

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4156—2022

外来入侵杂草精准监测与变量 施药技术规范

Technical specifications of accurate monitoring & variable
spraying for alien invasive weed

2022-07-11 发布

2022-10-01 实施



中华人民共和国农业农村部 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由农业农村部科技教育司提出并归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、农业农村部农业生态与资源保护总站。

本文件主要起草人：付卫东、张国良、宋振、孙玉芳、王忠辉、刘龙、张宏斌、李垚奎、陈宝雄、黄宏坤、郭朝贺、田平。

外来入侵杂草精准监测与变量施药技术规范

1 范围

本文件规定了利用无人机技术对外来入侵杂草进行精确监测和变量施药的技术和方法。
本文件适用于利用无人机对农田、湿地、草地、水域等生境外来入侵杂草精准监测与防控。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 4285 农药安全使用标准
- GB/T 8321 农药合理使用准则
- GB/T 14950 摄影测量与遥感术语
- CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求
- MH/T 1069 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范
- NY/T 3213 植保无人飞机质量评价技术规范

3 术语定义

GB/T 14950 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人机低空遥感 UAV low-altitude remote sensing

利用无人机搭载不同类型的传感器，飞行高度 ≤ 120 m，结合遥感技术快速获取地物信息的方法。

3.2

精准监测 accurate monitoring

通过无人机搭载光学成像设备，获取监测区域内外来入侵杂草的空间位置、种类等信息。

3.3

施药网格 spraying grid

依据植保机的作业参数设定施药的基本单元。在同一施药单元用统一施药量，不同施药单元间施药量可以不同。

3.4

施药处方图 pesticide application prescription map

根据无人机搭载成像设备获取的入侵杂草监测数据，通过云端服务器进行数据处理与模型识别，获得外来入侵杂草在监测区内的分布信息，结合植保机施药精度按一定网格模板生成标注施药位置和施药量的分布图。

3.5

变量施药 variable spraying

根据精准监测的入侵杂草空间分布及发生程度，确定不同施药网格的施药量。

4 总体流程

包括无人机低空遥感监测、监测数据的上传、数据处理与分析、模型识别、生成监测图、生成施药处方图、施药处方图下载、植保机变量施药。总体流程图见附录 A。

5 精准监测

5.1 监测数据采集

5.1.1 监测无人机

用于监测的无人机除应符合 T/CCAATB—0001 的相关规定,还应符合下列要求:

- a) 工作环境温度:0℃~40℃;
- b) 最大上升速度 ≥ 5 m/s;
- c) 最大下降速度 ≤ 3 m/s;
- d) 最小水平飞行速度 ≥ 50 km/h;
- e) 最小搭载重量 $\geq 1\ 000$ g;
- f) 遥控器控制距离 $\geq 5\ 000$ m;
- g) 飞行续航时间 ≥ 15 min/次;
- h) 最大抗风等级 ≥ 4 级;
- i) 使用 ≥ 4 个旋翼的无人机。

5.1.2 成像设备

无人机搭载的成像传感器参考以下技术参数:

- a) 蓝光:中心波长 450 nm~475 nm,光谱带宽 20 nm~40 nm;
- b) 绿光:中心波长 550 nm~570 nm,光谱带宽 20 nm~40 nm;
- c) 红光:中心波长 660 nm~670 nm,光谱带宽 10 nm~40 nm;
- d) 红边光:中心波长 720 nm~740 nm,光谱带宽 10 nm~20 nm;
- e) 近红外光:中心波长 790 nm~840 nm,光谱带宽 20 nm~40 nm;
- f) 光感传感器应有自行校准功能;
- g) 视场角:50°~75°为宜;
- h) 总像素应 $\geq 2 \times 10^6$ pixel;
- i) 工作环境温度: -10℃~40℃。

5.1.3 飞行条件

5.1.3.1 环境要求

- a) 作业环境应符合 MH/T 1069 的相关规定;
- b) 作业时应符合 MD-TM-2016-004 的相关规定;
- c) 作业环境应避让斜拉索等障碍物;
- d) 作业区域应选择开阔环境,远离人群、畜群,周围无高大建筑物,避免全球卫星导航系统(GNSS)信号遮挡;
- e) 作业区域及附近应避开高压线、通信基站或发射塔等,避免电磁干扰;
- f) 作业区域周围应远离机场、军警单位或其他航空管制区域。

5.1.3.2 监测作业要求

- a) 雪天、雨天、雾天(可见距离 ≤ 800 m)不宜飞行;
- b) 空气湿度 $\geq 90\%$ 、风速 ≥ 5 m/s 时不宜飞行;
- c) 海拔应 $< 4\ 000$ m;
- d) 地形坡度应 $\leq 45^\circ$ 。

5.1.4 监测数据采集

- a) 进行数据采集作业时应符合 CH/Z 3001 的规定;
- b) 无人机操作人员应符合 AC-61-FS-2018-20R2 的规定;
- c) 选择在监测对象最容易被发现的生育期(如营养生长期、花期)进行监测;
- d) 空间分辨率 ≤ 25 cm/pixel;

- e) 航线间重叠率 $\geq 60\%$;
- f) 航线方向重叠率 $\geq 60\%$ 。

5.2 数据传输

- a) 监测数据传输须在传输有效期内完成,数据传输有效期的计算方法见附录 B;
- b) 监测数据传输有效期应 ≤ 5 h。

5.3 数据处理与识别

5.3.1 光谱数据库及服务系统的建立

- a) 采集入侵杂草不同生育期(苗期、营养生长期、花期、果实期)的光谱数据;
- b) 建立入侵杂草全生育期光谱图像数据库,搭建数据服务系统;
- c) 数据服务系统架构见附录 C。

5.3.2 数据处理与识别

对监测数据进行影像拼接、校正、转换、裁剪等处理,利用识别模型(人工智能),结合全生育期光谱数据库服务系统,进行精准识别。

5.4 监测结果

- a) 提供入侵杂草的监测矢量图;
- b) 提供统计监测报表见附录 D 中的 D.1,包括监测总面积、物种名称、发生面积、发生斑块数、发生程度(%)等;
- c) 监测总面积和发生面积的计算方法见 D.3。

5.5 生成施药处方图

- a) 根据监测图的识别结果,获取入侵杂草的区域分布空间位置及发生程度;
- b) 对入侵杂草发生点及发生程度进行标注,创建入侵杂草施药处方图;
- c) 施药处方图以网格形式生成,规定了每个施药网格的空间位置以及施药量的多少;
- d) 网格施药量单位可以是百分号(%),亩用量(g 有效成分/亩);
- e) 网格模板尺寸应控制在 3 m(含)~7 m(含)内为佳;
- f) 处方图的格式支持标准 GeoTIFF 和 Shapefile 格式。

5.6 识别精准度评价

- a) 利用召回率(R , Recall)评价对监测对象识别的准确度;
- b) 利用虚警率(F_{alarm})评价对监测对象在所识别目标中错误目标的比例;
- c) 召回率应 $\geq 85\%$,虚警率应 $\leq 5\%$;
- d) 计算公式见附录 E。

6 变量施药

6.1 施药处方图下载

下载施药处方图,将数据传输于植保机控制系统。

6.2 施药植保无人机

6.2.1 作业环境与飞行条件

变量植保无人机作业环境与飞行条件应符合 MH/T 1069 的规定。

6.2.2 变量植保无人机

- a) 根据入侵杂草特点、作业环境及作业量选择适宜变量植保无人飞机,质量应符合 NY/T 3213 的要求;
- b) 施药作业安全应符合 T/NANTEA—0013 的规定;
- c) 操作人员应符合 AC-61-FS-2018-20R2 的规定;
- d) 作业时应符合 MD-TM-2016-004 的相关规定。

6.2.3 施药作业条件

根据气象预报安排植保无人机施药作业,应考虑以下气象因素:

- a) 风力和风向。采取侧向风施药或迎风施药,风速应 <5 m/s;
- b) 云高。云高 $>1\ 000$ m,无雷雨云;
- c) 能见度。水平能见度 $>5\ 000$ m;
- d) 温度。最适喷药时气温为 $24\ ^\circ\text{C}\sim 30\ ^\circ\text{C}$,当气温超过 $35\ ^\circ\text{C}$ 时应暂停作业;
- e) 湿度。空气湿度应 $\geq 60\%$,空气湿度应 $<60\%$ 时,不宜施药;
- f) 降雨。内吸型农药在施药期间 $5\ \text{h}\sim 12\ \text{h}$ 、一般化学农药 $24\ \text{h}$ 、生物农药 $48\ \text{h}\sim 72\ \text{h}$ 内没有降雨才能作业。

6.2.4 变量施药

- a) 作业用药应选择安全、高效、低残留农药,符合 GB 4285、GB/T 8321 的要求;
- b) 差分定位系统精度以控制到厘米级为佳;
- c) 变量效果空间匹配度:决定系统(R2)应 $>80\%$;
- d) 喷幅宽度以 $3\ \text{m}$ (含) $\sim 7\ \text{m}$ (含)为宜;
- e) 雾化颗粒 $250\ \mu\text{m}\sim 400\ \mu\text{m}$ 为宜;
- f) 飞行速度控制在 $4\ \text{m/s}\sim 6\ \text{m/s}$ 为宜;
- g) 喷洒高度:距目标植物顶端 $1\ \text{m}\sim 3\ \text{m}$ 为宜;
- h) 施药量精度误差应 $<5\%$ 。

6.3 效果评价

6.3.1 防治效果评价

选择药效评价对植保无人机施药防治效果进行评价,计算方法见附录 F 中的 F.1。

6.3.2 安全性评价

作业结束后,在 $5\ \text{d}\sim 15\ \text{d}$ 内,对作业区内作物及周边临近区域内的其他作物的安全性进行评价,观察有无枯斑、黄化、白化、退绿、矮化等药害症状。作物药害安全等级划分见 F.2。

6.3.3 节药效果评价

采用施药整体节药率对植保机变量节药效果进行评价,计算方法见 F.3。

附录 A
(资料性)
总体流程

外来入侵杂草精准监测与变量施药总体流程如图 A. 1。

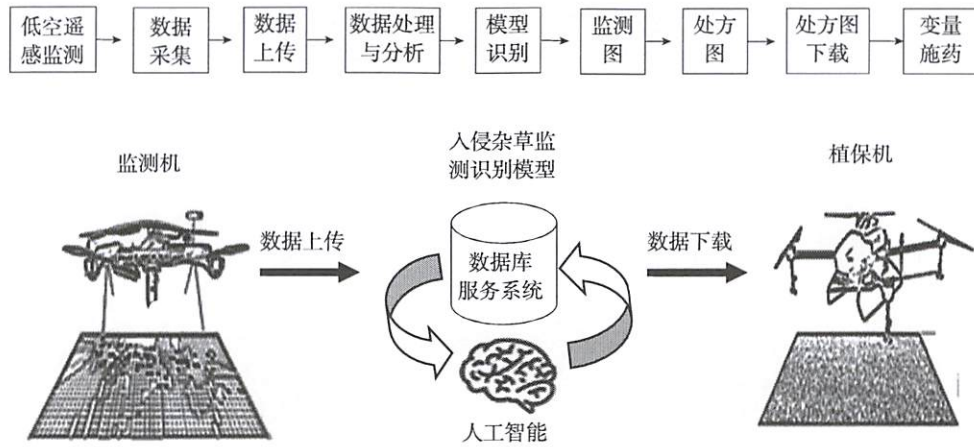


图 A. 1 总体流程

附录 B
(资料性)
数据传输有效期计算

数据传输有效期按公式(B.1)计算。

$$T_{\text{indate}} = T_0 + T_{\text{transmit}} + T_{\text{analysis}} + T_{\text{spray}} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- T_{indate} —— 数据有效期；
- T_0 —— 数据采集完毕时点；
- T_{transmit} —— 数据传输时长；
- T_{analysis} —— 数据分析时长；
- T_{spray} —— 调派植保无人机执行施药时长。



附 录 C
(资料性)
数据库服务系统架构

外来入侵杂草全生育期数据库服务系统架构如图 C.1。

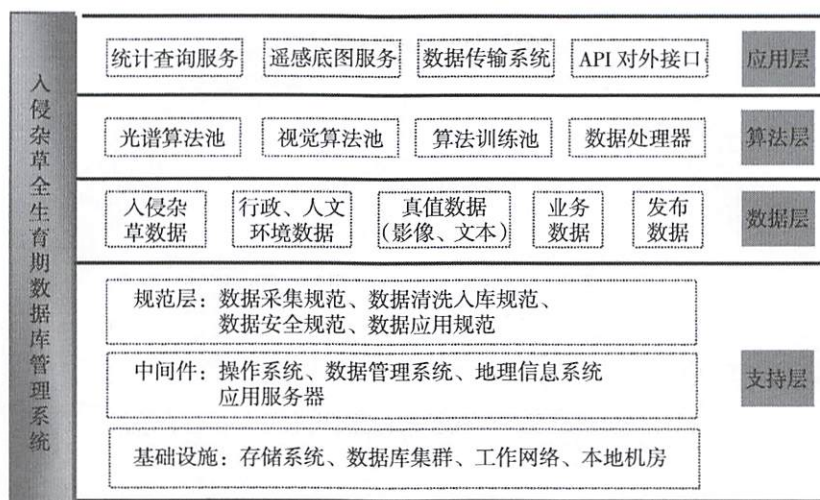


图 C.1 外来入侵杂草全生育期数据库服务系统架构

附录 D
(规范性)
监测数据报表格式

D.1 外来入侵杂草监测数据报表

见表 D.1。

表 D.1 入侵杂草监测数据报表

基础信息						
监测时间: _____ 年 _____ 月 _____ 日		_____ 省 _____ 市(盟) _____ 县(市、区、旗)		_____ 乡(镇)/街道 _____ 村		报表编号: _____
经纬度: E _____ N _____		调查人: _____		职务/职称: _____		海拔: _____ m
监测单位: _____		电话: _____		电子邮件: _____		
生境类型	监测总面积,亩	物种名称	发生面积,亩	发生斑块数	发生程度, %	备注
合计						

D.2 斑块

斑块是指在监测区内,外来入侵杂草发生相对均质的非线性区域。发生斑块示意图如图 D.1。

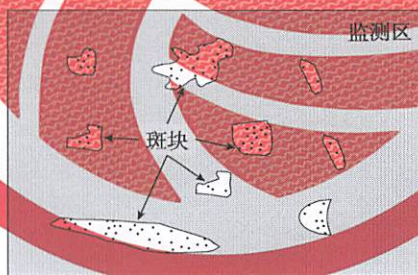


图 D.1 发生斑块示意图

D.3 监测面积、发生面积的计算方法

按公式(D.1)~公式(D.3)计算。

$$S_{\text{监测面积}} = \text{监测图总像素} \times \text{像素点面积} \dots\dots\dots (D.1)$$

$$S_{\text{斑块面积}} = \text{斑块总像素} \times \text{像素点面积} \dots\dots\dots (D.2)$$

$$S_{\text{发生面积}} = S_{\text{斑块1}} + S_{\text{斑块2}} + S_{\text{斑块3}} + \dots\dots + S_{\text{斑块n}} \dots\dots\dots (D.3)$$

注:像素点面积由无人机监测时设定的空间分辨率确定。

附 录 E
(资料性)
识别精准度评价

E.1 召回率

按公式(E.1)计算。

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \times 100 \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

R —— 召回率；

TP —— 被正确识别的目标数目；

FN —— 被识别为非目标的目标数目。

E.2 虚警率

按公式(E.2)计算。

$$F_{\text{alarm}} = \frac{FP}{TP + FP} \times 100 \dots\dots\dots (E.2)$$

式中：

F_{alarm} —— 虚警率；

FP —— 被识别为目标的非目标数目；

TP —— 被正确识别的目标数目。

附录 F
(资料性)
施药效果评价

F.1 药效评价

按公式(F.1)、公式(F.2)计算。

$$\Delta INF = INF_{\text{after}} - INF_{\text{before}} \dots\dots\dots (F.1)$$

$$E_{\text{effect}} = \frac{\Delta INF_{\text{control}} - \Delta INF_{\text{experiment}}}{\Delta INF_{\text{control}}} \times 100 \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：

- ΔINF —— 危害程度变化量；
- INF_{before} —— 施药前危害程度；
- INF_{after} —— 施药后危害程度；
- E_{effect} —— 药效,单位为百分号(%)；
- $\Delta INF_{\text{control}}$ —— CK 前后危害程度变化量；
- $\Delta INF_{\text{experiment}}$ —— 变量作业区域作业前后危害程度变化量。

F.2 作物药害安全等级

见表 F.1。

表 F.1 作物药害安全等级

级别	药害症状
0	无症状
I	作物生长正常,无任何受害症状
II	作物轻微药害,药害少于 10%
III	作物中等药害,以后能恢复,不影响产量
IV	作物药害较重,难以恢复,造成减产
V	作物药害严重,不能恢复,造成明显减产或绝产

F.3 整体节药率

按公式(F.3)计算。

$$F_{\text{save}} = \frac{A \times N - \sum_j^C \sum_i^R a_{i,j}}{A \times N} \times 100 \dots\dots\dots (F.3)$$

式中：

- F_{save} —— 整体节药率,单位为百分号(%)；
- A —— 均匀施药情况下,每个施药网格理论施药量,单位为升(L)；
- N —— 施药网格个数；
- C —— 施药网格总列数；
- R —— 施药网格总行数；

- i ——单一施药网格的行号；
 j ——单一施药网格的列号；
 $a_{i,j}$ ——变量模式下,每个施药网格的实际施药量,单位为升(L)。
-

中华人民共和国
农业行业标准
外来入侵杂草精准监测与变量施药技术规范
NY/T 4156—2022

* * *

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区麦子店街18号楼)
(邮政编码:100125 网址:www.ccap.com.cn)

北京印刷一厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

* * *

开本 880mm×1230mm 1/16 印张 1 字数 20千字
2022年8月第1版 2022年8月北京第1次印刷
书号:16109·9020
定价:32.00元

版权专有 侵权必究
举报电话:(010) 59194261



NY/T 4156—2022