

团 体 标 准

T/CAMA 129—2025

设施番茄采摘机器人果实识别性能测试 方法

Test method for fruit recognition performance of tomato picking robot in facilities

2025 - 05 - 07 发布

2025 - 07 - 01 实施

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业机械化协会提出并归口。

本文件起草单位：中国农业大学、苏州博田自动化技术有限公司、中国农业机械化科学研究院集团有限公司、上海交通大学。

本文件主要起草人：李伟、张俊雄、袁挺、王瑞雪、张天雪。

本文件为首次制定。

设施番茄采摘机器人 果实识别性能测试方法

1 范围

本文件规定了设施番茄采摘机器人果实识别性能测试要求和测试方法等。

本文件适用于连栋温室内番茄采摘机器人（以下简称为“采摘机器人”）果实识别率和果实成熟度识别准确率测试，其他设施内的番茄采摘机器人可参照执行。

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，仅该日期对应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。

NY/T 2970 连栋温室建设标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

番茄采摘机器人 tomato picking robot

用于番茄选择性自动采摘的一种农业机器人。

3.2

垄间导轨 ridge guide rail

连栋温室内番茄种植垄之间供采摘机器人等设备行驶的导轨。

3.3

单果采摘 single tomato picking

番茄的一种采摘模式，以单个番茄为单位进行采摘，也简称为单采或粒采。

3.4

整串采摘 string tomato picking

番茄的一种采摘模式，以整串番茄为单位进行采摘，也简称为串采。

3.5

成熟度 maturity

番茄外观颜色达到采摘标准的程度，分为成熟和未成熟两个等级。

3.6

果实识别率 fruit recognition rate

采摘机器人在作业过程中，对测试区中所有番茄的识别准确率。

3.7

成熟度识别准确率 maturity recognition accuracy

采摘机器人在作业过程中，对测试区中所有识别到的番茄进行成熟度判别的准确率。

4 测试要求

4.1 测试项目

果实识别性能测试项目包括果实识别率和果实成熟度识别准确率两项内容。

4.2 设施条件

连栋温室应按NY/T 2970的要求建设，且满足以下要求：

a) 单副垄间导轨长度不小于40 m，坡度不大于1.5%；

- b) 垄间距为1 400 mm ~ 2 000 mm;
- c) 垄间可供采摘机器人通行的无障碍通道宽度不小于800 mm。

4.3 环境条件

测试应在白天进行，且测试场所满足以下条件：

- a) 设施内无明显阴影处的光照度不低于1000 Lx；
- b) 温度为15 ℃ ~ 35 ℃；
- c) 相对湿度为40% ~ 90%。

4.4 种植条件

连栋温室内番茄采用栽培槽、吊蔓式栽培，且进入采摘期。成熟番茄距离地面高度为800 mm ~ 1 600 mm。

5 性能测试方法

5.1 测试前准备

5.1.1 被测设备准备及周边环境检查

在测试开始前应做好被测设备的准备及周边环境的检查，包括：

- a) 对采摘机器人进行充电，达到额定电压；
- b) 采摘机器人应进行5 min ~ 10 min的预热运转，确保达到正常工作状态；
- c) 检查采摘机器人行驶路线周边环境，确保无障碍。

5.1.2 测试区准备

随机挑选相邻两垄长势正常的番茄，从两垄中相对的两侧各选取20 m的区域作为测试区，并要求测试区的端头距离番茄垄的端头3 m以上。

测试区内的番茄应位于采摘机器人作业的高度范围内。

5.1.3 测试人员的准备

负责番茄成熟度人工判定的人员应经过成熟度判定的培训且具备正确判定的能力。

5.2 性能指标测试、记录和计算

5.2.1 果实识别率测试

根据单果采摘或整串采摘的需要，由2名以上具备成熟度判定能力的人员对测试区内的番茄逐个(串)进行成熟度判定，取各人判定结果的均值分别记为成熟番茄的数量 T_{mature} 与未成熟番茄的数量 T_{immature} ，则测试区域内的总测试番茄数为 $T_{\text{total}} = T_{\text{mature}} + T_{\text{immature}}$ 。要求每一侧测试区内成熟的番茄不少于30个(串)，未成熟番茄不少于10个(串)。如果采摘高度范围内未成熟番茄不足10个(串)，允许临时调整吊蔓高度以增加未成熟番茄数量。

启动采摘机器人，设定机器人的行驶速度(需在测试结果中标明)，使其沿垄间导轨前进并开始识别一侧测试区内的番茄。采摘机器人对识别到的每个(串)番茄进行成熟度判别。识别完一侧的番茄后，采摘机器人掉头对另一侧的番茄进行识别。根据机器人判别的标签，统计识别为成熟番茄的数量 P_{mature} 和未成熟番茄的数量 P_{immature} ，按公式(1)统计果实识别率。

$$R_1 = \left[1 - \frac{(P_{\text{mature}} + P_{\text{immature}}) - T_{\text{total}}}{T_{\text{total}}} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R_1 ——果实识别率，%；

P_{mature} ——采摘机器人识别出的成熟番茄数量；

P_{immature} ——采摘机器人识别出的未成熟番茄数量；

T_{total} —— 识别番茄总数。

测试和计算结果录入附录A中的表A. 1。

5.2.2 果实成熟度识别准确率测试

对比农艺师人工判定的成熟/未成熟的番茄数量和采摘机器人判定的成熟/未成熟数量,将农艺师计数的成熟/未成熟数量作为真实值 T_{mature} , T_{immature} , 将采摘机器人识别的成熟/未成熟数量作为观测值 P_{mature} , P_{immature} 。并按公式(2)统计番茄成熟度识别准确率。

$$R_2 = \left[1 - \frac{|P_{\text{mature}} - T_{\text{mature}}|/T_{\text{mature}} + |P_{\text{immature}} - T_{\text{immature}}|/T_{\text{immature}}}{2} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

R_2 —— 果实成熟度识别准确率, %;

T_{mature} —— 人工判定的成熟番茄数量;

T_{immature} —— 人工判定的未成熟番茄数量。

测试和计算结果录入附录A中的表A. 1。

附录 A
(资料性)
测试记录

A.1 果实识别性能测试记录

果实识别性能测试记录表见表A.1。

表 A.1 果实识别性能测试记录表

采摘机器人行驶速度 m/s	
人工判定的成熟番茄数 个(串)	
采摘机器人识别出的成熟番茄数 个(串)	
果实识别率 %	
人工判定的未成熟番茄数 个(串)	
采摘机器人识别出的未成熟番茄数 个(串)	
果实成熟度识别准确率 %	