

ICS
CCS

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

双孢菇自动化采摘作业质量评价规范

Specification for quality evaluation of automatic picking operation of
mushroom bisporus

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国农业机械工业协会
中国农业机械学会 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》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的提出和发布单位不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业机械工业协会和中国农业机械学会联合提出。

本文件由中国农业机械工业协会归口。

本文件起草单位：河南科技大学，龙门实验室，第一拖拉机股份有限公司，中国农业机械化科学研究院集团有限公司，北京市农林科学院智能装备技术研究中心，中国农业大学，洛阳智能农业装备研究院有限公司，河南省农业科学院农业经济与信息研究所，河南农业大学，奥吉特生物科技股份有限公司，洛阳菰田农业开发有限公司。

本文件主要起草人：马淏、崔宏伟、李倩文、王琳、赵博、安晓飞、赵凯旋、李寒、高颂、李保忠、姬江涛、金鑫、李保忠、李国强、李连豪、李政伟、周利明、张开、贺智涛、郭紫阳、李泽金。

本文件为首次发布。

双孢菇自动化采摘作业质量评价规范

1 范围

本文规定了双孢菇自动化采摘作业质量评价的术语和定义、范围、一般要求、质量要求、检验规则和评价方法等内容。

本文适用于双孢菇自动化采摘作业规范及质量评价。

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，仅该日期的对应版本适用于本文件；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/T 36239-2018 特种机器人术语

GB/T 20721-2022 自动导引车 通用技术条件

GB/T 20339-2006 农业拖拉机和机械 固定在拖拉机上的传感器联接装置技术规范

GB/T 10396-2006 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 安全标志和危险图形总则

GB/T 14048.15-2006 低压开关设备和控制设备 第 5-6 部分：控制电路电器和开关元件 接近传感器和开关放大器的 DC 接口（NAMUR）

DB32/T 797-2005 双孢蘑菇生产技术规程

NY/T 1790-2009 双孢蘑菇等级规格

3 术语和定义

GB/T 36239-2018 界定的以及下列术语和定义适用于本文件

3.1

双孢菇采摘机器人 **Mushroom picking robot**

由桁架式行走机构、图像采集装置、蘑菇收集装置、末端执行器等组成，通过对软件操作能够实现双孢菇采摘机器人识别成熟双孢菇并自主完成所识别双孢菇采摘作业的采摘机器人。

3.2

识别准确率 **identification accuracy**

在采摘区域内符合采摘要求且识别准确双孢菇数量占采摘区域内达到采摘要求双孢菇总数的百分比。

3.3

采摘成功率 **picking success rate**

双孢菇采摘成功数量占符合采摘要求且识别准确双孢菇数量的百分比。

3.4

采摘速度 **picking speed**

完成一次采摘所用的时间，是指采摘机器人识别到成熟的双孢菇后，从末端执行器开始执行采摘、放置双孢菇到收集筐，这一系列动作完成所用的时间。

3.5

采摘精度 **picking error**

采摘机器人识别出成熟双孢菇的位置与末端执行器执行采摘位置的差值。

3.6

采摘产出率 **picking yield rate**

在采摘成功中的双孢菇，肉眼可见完好无损的双孢菇数量占采摘区域内达到双孢菇总数的百分比。

3.7

漏检率 **missed rate**

在采摘区域内符合采摘要求但未被检测到的双孢菇数量占采摘区域内达到采摘要求双孢菇总数的百分比。

3.8

错检率 **error detection rate**

干扰目标被检测为双孢菇的个数占采摘区域内视觉系统检测到双孢菇总数的百分比。

3.9

采摘损伤率 **picking serious damage rate**

肉眼可见损伤双孢菇数量占双孢菇采摘成功数量的百分比。

4 一般要求

4.1 多电机协同控制能力

采摘机器人在采摘作业中应具有多电机协同控制能力，提高采摘效率。

4.2 安全性能要求

采摘机器人应满足 GB/T 20721-2022 安全要求，并满足以下要求：

4.2.1 警报装置与安全标志

在采摘机器人周围安装探测传感器和警报装置，传感器联接装置应符合 GB/T 20339-2006 的规定，并在双孢菇种植室明显的位置设置安全标志，安全标志应符合 GB/T 10396-2006 的规定。

4.2.2 急停报警信息

采摘机器人运动方向极限位置安装限位开关，防止采摘机器人在复位以及作业运动过程中过量运行损坏设备。限位开关传感器的使用应符合 GB/T 14048.15-2006 的规定。

4.3 可靠性能要求

4.3.1 复位

采摘机器人没有在零位，系统上电初始化，设备自动恢复到零位并且消除急停报警信息，清零可变参数。

4.3.2 首次故障

采摘机器人首次故障（轻微故障除外）前平均工作时间应不少于 20 小时。

5 作业质量要求

双孢菇采摘机器人采摘作业质量指标应符合表 1 的规定。

表 1 采摘作业质量指标

序号	项目名称	质量指标要求	检测方法对应的条款号
1	识别准确率	$\geq 93.2\%$	6.3
2	采摘成功率	$\geq 96.34\%$	6.4
3	严重损伤率	$\leq 4.65\%$	6.5

4	采摘产出率	$\geq 87.79\%$	6.6
5	漏检率	$\leq 4.95\%$	6.7
6	错检率	$\leq 2.15\%$	6.8
7	指标	指标要求	
8	额定速度	采摘机器人在种植架轨道上负载运行的额定速度不小于 1.2m/s	
9	采摘速度	采摘机器人成功完成采摘一个双孢菇的动作时间应不大于 3.5s	
10	采摘精度	采摘机器人的采摘误差精度不大于 5mm	

6 检测方法

6.1 试验条件和准备

6.1.1 依据行业标准 DB32/T 797-2005 的规定培育双孢菇，并能调控双孢菇种植室的环境条件。

6.1.2 双孢菇子实体长出后，对成团菌菇做疏菌处理，将严重粘连菌菇剔除。

6.1.3 在菇床上取 4 块不同采摘区域进行采摘试验，每块采摘区域长 1.5 米，宽为菇架宽。

6.1.4 设置采摘机器人扫描速度为 0.1m/s，选取夹爪夹力 15N。

6.1.5 依据行业标准 NY/T 1790-2009，选定成熟双孢菇采摘直径为 $\geq 35\text{mm}$ ，允许误差为 5%。

6.1.6 试验的环境条件见表 2。

表 2 试验环境条件

环境条件	指标
环境温度	17℃
相对湿度	90%RH
二氧化碳浓度	1500ppm
大气压力	75kPa~120kPa

6.2 试验方法

分别记录各个采摘区域内达到采摘要求的双孢菇总数量 n ，符合采摘要求且识别成功双孢菇数量 n_1 ，双孢菇采后放入到采摘收集框内数量 n_2 ，采摘到的有肉眼可见损伤的双孢菇数量 n_3 、以及每块采摘区域采摘所花费时间。试验后分别计算双孢菇识别准确率 r_{de} 、采摘成功率 r_{su} 、双孢菇严重损伤率 r_{da} 、采摘产出率 r_{ou}

及采摘速度（采摘区域内双孢菇采摘及装框所需总时间与采摘个数比值），试验结果取平均值。

6.3 识别准确率

以双孢菇识别准确率为指标考察采摘机器人图像识别的精准性，双孢菇识别准确率 r_{de} 为

$$r_{de} = \frac{n_1}{n} \times 100\% \text{ ----- (1)}$$

式中：

r_{de} -----可采摘区域内，视觉系统识别双孢菇的准确率；

n_1 -----为符合采摘要求且识别准确双孢菇数量；

n -----采摘区域内达到采摘要求双孢菇总数量。

6.4 采摘成功率

以双孢菇采摘成功率为指标考察双孢菇采摘机器人采摘稳定性，采摘成功率 r_{su} 为

$$r_{su} = \frac{n_2}{n_1} \times 100\% \text{ ----- (2)}$$

式中：

r_{su} -----可采摘区域内，采摘机器人的采摘成功率；

n_2 -----双孢菇采后放入到采摘收集框内数量；

n_1 -----为符合采摘要求且识别准确双孢菇数量。

6.5 严重损伤率

双孢菇采摘严重损伤率为指标来考察双孢菇采摘机器人采摘可靠性，双孢菇采摘严重损伤率 r_{da} 为

$$r_{da} = \frac{n_3}{n_2} \times 100\% \text{ ----- (3)}$$

式中：

r_{da} -----双孢菇严重损伤率；

n_3 -----双孢菇采摘机器人采到的有肉眼可见损伤的双孢菇数量；

n_2 -----双孢菇采后放入到采摘收集框内数量。

6.6 采摘产出率

双孢菇采摘机器人采摘产出率 r_{ou} 为

$$r_{ou} = r_{de} \times r_{su} \times (1 - r_{da}) \text{ ----- (4)}$$

式中：

r_{ou} -----双孢菇采摘机器人采摘产出率；

r_{de} -----可采摘区域内，视觉系统双孢菇识别准确率；

r_{su} -----可采摘区域内，采摘机器人采摘成功率；
 r_{da} -----双孢菇严重损伤率。

6.7 漏检率

漏检是影响机器视觉识别准确率的主要因素之一，漏检率 r_{md} 为

$$r_{md} = \frac{n_{11}}{n} \times 100\% \text{-----} \quad (5)$$

式中：

r_{md} -----双孢菇采摘机器人的漏检率；
 n_{11} -----符合采摘要求但漏检的双孢菇数量；
 n -----采摘区域内达到采摘要求双孢菇总数量。

6.8 错检率

错检率是影响机器视觉识别准确率的主要因素之一，错检率 r_{fd} 为

$$r_{fd} = \frac{n_{12}}{n} \times 100\% \text{-----} \quad (6)$$

式中：

r_{fd} -----双孢菇采摘机器人的错检率；
 n_{12} -----在检测到的双孢菇中，干扰目标被检测为双孢菇的数量；
 n -----采摘区域内达到采摘要求双孢菇总数量。

7 评价方法

7.1 采摘作业质量指标分类

按照章节 6 检测指标对采摘作业质量影响程度，划分为 A 类和 B 类，采摘作业质量指标的分类见表 3。

表 3 采摘作业质量分类表

不合格分类		项目名称
类	项	
A	1	识别准确率
	2	采摘成功率
	3	严重损伤率
	4	采摘产出率
B	5	漏检率
	6	错检率
	7	额定速度
	8	采摘速度
	9	采摘精度

7.2 评价规则

对所有采摘作业质量指标进行逐项检测，A类全部合格，B类不多于1项不合格，则判定双孢菇采摘机器采摘作业质量合格。出现其余情况判定为不合格。
