

ICS 65.060.50
CCS B91

团体标准

T/CAAMM XXXX—202X/T/NJ XXXX—202X

植物工厂 叶菜采收机器人

Plant factory — Leaf vegetable harvesting robot

(公示稿)

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》给出的规定起草。

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机构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、华南农业大学、中国农业机械化科学研究院集团有限公司、广东弘科农业机械研究开发有限公司、珠海益品农业科技有限公司。

本文件主要起草人：马义东、金鑫、辜松、赵博、周利明、牛康、刘霓红、刘厚诚、解晓琳、张超、王焕昆、刘国维、欧娟爱、李惠玲、牟英辉、徐灿、胡鹏展、张印、齐翀。

本文件为首次发布。

植物工厂 叶菜采收机器人

1 范围

本文件规定了植物工厂叶菜采收机器人的术语与定义、产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于采收植物工厂中生菜、菠菜等叶菜的机器人，设施园艺叶菜采收机器人可参照使用。

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 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件

GB/T 9480-2001 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 使用说明书编写规则。

GB/T 12643 机器人与机器人装备 词汇

GB/T 13306-2011 标牌

GB/T 25110.1-2010 工业自动化系统与集成 工业应用中的分布式安装 第1部分：传感器和执行器

GB/T 36007 锄草机器人通用技术条件

GB/T 38244-2019 机器人安全总则

GB/T 39405 机器人分类

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

叶菜采收机器人 leafy vegetable harvesting robot

一种能够利用机器视觉等传感技术自动感知植物工厂叶菜形状、尺寸等物理特征参数，并控制末端执行装置实现叶菜根茎切割、收集等作业的可编程智能装备。

[来源：GB/T 39405-2020,3.2，有修改]

3.2

叶菜传感装置 leafy vegetable sensing device

用于感知叶菜形状、尺寸（株高、叶展）、位置等特征参数的装置。

注：如机器视觉、激光等传感器。

[来源：GB/T 36007-2018,3.12，有修改]

3.3

叶菜采收控制系统 control system for leafy vegetable harvesting

一套具有逻辑编程功能，能够实现叶菜采收机器人传感装置、控制器和末端执行机构之间通信的控制系统。

[来源：GB/T 12643-2013,2.7,有修改]

3.4

叶菜采收扶持装置 **holding device for leafy vegetable harvesting**

安装于叶菜采收机器人末端通过夹持、聚拢等作业方式，实现叶菜扶持的机械装置。

3.5

叶菜根茎切割装置 **root or stem cutting device for leafy vegetable**

用于切除叶菜根系或茎部的装置。

3.6

叶菜收集装置 **leafy vegetable collection device**

用于摆放切割后叶菜的装置。

3.7

叶菜采收机器人作业效率 **working performance of leaf vegetable harvesting robot**

叶菜采收机器人采收一株叶菜所用的时间。

注：单位为秒每株。

3.8

叶菜采收成功率 **leafy vegetable harvesting success rate**

叶菜采收机器人成功完成采收作业的样本数占机器人采收作业总样本数的百分比。

3.9

叶菜识别成功率 **identifying success rates of leafy vegetable**

正确识别叶菜样本数占叶菜总样本数的百分比。

3.10

叶菜尺寸识别误差率 **identification error rate of leafy vegetable size**

叶菜传感装置识别计算叶菜尺寸（株高、叶展）误差值与真实值的比值。

3.11

叶菜采收损伤程度 **harvesting damage degree of leafy vegetable**

叶菜采收机器人完成采收作业后，单株叶菜中损伤菜叶的质量占该单株叶菜总质量的百分比。

注：损伤指菜叶上出现挤压损伤、撕裂损伤等机械损伤。

3.12

叶菜采收损伤比 **leafy vegetable damage rate of harvesting**

叶菜采收损伤程度大于10%的叶菜数量与采收叶菜总数量的比值。

4 产品分类

4.1 按机械臂形式可分为：

- a) 直角坐标系叶菜采收机器人；
- b) 多关节叶菜采收机器人。

4.2 按切割部位可分为：

- a) 叶菜切茎采收机器人；

b) 叶菜切根采收机器人。

4.3 按行走方式可分为：

- a) 自走式叶菜采收机器人；
- b) 非自走式叶菜采收机器人。

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 叶菜采收机器人应按照经规定程序批准的图样及技术文件制造。
- 5.1.2 叶菜采收机器人传感器的选用和安装应符合GB/T 25110.1的5.4中给出的规定。
- 5.1.3 叶菜采收机器人所采用的机电产品及电子元器件的质量指标应符合GB/T 5226.1的4中给出的相关要求。
- 5.1.4 叶菜根茎切割装置能够切除叶菜根系或茎部。
- 5.1.5 叶菜传感装置应能识别叶菜物理特征参数和位置参数。
- 5.1.6 叶菜采收控制系统可控制叶菜采收扶持装置根据叶菜传感装置信息，执行采收扶持作业。
- 5.1.7 叶菜采收扶持装置应能稳定抓取叶菜，并保证叶菜根茎切割装置作业中叶菜稳定。

5.2 安全要求

- 5.2.1 叶菜采收机器人机械及电气设备应安全可靠，其安全技术要求应符合 GB/T 38244 的 5-9 中给出的要求。
- 5.2.2 叶菜采收机器人保证操作人员在按照制造厂商配套使用说明书操作及保养时没有危险。
- 5.2.3 叶菜采收控制系统应有隔热防潮等保护措施，并上贴醒目的防触电安全标志，开关、操作按钮、触摸屏等处应有中文或符号标明用途。
- 5.2.4 叶菜采收机器人应具备急停功能，急停按钮应设置在醒目位置并优先于机器人的所有功能。手动复位急停按钮后叶菜采收机器人可恢复作业。
- 5.2.5 自走式叶菜采收机器人应具备自动导航避障系统，机身传感器应能感测周围1 m以内的障碍物并报警，报警时机器人应处于停止状态，报警解除后恢复自动导航。

5.3 性能要求

叶菜采收机器人的作业性能指标应符合表 1 的规定。

表1 作业性能指标

序号	项目名称	性能指标	检测方法对应的条款号
1	叶菜采收机器人作业效率	≤ 5 s/株	3.7
2	叶菜采收成功率	$\geq 90\%$	3.8
3	叶菜识别成功率	$\geq 90\%$	3.9
4	叶菜尺寸识别误差率	$\leq 10\%$	3.10
5	叶菜采收损伤程度	$\leq 10\%$	3.11
6	叶菜采收损伤比	$\leq 5\%$	3.12

5.4 可靠性

采用平均无故障工作时间（MTBF）及平均修复时间（MTTR）作为衡量可靠性的指标，具体数值由产品标准规定。一般MTBF不小于4 000 h，MTTR不大于24 h。

5.5 使用说明书

使用说明书的编制应符合 GB/T 9480-2001 的规定。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 操作人员应经过技术培训及专业知识考核，并按照说明书要求正确进行操作。

6.1.2 试验开始之前叶菜采收机器人应在稳定的环境下开机预热 5 min 以上。

6.1.3 试验的环境条件见表 2。

表2 试验环境条件

环境条件	范围
相对湿度	≤90%
环境温度	5℃-45℃

6.2 试验设备要求

水准仪、游标卡尺、电子计时器、温度计等检测用仪器、设备等应经过计量检验或校准。

6.3 一般要求检测

6.3.1 对5.1.1-5.1.3中的要求进行逐项人工检查。

6.3.2 对5.1.4-5.1.7中的要求，调试叶菜采收机器人后，进行逐项人工检查。

6.4 安全要求检测

对5.2中安全要求进行逐项人工检测。

6.5 叶菜采收机器人作业效率测定

调试叶菜采收机器人达到作业条件后，启动叶菜采收机器人，空载运行300 s进行预热。每次测试作业时间不低于1800 s，按式（1）计算叶菜采收机器人作业效率，测量3次取平均值作为测定结果。

$$H = \frac{T_c}{N_c} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

H ——叶菜采收机器人作业效率，单位为秒每株；

T_c ——作业时间，单位为秒（s）；

N_c ——作业时间内采收叶菜数量，单位为株。

6.6 叶菜采收成功率测定

叶菜机器人将叶菜从种植盘中完整脱离，并最终将叶菜完整地放置于叶菜收集装置，视为采收成功，每次测试作业时间不低于 30 min，按式（2）计算采收成功率。测定 3 次取平均值作为测定结果。

$$S = \frac{N_f}{N} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

S ——采收成功率，%；

N_f ——作业时间内成功采收叶菜数，单位为株；

N ——作业时间内采收叶菜数，单位为株。

6.7 叶菜识别成功率测定

正确识别叶菜并进行采收作业为视为识别成功，叶菜样本不少于100株，在满足指标要求作业效率下对样本内叶菜进行识别。按式（3）计算识别成功率：

$$S_i = \frac{N_s}{N_y} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

S_i ——叶菜识别成功率，%；

N_s ——叶菜识别成功样本数，单位为株；

N_y ——叶菜识别样本数，单位为株。

6.8 叶菜尺寸识别误差率测定

通过叶菜传感装置计算所得叶菜株高、叶展等尺寸参数，通过人工测量的方法获取叶菜真实尺寸，按式（4）计算叶菜尺寸识别误差率。

$$A_i = L_i \times 50\% + H_i \times 50\% = \frac{|l_c - l_a|}{l_a} \times 50\% + \frac{|h_c - h_a|}{h_a} \times 50\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

A_i ——叶菜尺寸识别误差率，%；

L_i ——叶展识别误差率，%；

H_i ——株高识别误差率，%；

l_c ——叶菜传感装置计算所得叶菜的叶展尺寸，单位为毫米（mm）；

l_a ——人工测量所得叶菜叶展的真实值，单位为毫米（mm）；

h_c ——叶菜传感装置计算所得叶菜的株高尺寸，单位为毫米（mm）；

h_a ——人工测量所得叶菜株高的真实值，单位为毫米（mm）。

注：用与尺寸误差相适应的量具进行人工尺寸测量

6.9 叶菜采收损伤程度测定

对采收后的叶菜进行随机抽样，测量各单株叶菜的质量。人工判定单株叶菜中采收损伤的菜叶，并将损伤菜叶剥除。测量各单株叶菜中损伤菜叶的质量。按式（5）计算叶菜采收损伤程度。

$$S_c = \frac{C_s}{C_z} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

S_c ——叶菜采收损伤程度，%；

C_s ——单株叶菜损伤菜叶的质量，单位为克（g）；

C_z ——单株叶菜总质量，单位为克（g）。

6.10 可靠性试验

按产品标准的规定进行。

7 检验规则

7.1 出厂检验

产品出厂前应经检验部门按5.1、5.2、5.4检验合格，并附有产品合格证方能出厂。

7.2 型式检验

7.2.1 检验时机

检验时机有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如产品结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产，按周期进行型式检验；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 国家质量技术监督机构提出进行型式检验要求时；
- f) 用户提出进行型式检验的要求时。

7.2.2 抽样方法

抽取的样机应是抽样前12个月内生产的合格产品。抽样母体量不少于5台，样品不少于1台，采用随机抽样方法。在销售部门抽样时，母体量不受此限。

7.2.3 检验项目分类

型式检验项目应覆盖标准中的全部检验要求。按照检测项目对叶菜采收机器人质量的影响程度，分为A类和B类，检测项目分类见表3。

表 3 检验项目分类表

分类	项	检验项目	对应本标准条款
A	1	安全要求	5.1
	2	叶菜采收机器人作业效率	5.3
	3	叶菜采收成功率	5.3
	4	叶菜采收损伤比	5.3
B	1	基本要求	5.2
	2	叶菜识别成功率	5.3
	3	叶菜尺寸识别误差	5.3
	4	叶菜采收损伤程度	5.3

7.2.4 判定规则

对所有检测项目进行逐项检测，A类全部合格，B类不多于1项不合格，则判定叶菜采收机器人合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 在产品的明显位置应设置能永久保持的标牌，并符合 GB/T 13306 的规定，标牌的内容至少包括以下内容：

- a) 产品的型号、名称及产品标准编号；
- b) 产品主要技术参数；
- c) 制造国、企业名称及详细地址；
- d) 制造日期及出厂编号。

8.2 每台叶菜采收机器人上的明显位置应标注制造厂商标或标志。

8.3 叶菜采收机器人出厂装运时，对附件、备件、工具及运输中必须拆下的零部件，应进行分类包装、标识，应保证叶菜采收机器人（包括备件、附件和随机工具）在正常运输中不致发生损坏和丢失。

8.4 出厂的每台叶菜采收机器人应按照产品技术文件的规定配齐全套备件、附件和随机工具，随同出厂的每台叶菜采收机器人至少应提供下列文件：

- a) 使用说明书；
- b) 零件目录（零件图册）；
- c) 合格证和保修单；
- d) 备件、附件和随车工具清单；
- e) 三包凭证。

8.5 叶菜采收机器人运输过程应保证不发生损坏或备配件丢失的现象。

8.6 在干燥、通风的仓储条件下，制造厂应保证叶菜采收机器人及其备件、附件、随机工具的防锈，有效期自出厂之日起不少于12个月。