

◆ 开发与分析 ◆

植保无人飞机作业参数及喷雾助剂对马铃薯叶片上雾滴沉积分布的影响

马建雄^{1,2}, 赵峰², 石海春¹, 陈元辉¹, 冀钦陇¹, 李惠霞¹, 刘永刚^{1,2*}, 张海英^{2*}

(1. 甘肃农业大学植物保护学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 兰州 730070)

摘要:为明确利用植保无人飞机在马铃薯田进行飞防的最佳作业参数,研究了飞行参数和助剂等不同条件对马铃薯叶片上雾滴沉积分布的影响。结果表明,不同飞行作业参数下的雾滴沉积分布存在差异,当飞行速度为5 m/s、飞行高度为3 m时,叶片正反面雾滴覆盖率和雾滴覆盖密度均为最大值,叶片正面雾滴覆盖率和雾滴覆盖密度分别为2.13%和13.90滴/cm²,叶片反面分别为0.78%和3.77滴/cm²。在此条件下添加不同用量喷雾助剂,当助剂用量在3‰时,叶片正反面雾滴覆盖率和覆盖密度均最大,与对照有显著差异;其叶片反面覆盖率与助剂用量为2.5‰时存在显著差异,其叶片正面覆盖密度与助剂用量为2‰时存在显著差异。适量增加喷雾助剂能减少农药用量,本研究结果可为植保无人飞机在马铃薯上的应用提供参考。

关键词:植保无人飞机;马铃薯;作业参数;喷雾助剂;雾滴沉积

中图分类号[S 494] 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2023.03.011

Effect of Plant Protection UAV Operating Parameters and Spray Additives on Droplet Deposition Distribution on Potato Leaves

MA Jianxiong^{1,2}, ZHAO Feng², SHI Haichun¹, CHEN Yuanhui¹, JI Qinlong¹, LI Huixia¹, LIU Yonggang^{1,2*}, ZHANG Haiying^{2*}
(1. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to clarify the optimal operating parameters of plant protection UAV on application in potato field, the influence of different conditions on the distribution of droplet deposition on potato leaves was studied. The results showed that there were differences in the distribution of droplet deposition under different operating parameters, and when the flight height was 3 m and the flight speed was 5 m/s, the droplet coverage and droplet coverage density on the front and back sides of the blade were the maximum, with the front side of the blade of 2.13% and 13.90 drops/cm², and the reverse side of the blade of 0.78% and 3.77 drops/cm², respectively. Under the above condition, different dosages of spray additives were added. When the dosage of additives was 3‰, the droplet coverage and droplet coverage density were the maximum, and significantly different from the control, the coverage rate of 3.0‰ was different from the dosage of 2.5‰, and the coverage density of 3‰ was different from the dosage of additives 2‰. An appropriate increase in spray additives could reduce the amount of pesticides. The results could provide a reference for the application of plant protection UAV in potatoes.

Key words: plant protection UAV; potato; operating parameter; spray additive; droplet deposition

收稿日期:2023-02-27

基金项目:甘肃省农业科学院科研条件建设及成果转化项目(2021GAAS21);甘肃省农业科学院重点研发计划(2022GAAS15)

作者简介:马建雄(1993—)男,甘肃临夏人,硕士研究生,研究方向为资源利用与植物保护。E-mail:1336431760@qq.com

通信作者:刘永刚(1972—)男,甘肃定西人,博士,研究员,主要从事农药毒理与制剂加工研究。E-mail:liuyg@gsagr.ac.cn

共同通信作者:张海英(1978—),女,甘肃兰州人,硕士,副研究员,主要从事作物病虫害防治技术研究。E-mail:haiwazhang@gsagr.ac.cn

植保无人飞机飞防作业是一种高效减量的农药施用方式,近年来在我国得到大面积的推广应用。与传统的人工喷雾作业相比,可提高工作效率50~80倍,并能及时对农作物病虫害进行有效防治,避免贻误防治时机,造成严重损失^[1-3]。尤其在西北干旱或半干旱山区,人工喷雾需水量大,作业强度高,病虫害的防治一直以来都是个难题,植保无人飞机的应用,不仅节水还节省劳动力,得到越来越多的认可。农业农村部出台的化肥和农药使用零增长行动计划也提出了农药精确高效使用的要求,植保无人飞机已成为我国农业发展的必然趋势^[3-4]。

植保无人飞机施药作业过程中,其作业参数、喷雾助剂、喷头型号、气候环境都会影响雾滴沉积分布^[5-6]。相关研究表明,植保无人飞机的喷雾雾滴中25%会飘移到非靶标区域,对周边区域的生物和环境产生不良影响,添加助剂有助于解决无人飞机作业雾滴飘移问题^[7-9]。很多学者在无人飞机作业参数和雾滴沉积分布特性方面作了大量研究,郭祥雨等^[10]发现单旋翼油动无人飞机对高大乔木棕榈树作业时,最佳参数为喷头流量4.2 L/min、作业高度3 m、飞行速度3 m/s;余文胜等^[11]发现影响小型四旋翼农用植保无人飞机在水稻冠层雾滴沉积分布的因素主次顺序为作业速度、飞行高度、喷头流量;Huang等^[12]研究表明,植保无人飞机飞行参数的准确获取和飞行参数质量的准确评估对提高喷药效果和精度具有重要意义。何玲等^[13]通过对水稻冠层雾滴沉积分布的研究,发现助剂对雾滴沉积分布具有较好的作用。包斐等^[14]发现添加迈飞助剂,使用XR11001VS型号喷头、飞行速度3.0~3.8 m/s时,对鲜食玉米草地贪夜蛾的防治效果最佳。目前,植保无人飞机的应用越来越广泛,但有关马铃薯的飞防试验和相关文章鲜有报道^[15]。本试验采用双旋翼植保无人飞机从作业高度、飞行速度和喷雾助剂含量3个关键因素入手,研究其对雾滴沉积分布的影响,为植保无人飞机在马铃薯上的防治应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

极飞V40双旋翼植保无人飞机(搭载Super×4智能控制系统)、智能离心雾化喷头(60~400 μm雾化区间),广州极飞科技股份有限公司;雾滴测试卡,重庆市六六山下植保科技有限公司;扫描仪,爱普生(中国)有限公司;手持风速仪、温湿度计,广州市速为电子科技有限公司;高精度测亩仪,得力集

团有限公司。

迈飞助剂,北京光源益农化学有限责任公司。

供试马铃薯品种为‘冀张薯10号’。

1.2 试验方法

1.2.1 试验地概况

试验地位于甘肃省榆中县园艺场马铃薯试验地(104°07'E,35°49'N),海拔1 666 m,日照时间长,土壤为黄绵土,采用统一田间管理。2021年4月中旬播种,约3 500~4 000株/667 m²,地膜幅宽为80 cm,覆膜后垄面宽约为60 cm,垄距40 cm,垄高15~20 cm。每垄种两行,行距35~40 cm,株距33~35 cm。该试验地连续多年种植马铃薯,田间水利设施良好,排灌方便,试验区面积为0.42 hm²。

1.2.2 植保无人飞机飞防作业参数确定试验

本试验于2021年6月30日在甘肃省农业科学院榆中园艺试验场进行,试验时天气晴朗,气温为25.3℃,相对湿度为39%,风速小于2.1 m/s,试验设计为飞行高度(距离马铃薯植株冠层高度)和飞行速度的双因素完全随机试验,共9组处理组合,每组处理6次重复,具体作业参数组合如表1所示。

表1 不同飞防作业参数处理

处理	速度/(m·s ⁻¹)	高度/m
1	3	3
2	3	4
3	3	5
4	4	3
5	4	4
6	4	5
7	5	3
8	5	4
9	5	5

每组试验选择长势相同的马铃薯,参考国家植保无人飞机标准NY/T 3213—2018《植保无人飞机质量技术评价规范》进行测量^[16]。在马铃薯试验区随机选择6个样点,每个样点1株,并在其顶部选择1片长势良好,且保持每个样点叶片一致。将雾滴测试卡用订书机固定在采样点的马铃薯叶片正面和反面,植保无人飞机以不同的飞行参数作业结束后,收集雾滴测试卡并编号,保存在自封袋中,带回实验室,测定及计算雾滴覆盖率、体积中值直径、雾滴覆盖密度,确定最佳飞防作业参数。

1.2.3 喷雾助剂用量筛选试验

本试验于2021年7月15日进行,试验时天气晴朗,气温为26.3℃,相对湿度为41%,风速小于2.2 m/s。

试验过程中,植保无人飞机按1.2.2节筛选出的最佳飞行参数作业,添加不同用量的迈飞助剂,其中空白对照不添加助剂,共4组处理(表2),每组处理6次重复,设计单因素试验,测定及计算雾滴覆盖率、体积中值直径、雾滴覆盖密度。

表2 植保无人飞机喷雾助剂用量方案

处理	植保无人飞机用水量/ [L·(667 m ²) ⁻¹]	助剂用量占比/ ‰	小区实际用量/ mL
1	2	2	4
2		2.5	5
3		3	6
CK			

1.3 数据分析

试验结束后,雾滴测试卡采用爱普生V39扫描仪扫描和六六山下雾滴分析软件(V2.0)进行分析,可得出覆盖率、体积中值直径、雾滴覆盖密度等信息,采用Excel对数据进行初步整理,用DPS软件进

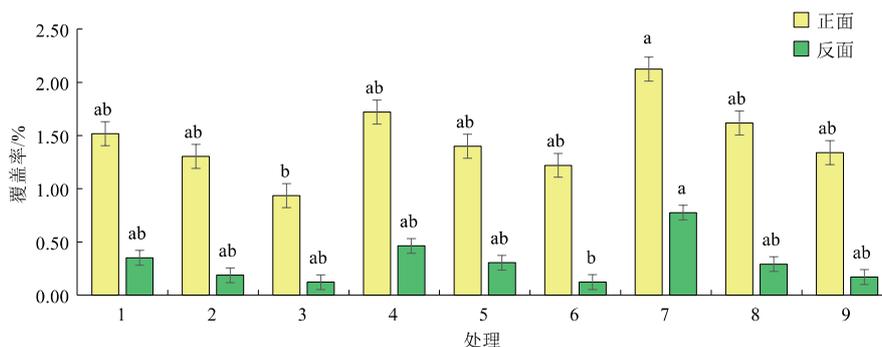
行单因素方差分析。

2 试验结果

2.1 植保无人飞机不同作业参数下药液雾滴在马铃薯上的沉积分布

2.1.1 对叶片正反面雾滴覆盖率的影响

在植保无人飞机不同的作业参数下马铃薯叶片的雾滴覆盖率具有差异,结果见图1。叶片正面雾滴覆盖率为0.94%~2.13%,叶片反面雾滴覆盖率为0.12%~0.78%,雾滴主要集中在叶片正面。在叶片正面处理7与处理3差异显著,且处理7的雾滴覆盖率最大,为2.13%;在叶片反面,处理7与处理6差异显著,且处理7的雾滴覆盖率最大,为0.78%。作业速度相同,飞行高度增加时,叶片正反面雾滴覆盖率呈现递减趋势。综上,马铃薯叶片正面和反面雾滴覆盖率最佳作业参数为处理7,即飞行速度为5 m/s,飞行高度为3 m。



注:同色填充柱上小写字母分别表示正(反)面不同处理间在0.05水平差异显著。下同。

图1 不同作业参数下植保无人飞机在马铃薯叶片上雾滴覆盖率

2.1.2 对叶片正反面雾滴体积大小的影响

植保无人飞机不同作业参数对叶片正反面雾滴粒径的影响结果见图2。叶片正面,体积中值直径

主要分布在160.10~194.14 μm;叶片反面主要分布在104.79~184.34 μm。叶片正面雾滴体积中值直径无显著性差异,叶片反面处理7和处理3显著高于处理6。

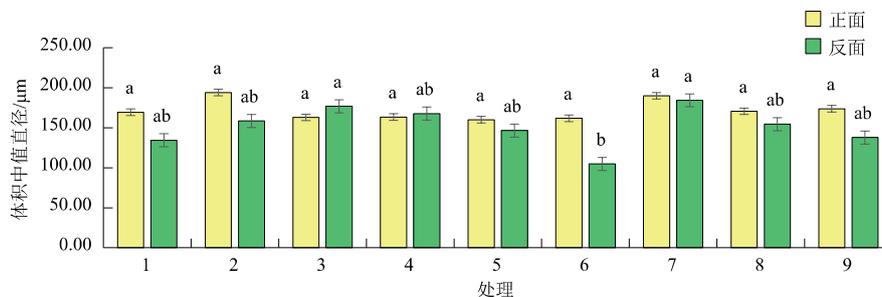


图2 不同作业参数下植保无人飞机在马铃薯叶片雾滴体积中值直径

2.1.3 对马铃薯叶片雾滴覆盖密度的影响

在不同的作业参数处理中,叶片正面雾滴覆盖密度存在显著差异,反面无显著差异,结果见图3。叶

片正面雾滴覆盖密度为6.03~13.90滴/cm²,叶片反面雾滴覆盖密度为0.97~3.77滴/cm²,雾滴主要集中在叶片正面。在叶片正面处理7与处理2、处理3差异显

著,且处理7的雾滴覆盖密度最大,为13.90滴/cm²;叶片反面无显著差异,但处理7的雾滴覆盖密度最大,为3.77滴/cm²。作业速度相同,飞行高度增加时,叶片

正面雾滴覆盖密度呈现递减趋势,叶片反面同样呈增减趋势。综上,马铃薯叶片正面和背面雾滴覆盖密度最佳作业参数为飞行速度为5 m/s,飞行高度为3 m。

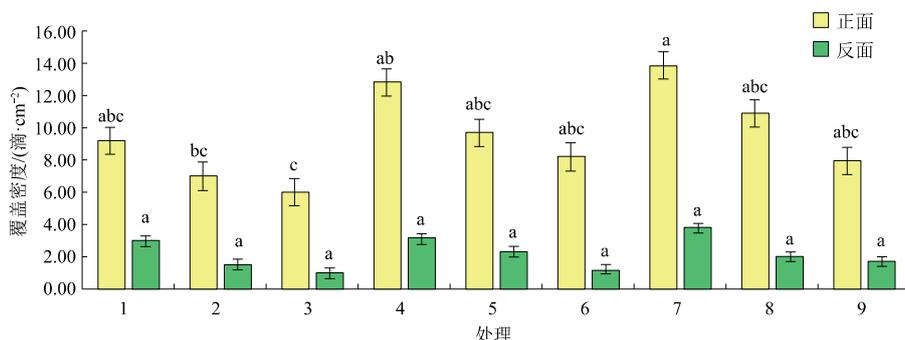


图 3 马铃薯叶片雾滴覆盖密度

2.2 喷雾助剂对雾滴沉积分布的影响

不同用量的喷雾助剂对马铃薯叶片正反面的雾滴沉积分布有显著性影响,如表3所示。助剂用量在3‰时,叶片正反面雾滴覆盖率和覆盖密度均与对照有显著差异,其叶片正反面覆盖密度与助剂用量2‰有显著差异,其叶片反面覆盖率与助剂用量2.5‰

有显著差异,且当助剂用量为3.0‰时,叶片正反面雾滴覆盖率最大,分别为4.34%和1.44%;叶片正反面覆盖密度最大,分别为25.56滴/cm²和17.17滴/cm²。

体积中值直径与对照组无显著差异,叶片正面主要分布在163.03~179.50 μm;叶片反面主要分布在157.51~176.92 μm。

表 3 不同用量喷雾助剂处理雾滴在马铃薯叶片上的沉积分布

助剂用量/‰	覆盖率/%		覆盖密度/(滴·cm ⁻²)		体积中值直径/μm	
	叶片正面	叶片反面	叶片正面	叶片反面	叶片正面	叶片反面
2.0	2.43 ± 0.66 ab	0.93 ± 0.19 ab	13.84 ± 3.24 b	8.67 ± 1.56 b	179.50 ± 7.99 a	162.06 ± 10.46 a
2.5	3.45 ± 0.72 ab	0.82 ± 0.12 b	21.28 ± 4.09 ab	10.76 ± 1.62 b	169.80 ± 9.32 a	160.66 ± 11.52 a
3.0	4.34 ± 0.71 a	1.44 ± 0.15 a	25.56 ± 3.92 a	17.17 ± 1.24 a	166.26 ± 7.51 a	157.51 ± 10.74 a
CK	2.13 ± 0.30 b	0.78 ± 0.28 b	13.90 ± 2.18 b	6.94 ± 2.48 b	163.03 ± 3.97 a	176.92 ± 11.25 a

注:同列数据后小写字母分别表示同一列不同处理在0.05水平差异显著。

3 讨论与结论

植保无人飞机在进行飞防作业过程中,由于作物枝叶的高低、大小、柔韧程度等自身生长特性,导致作业参数的需求不同。本试验结果显示,飞行速度为3~5 m/s,高度为3~5 m时,叶片正面雾滴体积中值直径主要分布在160.10~194.14 μm,叶片反面主要分布在104.79~184.34 μm,其中作业高度为3 m、速度为5 m/s时,叶片正反面雾滴体积中值直径差异均最小,分别为190.03、184.34 μm。Chen等^[17]报道了雾滴的穿透结果随着粒径的增大而增大,体积中值直径为185.09 μm的雾滴穿透结果最好,与本试验结果相似。

当飞行速度为5 m/s,飞行高度3 m时,雾滴覆盖率和覆盖密度均为最大值,叶片正面分别为2.13%和13.90滴/cm²,叶片反面分别为0.78%和3.77滴/cm²。

崔言省等^[18]探索了植保无人飞机技术在马铃薯病虫害防治上的可行性,发现飞行速度在2.5~5.5 m/s,飞行高度控制在2~3 m时,喷洒效果较为理想,作业过程中可根据地形等因素适当调整飞行参数,这与本试验结果相似。刘小谭等^[19]探索了植保无人飞机在马铃薯上的作业条件,发现飞行速度为2.0~3.0 m/s,飞行高度1.5 m时,作业效果更为理想,与本试验结果有所差异,原因可能是环境因素影响或者植保无人飞机型号不同。此外,作业速度相同,高度增加时,叶片正反面雾滴覆盖率和覆盖密度均呈现递减趋势,与Chen等^[17]的结果一致。综上,植保无人飞机飞行速度为5 m/s,飞行高度3 m时,马铃薯叶片雾滴覆盖率和覆盖密度均最大,雾滴沉积分布最均匀,作业效果最佳。

喷雾助剂是影响植保无人飞机雾滴沉积分布的重要因素,添加助剂可以改变农药溶液的理化

性质^[20]。本试验研究结果表明,体积中值直径与对照组无显著差异,叶片正面主要分布在163.03~179.50 μm;叶片反面主要分布在157.51~176.92 μm。迈飞助剂用量在3‰时,其叶片正面雾滴覆盖密度与2‰用量存在显著差异,叶片反面雾滴覆盖率与2.5‰用量存在显著差异。叶片正反面雾滴覆盖率最大值分别为4.34%和1.44%,覆盖密度最大值分别为25.56滴/cm²和17.17滴/cm²。陈奕璇等^[21]研究发现喷雾助剂增大了铺展系数从而减少了药液流失,可以改变药液理化性质,提升植保无人飞机的雾滴沉积分布和防治效果;张武云等^[22]发现增加适量的喷雾助剂可加强防治效果,更能发挥植保无人飞机的优点;胡中泽等^[23]研究发现,植保无人飞机添加喷雾助剂的防治效果优于未加喷雾助剂或减少药用量的处理,而且植保无人飞机添加喷雾助剂可显著增加雾滴沉积分布,本试验结果与上述结果一致。因此,飞防作业中添加3‰迈飞助剂可显著增加雾滴沉积分布,提高飞防作业的雾化效果。

本研究仅针对双旋翼植保无人飞机作业参数及喷雾助剂对马铃薯叶片上雾滴沉积分布的影响开展试验,针对其他机型无人机以及马铃薯病虫害的防效有待进一步研究。

参考文献

- [1] 肖迪,崔长春,贾建伟. 黑龙江省植保无人机应用现状及发展趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(3): 79-80; 89.
- [2] YANG S L, YANG X B, MO J Y. The application of unmanned aircraft systems to plant protection in China[J]. Precision Agriculture, 2018, 19(2): 278-292.
- [3] 董雪娟,许中怀,刘慧强,等. 小型植保无人机在水稻全程病虫害防治中的应用[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(S1): 47-48; 46.
- [4] 亓文哲,王菲菲,孟臻,等. 我国植保无人机应用现状[J]. 农药, 2018, 57(4): 247-254.
- [5] SIJS R, BONN D. The effect of adjuvants on spray droplet size from hydraulic nozzles[J]. Pest Management Science, 2020, 76(10): 3487-3494.
- [6] LIU Y P, XIZO Q G, HAN X Q, et al. Effect of aerial application of adjuvants on pepper defoliant droplet deposition and efficacy of defoliation sprayed by unmanned aerial vehicles[J]. Frontiers in

- Plant Science, 2022, 13: 1-14.
- [7] 许春枝,洪宜聪,罗宝仙,等. 不同助剂对无人机喷雾雾滴在竹林中沉降和飘移的影响[J]. 世界竹藤通讯, 2022, 20(6): 42-48.
- [8] 王潇楠,何雄奎,宋坚利,等. 助剂类型及浓度对不同喷头雾滴飘移的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(22): 49-55.
- [9] 陈吟,齐浩亮,张龙,等. 大田环境中不同助剂和喷头对无人机喷洒雾滴分布和漂移的影响[J]. 华南农业大学学报, 2020, 41(6): 50-58.
- [10] 郭祥雨,薛新宇,秦维彩,等. 植保无人飞机作业参数对棕榈树雾滴沉积的影响[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(6): 35-40.
- [11] 余文胜,郑文钟,洪一前,等. 植保无人飞机作业参数对水稻冠层雾滴沉积分布影响研究[J]. 现代农机, 2021(1): 29-32.
- [12] HUANG X, DONG X Y, MA J, et al. Evaluation and experiment of flight parameter quality of the plant protection UAV based on laser tracker[J]. Agriculture, 2021, 11(7): 1-17.
- [13] 何玲,王国宾,胡韬,等. 喷雾助剂及施液量对植保无人飞机喷雾雾滴在水稻冠层沉积分布的影响[J]. 植物保护学报, 2017, 44(6): 1046-1052.
- [14] 包斐,韩海亮,徐红星,等. 植保无人飞机喷雾参数组合对鲜食玉米草地夜蛾防效的影响[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(10): 51-56.
- [15] 蒙艳华,周国强,吴春波,等. 我国农用植保无人飞机的应用与推广探讨[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(S1): 33-39.
- [16] 曲桂宝,薛新宇,刘燕,等. NY/T 3213—2018 植保无人飞机质量评价(一)技术规范 农业行业标准实施情况与分析[J]. 农机质量与监督, 2022(4): 25-26.
- [17] CHEN SH D, LAN Y B, ZHOU ZH Y, et al. Effect of droplet size parameters on droplet deposition and drift of aerial spraying by using plant protection UAV[J]. Agronomy, 2020, 10(2): 195.
- [18] 崔言省,刘东刚,王炜,等. 无人机植保技术在马铃薯病虫害防治中的应用[J]. 农业工程技术, 2022, 42(30): 25-26.
- [19] 刘小谭,林川尧,邓佳,等. 植保无人飞机防治马铃薯晚疫病可行性试验[J]. 现代农业科技, 2021(7): 97; 100.
- [20] 许春枝,洪宜聪,罗宝仙,等. 不同助剂对无人机喷雾雾滴在竹林中沉降和飘移的影响[J]. 世界竹藤通讯, 2022, 20(6): 42-48.
- [21] 陈奕璇,石鑫,覃贵亮,等. 植物油助剂Aero-mate 320对植保无人飞机稻田低容量喷雾沉积利用率的提升效果及其机理分析[J]. 植物保护学报, 2021, 48(3): 510-517.
- [22] 张武云,李天娇,靳彦卿,等. 不同器械施药对小麦蚜虫的防效及农药利用率研究[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(10): 83-87.
- [23] 胡中泽,王安,钱巍,等. 植保无人飞机结合助剂在小麦赤霉病防治中的农药减量研究[J]. 金陵科技学院学报, 2019, 35(2): 53-56.

(责任编辑:金兰)

农业农村部发布企业重点实验室名单

为进一步强化企业科技创新主体地位,加快培育涉农科技领军企业,根据产业发展新形势新要求和企业发展新进展新变化,布局一批农业农村部企业重点实验室。经各省(区市)农业农村部门组织申报并组织评审后,遴选出151家农业农村部企业重点实验室,公示截止日期为2023年6月5日。

(来源:农业农村部)