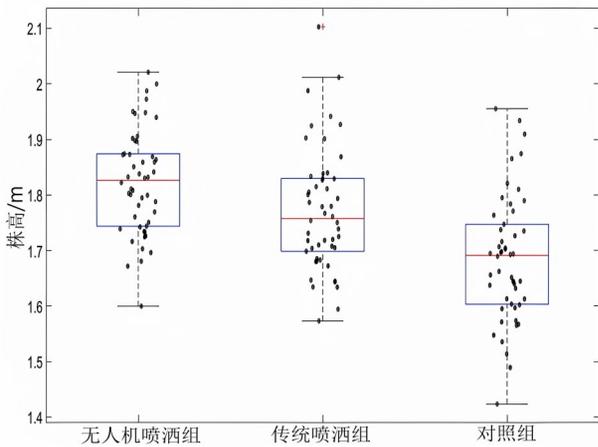


图1 收割时藜麦株高值

从图2可知,主径的统计结果也揭示了类似的趋势。虽然三组之间的差异不如株高显著,但无人机喷洒组的藜麦在整个生长周期中仍然表现出较强的主径发育。到试验结束时,无人机喷洒组的平均主径为1.4 cm,而传统喷洒组为1.35 cm,对照组为1.3 cm,方差分析(ANOVA)显示差异显著($P<0.05$)。这一差异表明,无人机喷洒技术可能促进了藜麦茎部的健康生长,这对于提高作物的整体生物量和抗逆性是有益的。

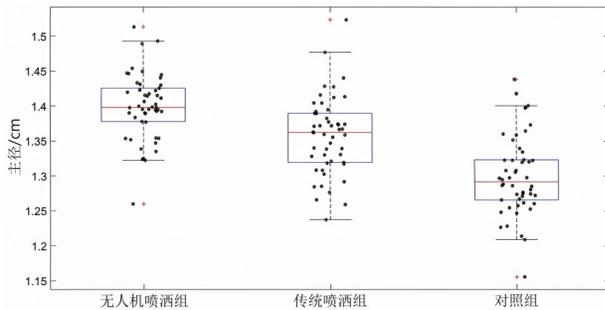


图2 收割时藜麦主径值

综合株高和主径的监测结果(图3),可以看出无人机喷洒技术在盐湖农业中的应用对藜麦的

生长有着积极的影响。这一发现对于盐湖农业尤为重要,因为在这种特殊的盐碱土壤和气候条件下,提高作物的生长速率和生物量对于提高产量和作物质量至关重要。

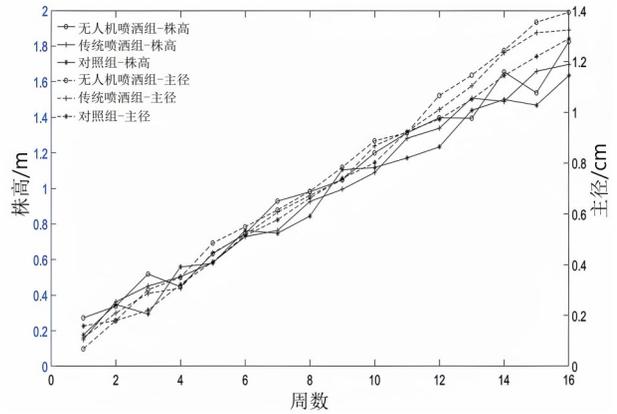


图3 监测期间各试验组藜麦株高及主径值

2.2 产量对比分析

由图4可知,无人机喷洒技术在提高作物产量方面表现出明显的优势,相较于传统喷洒组的2 850 kg/hm²和对照组的2 625 kg/hm²,无人机喷洒组的平均产量达到3 150 kg/hm²。为了更深入地理解无人机喷洒如何优化作物产量,本研究采用回归分析,评估喷洒方法与产量之间的相关性。回归分析结果显示,无人机喷洒与作物产量之间存在显著正相关($\beta=0.85, P<0.01$),无人机喷洒组的平均产量高于其他组。具体而言,无人机喷洒组的平均产量为3 150 kg/hm²,高于传统喷洒组的2 850 kg/hm²和对照组的2 625 kg/hm²,经统计分析证实差异具有显著性($F=6.21, P<0.05$)。说明无人机喷洒不仅提高了农药的施用效率,还可能通过更均匀的农药分布,为作物提供了更有利的生长条件,从而提高产量。

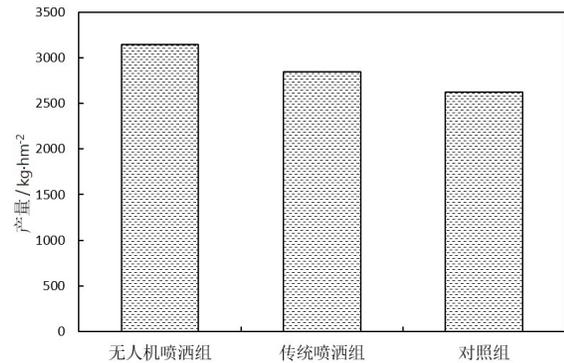


图4 不同试验组藜麦产量对比

传统喷洒组虽然在产量上低于无人机喷洒组,但仍然高于对照组。这表明即使是传统的喷洒方法,在一定程度上也能有效控制病虫害,从

而对产量产生积极影响。然而,与无人机喷洒相比,传统方法在农药分布的均匀性和施用效率方面存在一定的局限性。对照组的产量最低,这可能是由于缺乏有效的病虫害控制,导致作物生长受到了较大的影响。

2.3 病虫害发生情况

每月病虫害发生率及生长周期内病虫害发生次数分别见图5和图6。从图5可知,在每月的监

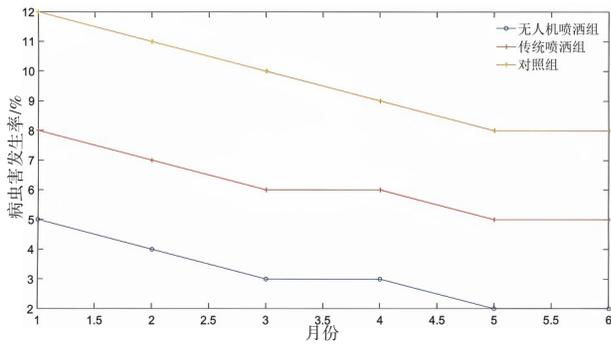


图5 每月病虫害发生率

测中,无人机喷洒组的病虫害发生率始终低于其他两组。卡方检验结果表明,无人机喷洒组与其他两组在病虫害发生率上的差异具有统计学显著性($\chi^2=4.56, P<0.05$),无人机喷洒组的病虫害发生率从种植初期的5%逐渐降至收割前的2%,传统喷洒组从8%降至5%、对照组从12%降至8%。这一结果表明,无人机喷洒能够更有效地控制病虫害,尤其在关键生长阶段。时间序列分析进一步揭示了无人机喷洒技术在关键生长阶段控制病虫害的效能,通过预测模型显示,无人机喷洒技术的应用能有效降低病虫害的发生概率,尤其在季节性病虫害高发期。

从图6可知,在整个生长周期的统计中,无人机喷洒组的病虫害发生次数明显低于其他两组。

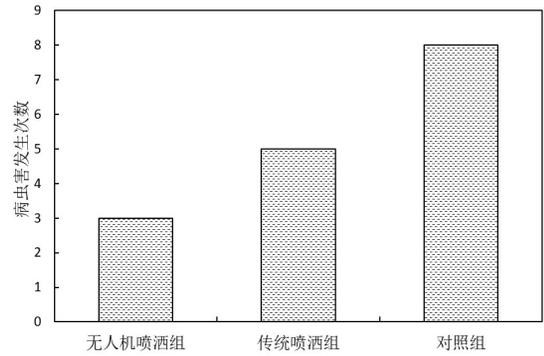


图6 生长周期内病虫害发生次数

总体而言,无人机喷洒组的病虫害发生次数为3次,传统喷洒组为5次,对照组为8次。这一差异进一步强调了无人机喷洒在持续控制病虫害方面的有效性。总体而言,无人机喷洒技术在盐湖农业中的应用对控制藜麦的病虫害具有显著的积极影响,因为在这种特殊的盐碱土壤和气候条件下,有效的病虫害管理对于保障作物健康生长和提高产量至关重要。无人机喷洒技术的高效率和精确性可能是实现有效控制病虫害的关键因素,特别是在面对季节性病虫害的高发期。

2.4 农药残留分析

使用液相色谱-质谱联用(LC-MS)技术对收割时的藜麦样品进行了定量分析,以评估不同喷洒方法对吡虫啉残留的影响,结果见图7。

从图7分析可知,无人机喷洒组的吡虫啉残留量整体低于传统喷洒组。最小二乘回归(PLSR)分析结果显示,无人机喷洒组与传统喷洒组在农药残留量上存在显著差异($VIP>1, P<0.05$),无人机喷洒组的平均吡虫啉残留量为0.05 mg/kg,低于传统喷洒组的0.08 mg/kg。对照组由于未进行吡虫啉喷洒,残留量检测结果接近于

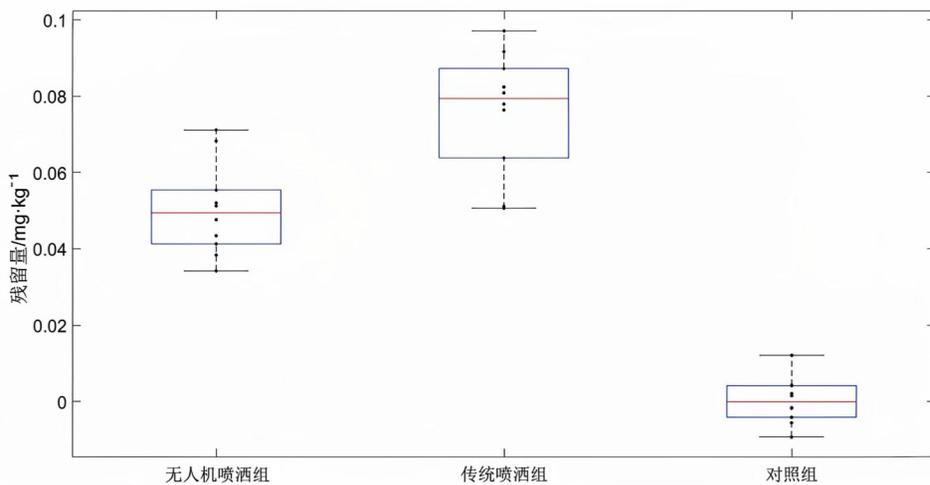


图7 不同试验组吡虫啉残留情况

零。说明无人机喷洒技术不仅提高了农药的施用效率,还可能通过更精确的喷洒控制,减少了农药残留。此外,无人机喷洒组的吡虫啉残留量波动较小,显示出较高的均匀性。相比之下,传统喷洒组的残留量波动较大,这可能是由于人工喷洒的不均匀性所导致的^[24]。因此,无人机喷洒技术在盐湖农业中的应用对减少农药残留具有显著的积极影响,对于推动农业生产方式向更加环保和可持续发展的方向发展具有重要意义。无人机技术

的高效率和精确性在现代农业中的应用,不仅提高了作物产量和质量,还有助于降低农药对环境和人类健康的潜在风险。

2.5 生物量及质量评估

试验对无人机喷洒组、传统喷洒组和对照组的藜麦进行生物量及质量评估。生物量主要通过干重来评估,质量则通过籽粒大小、颜色和整体健康状况来判断,各试验组藜麦籽粒大小对比结果见图8。

无人机喷洒组的藜麦在生物量方面表现出显

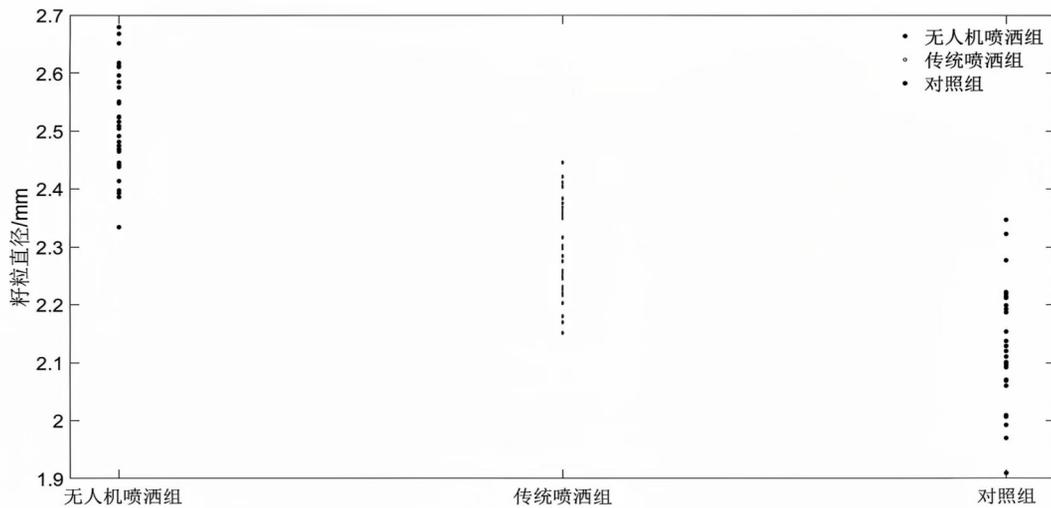


图8 不同试验组藜麦籽粒大小对比

著的优势,无人机喷洒组的平均干重为34.7 g/株,相较于传统喷洒组的29.6 g/株和对照组的25.3 g/株差异显著。说明无人机喷洒可能通过更均匀的农药分布和更有效的病虫害控制,为作物提供了更有利的生长条件,从而提高了生物量。在质量方面,通过高性能液相色谱(HPLC)技术对籽粒中的主要营养成分进行分析,并结合光谱学方法对籽粒颜色进行定量化评估。结果显示,无人机喷洒组的藜麦籽粒大小更均匀,颜色更鲜艳,整体健康状况更佳。通过对籽粒的详细观察和测量,发现无人机喷洒组的籽粒平均直径为2.5 mm,传统喷洒组为2.3 mm,对照组为2.1 mm。

3 讨论

尽管无人机喷洒技术在农业生产中显示了巨大潜力,特别是在提高作物管理效率和减少农药使用方面^[25],但其应用并非没有限制。首先,无人机技术的应用需要较高的初始投资,包括无人机本身的成本、操作和维护费用^[26]。这对于资源有限的小型农场主而言,可能是一个巨大的财务负担。此外,无人机的操作需要专业知识和技能,

特别是在遵守飞行安全规则和农药喷洒规范方面。这些要求增加了技术应用的复杂度,并可能限制其在农业生产中的普及。

从环境影响的角度来看,无人机喷洒技术虽然可以减少农药的总体使用量,但如果操作不当,也可能引起农药漂移,影响非目标区域,如水体、邻近的作物和野生生物栖息地^[27]。农药漂移不仅可能损害生态系统的多样性,还可能通过污染水源和食物链对人类健康构成间接威胁。因此,必须制定详细的操作指南和监管措施,以确保无人机喷洒技术的使用不会对环境造成不利影响。此外,应考虑到无人机喷洒技术对生物多样性的潜在影响。虽然目前的研究主要集中在技术的直接农业应用上^[28],但其对周边生态系统的长期影响仍需进一步研究。例如,频繁的无人机飞行可能干扰鸟类和其他飞行动物的自然行为模式,农药残留则可能影响土壤和水体中的微生物群落结构^[29]。最后,面对气候变化和环境退化的双重挑战,农业生产需求可持续、环境友好的解决方案。在这一背景下,无人机喷洒技术的发展和应遵循可持续发展的原则,通过持续的技

术创新和政策支持,最大限度地发挥其在现代农业中的积极作用,同时最小化其潜在的负面影响。因此,未来应更深入探讨无人机喷洒技术的生态影响,开发更精准的喷洒策略和技术,以及评估和优化技术应用的长期环境效益。同时,政府和行业组织应制定相应的政策和标准,引导技术的可持续发展。

4 结 论

本研究通过设置三组藜麦种植平行试验,采取控制不同的农药喷洒方式,从藜麦生长指标、产量、病虫害控制、农药残留情况及质量方面对其进行了详细的分析,结果表明:无人机喷洒组的藜麦平均株高为1.82 m,主径为1.4 cm,均高于传统喷洒组(株高1.75 m,主径1.35 cm)和对照组(株高1.68 m,主径1.3 cm);无人机喷洒组以3 150 kg/hm²的平均产量领先传统喷洒组和对照组;无人机喷洒方式具有更高的病虫害控制效率以及更低的农药吡虫啉残留量(平均0.05 mg/kg);无人机喷洒组的藜麦不仅生物量更大(平均干重34.7 g/株),而且籽粒质量更高(平均直径2.5 mm)。

参考文献:

- [1] 郑绵平,张永生,刘喜方,等.中国盐湖科学技术研究的若干进展与展望[J].地质学报,2016,90(9):2123-2166.
- [2] 白燕祥,王松博,国爽,等.青海柴达木盆地盐湖资源元素利用及研究现状[J].盐科学与化工,2023,52(3):1-6.
- [3] 石华,刘侃,安子怡.青海海西氯化物型卤水资源调研及利用[J].化学工程师,2018,32(4):67-69.
- [4] 雷成军,王耀,李良斌,等.不同地膜覆盖栽培对寒旱山区藜麦生长发育的影响[J].寒旱农业科学,2023,2(3):226-228.
- [5] 王笛,李玲玲.无人机施药与传统常量施药在小麦冠层的雾滴沉积规律[J].生物灾害科学,2024,47(1):119-124.
- [6] 徐广春,徐鹿,石伟山,等.植保无人机施药防治水稻病虫害的研究进展[J].江苏农业科学,2023,51(7):1-7.
- [7] 洪小丽,张语桐,王廷超,等.无人机遥感技术在农业中应用的发展对策研究[J].东北农业科学,2023,48(5):140-144.
- [8] 陈盛德,廖玲君,徐小杰,等.中国植保无人机及其施药关键技术的研究现状与趋势[J].沈阳农业大学学报,2023,54(4):502-512.
- [9] 闫成川,曲延英,陈全家,等.基于无人机多光谱影像的棉花SPAD值及叶片含水量估测[J].农业工程学报,2023,39(2):61-67.
- [10] 降云峰,马宏斌,白文斌.盐湖区农业资源条件及区域布局发展研究[J].山西农业科学,2013,41(2):191-193.
- [11] 张玥,尹文超,李建业,等.白洋淀微污染盐碱地区优质供水工程示范[J].净水技术,2021,40(11):133-138.
- [12] 宋恩泽,张颖,邵光成,等.基于无人机多光谱遥感的农业园区地物分类研究[J].江苏农业学报,2023,39(9):1862-1871.
- [13] 武文英,任丽媛,赵文霏,等.分散液液微萃取-悬浮固相-液相色谱法测定杂粮中的4种农药残留[J].分析科学学报,2020,36(2):240-244.
- [14] 李勇,李林,王峰,等.我国北方盐碱地区冬春灌盐分淋洗研究进展[J].中国农村水利水电,2022(11):71-76.
- [15] 王华威,陈文辉,陈升凡,等.基于低共熔溶剂的分散液液微萃取法测定茶饮料中68种农药残留[J].核农学报,2024,38(3):522-531.
- [16] 道寿樱.新型复合纳米材料的制备及在有机磷农药检测中的应用[J].当代化工,2023,52(6):1328-1331.
- [17] 刘静,周国华,尚巍,等.滨海盐碱地区海绵城市下凹式绿地建设若干技术探讨[J].环境科学与管理,2022,47(5):37-41.
- [18] 杨清如,李琳,刘续威,等.新鲜果蔬有机磷农药快速检测技术研究进展[J].当代化工,2019,48(12):2919-2924.
- [19] 杨惠娟,苏国权,赫英宇,等.烟草中农药残留检测前处理技术评估及应用效果[J].河南农业大学学报,2023,57(3):393-403.
- [20] 孔凡晶,郑绵平,张洪霞,等.盐湖农业及其发展战略研究[J].中国工程科学,2019,21(1):148-152.
- [21] 宋科,张贵香,李文豪,等.盐碱地适生作物良种创新推广现状、存在的问题及对策研究——以山东滨州国家农业科技园区为例[J].中国农村科技,2023(10):38-40.
- [22] 刘建国,朱云娜.运城市盐湖区现代农业发展现状及对策[J].现代农业科技,2015(6):294-296.
- [23] 郭家梁,孙畅,李倬林,等.纳米酶应用于农产品中有机磷农药残留检测技术进展[J].东北农业科学,2024,49(1):108-112.
- [24] 彭茂民,刘丽,胡西洲,等.荔枝中农药残留分布与膳食风险评估[J].湖北农业科学,2022,61(S1):319-323.
- [25] 叶树才,董易之,柳浩.植保无人机喷施纳米农药制剂对水稻害虫的防效研究[J].现代农业科技,2024(1):67-68.
- [26] 胡红岩,陈宇楠,宋贤鹏,等.植保无人机喷施纳米农药对棉花蚜虫的防治效果研究[J].云南农业大学学报(自然科学),2022,37(1):54-60.
- [27] 王莹,王莹,魏春雁.农药环境污染修复技术研究及应用进展[J].东北农业科学,2022,47(5):128-131.
- [28] 高梦圆,韩继良,冯晓春,等.基于农服平台的植保无人机任务分配与路径优化[J].华中农业大学学报,2023,42(3):250-259.
- [29] 郝子源,李欣泽,孟超,等.基于强化学习的植保无人机自适应施药决策系统[J].农业工程技术,2023,43(26):126.

(责任编辑:王 昱)