

T/SDASTC

团 体 标 准

T/SDASTC XXX—XXXX

珍优食用菌物联网智能化栽培技术要求

Technical requirements for IoT-based intelligent cultivation of premium edible fungi

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

山东科技咨询协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 物联网智能化栽培总体架构 4

5 智能化栽培技术要求 6

6 安全性要求 7

7 适用性要求 8

附 录 A （资料性） 珍优食用菌物联网智能化系统推荐参数指标 9

附 录 B （规范性） 物联网传感器部署方案参考 11

附 录 C （资料性） 主要珍优品种各阶段环境参数控制推荐值 12

附 录 D （资料性） 珍优食用菌智能分级参考标准 13

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。

本文件由山东科技咨询协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

珍优食用菌物联网智能化栽培技术要求

1 范围

本文件规定了珍优食用菌物联网智能化栽培的术语和定义、系统架构、智能化栽培技术要求及智能调控技术要求。

本文件适用于珍优食用菌（鹿茸菇、榆黄蘑、绣球菌、香菇等）的物联网智能化栽培。

注：主要适配设施化工厂化出菇房层架式袋栽（含立体多层架、温湿度独立控制）和反季节保护地（日光温室、连栋塑料大棚）层架栽培等可实现环境精准感知与自动调控的栽培模式与场景。

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。

- GB 2762 食品安全国家标准 食品中污染物限量
- GB 2763 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量
- GB 3100 国际单位制及其应用
- GB 4793（所有部分） 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求
- GB 4943.1-2022 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB/T 8321（所有部分） 农药合理使用准则
- GB/T 12728 食用菌术语
- GB/T 13283 工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精确度等级
- GB 19169 食用菌菌种
- GB/T 30269.702 信息技术 传感器网络 第702部分：传感器接口：数据接口
- GB/T 36346 信息技术 面向设施农业应用的传感器网络技术要求
- GB/T 44985.2 农业物联网通用技术要求 第2部分：设施园艺
- GB 50073 洁净厂房设计规范（附条文说明）
- NY/T 528 食用菌菌种生产技术规程
- NY/T 1742 食用菌菌种通用技术要求
- NY/T 1935 食用菌栽培基质质量安全要求
- NY/T 2375 食用菌生产技术规范

3 术语和定义

GB/T 12728-2006界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

珍优食用菌 premium edible fungi

具有较高经济价值和营养价值，在栽培技术、环境条件或加工工艺方面有特殊要求的食用菌品种。

注：主要包括鹿茸菇、榆黄蘑、绣球菌、香菇、猴头菇、羊肚菌、灵芝等。

3.2

物联网智能化栽培 smart cultivation

利用物联网、人工智能、大数据等信息技术，对食用菌栽培环境参数进行实时感知、智能分析和自动控制，实现食用菌生长全过程自动化管理的技术模式。

4 物联网智能化栽培总体架构

4.1 总体要求

4.1.1 珍优食用菌物联网智能化栽培系统架构由感知层、传输层、决策层和执行层四个层级构成。总体架构如图 1 所示。珍优食用菌物联网智能化栽培推荐参数指标见附录 A。

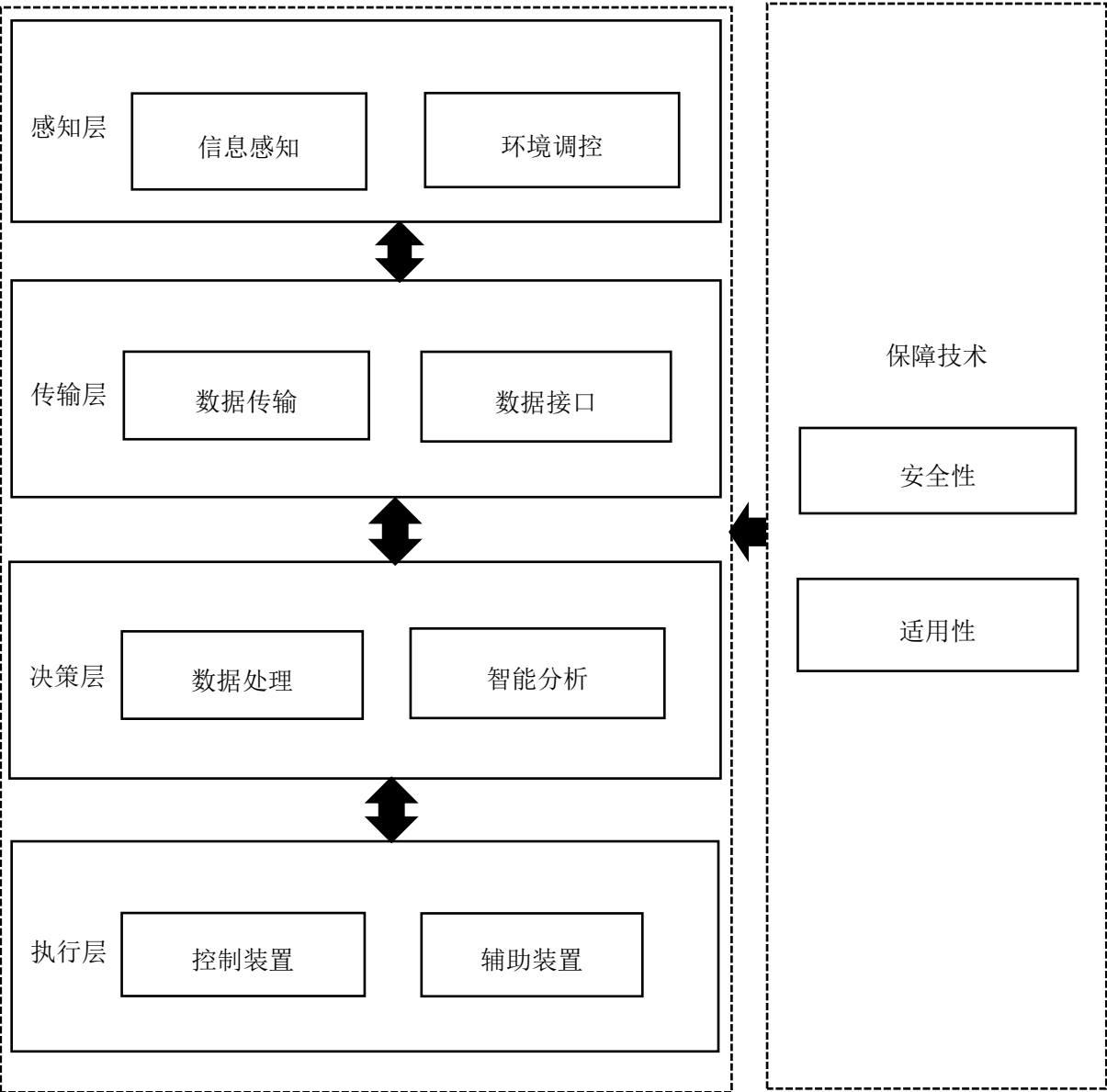


图 1 珍优食用菌物联网智能化栽培总体架构

4.2 感知层

4.2.1 通则

感知层应包括信息感知和环境调控两部分：

- a) 信息感知设备应包括室外气象参数感知单元、室内环境参数感知单元、土壤/基质环境参数感知单元、营养液参数感知单元等，可包括农情信息感知单元，能够感知室内外环境、营养液和作物状况。
- b) 环境调控要求：

- 1) 环境调控执行机构应包括降温装置、加温装置、主动蓄放热装置、增湿装置、除湿装置、通风装置、遮阳装置、人工补光装置、CO₂调控装置等环境调节设备；
- 2) 水肥一体化调控设备应包括水肥调节设备以及余液回收再利用设备；
- 3) 按 GB/T 36346 的要求进行环境调控。

4.2.2 传感器布设要求

- 4.2.2.1 传感器布设应遵循代表性、均匀性和可操作性原则，参考方案见附录 C。
- 4.2.2.2 栽培面积≤100 m² 的单元，传感器布设不少于 3 个点位；栽培面积>100 m² 的单元，每增加 100 m² 应增设不少于 2 个点位。
- 4.2.2.3 传感器布设应考虑空间立体分布，垂直方向至少设置上、中、下三个监测层面。
- 4.2.2.4 应根据品种特性和生长阶段设定各环境参数的预警阈值和调控阈值。
- 4.2.2.5 预警阈值应设置在调控阈值的±50%处（如温度目标值 21℃～25℃，预警下限应不高于 19℃，预警上限应不低于 27℃）。
- 4.2.2.6 参数阈值应支持远程配置和动态调整。
- 4.2.2.7 每个标准栽培单元（面积 50 m²～200 m²）应至少部署空气温湿度传感器 2 个、CO₂传感器 1 个、光照传感器 1 个。传感器应均匀分布，避免安装在通风口、设备出风口等气流异常区域。
- 4.2.2.8 传感器应定期校准，校准周期不超过 6 个月。

4.3 传输层

4.3.1 通则

设施园艺环境基本标量信息参数的数据格式和单位制符合 GB 3100 的规定，同时数据精度等级符合 GB/T 13283 的基本要求，数据接口应符合 GB/T 30269.702 的规定。

4.3.2 数据传输要求

数据传输要求应符合 GB/T 44985.2 的规定。

4.3.3 数据接口要求

- 4.3.3.1 传输设备应支持模块化扩展，便于后续增加监测点位或新增传输节点。扩展时应确保系统整体通信容量充足，不影响既有设备的正常运行。
- 4.3.3.2 系统对外数据接口应采用 RESTful API 或 MQTT 协议，接口设计应遵循统一的数据格式规范。
- 4.3.3.3 接口应支持以下功能：
 - a) 实时数据查询：支持按时间范围、监测点位、参数类型进行数据检索；
 - a) 历史数据导出：支持 CSV、JSON 等格式导出；
 - b) 设备控制：支持远程控制指令下发和状态反馈；
 - c) 告警信息推送：支持阈值告警的实时推送。

4.3.4 传输设备扩展

传输设备应支持模块化扩展，便于后续增加监测点位或新增传输节点。扩展时应确保系统整体通信容量充足，不影响既有设备的正常运行。

4.4 决策层

4.4.1 通则

应用终端应满足数据查询、显示及控制等应用服务功能要求。决策层应具备以下能力：

- a) 基于食用菌生长模型的环境参数联动控制；
- b) 异常数据自动识别与预警；
- c) 多品种差异化环境策略配置。

4.4.2 数据处理及智能分析

- 4.4.2.1 可具有分析决策、数据可视化、异常报警等功能。

4.4.2.2 可对采集到的数据进行清洗、比对、分析、处理，形成决策指令并发送至控制系统。

4.4.2.3 可对采集到的数据和决策结果进行可视化展示。

4.4.2.4 可对数据异常、环境异常、设备异常等情形可进行报警提示，推送至移动端。

4.5 执行层

4.5.1 控制装置包含但不限于控制终端、换风装置、增湿装置、空调、补光装置、消防装置。

4.5.2 控制终端宜布设于栽培区外部，换风装置宜布设于栽培区顶部和每层种植架的正上方，增湿装置宜布设于每层种植架的正上方，空调宜布设于栽培区内前后两端顶部，补光装置宜布设于每层种植架的两侧，消防装置宜布设于栽培区内顶部。

4.5.3 控制系统可远程或本地控制，应具备的功能包括但不限于：

- a) 温度控制：可根据指令主动开启或关闭空调工作；
- b) 湿度控制：可根据指令主动开启或关闭增湿装置和空调除湿功能；
- c) 光照强度控制：可根据指令主动打开或关闭补光装置；
- d) 空气成分控制：可根据指令主动开启或关闭换风装置；
- e) 消防控制：可根据指令主动开启或关闭消防装置。

4.5.4 辅助设施宜包括但不限于：换风装置、增湿装置、消防装置、补光装置、采收工具、日常生产辅助工具。

5 智能化栽培技术要求

5.1 智能催蕾与出菇管理

5.1.1 应根据不同珍优菌种的生长特性，设定差异化的环境参数控制策略。主要珍优品种各阶段环境参数控制推荐值参见附录 D。

5.1.2 智能控制系统应根据内置生长模型，自动执行参数设定，参数切换速率不宜超过 $1\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 、 $2\%\text{RH/h}$ 。

5.1.3 系统应根据品种特性设置 CO_2 浓度差异化控制策略。

5.2 智能水肥气管理

5.2.1 宜配备自动喷雾系统，雾滴直径宜 $\leq 50\text{ }\mu\text{m}$ ，避免积水导致杂菌滋生；加湿与通风应联动控制，通风时同步补偿湿度。

5.2.2 宜配备智能光照系统，LED 光源光谱可调，光强调节精度宜 $\leq \pm 50\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

5.2.3 宜配备新风交换系统，采用变频风机配合微孔送风，避免直吹菇体；换气频率根据 CO_2 浓度自动调节，宜为 $1\text{ 次/h} \sim 6\text{ 次/h}$ 。

5.2.4 宜配备灌溉控制系统：基质含水量低于田间持水量 50% 时应自动启动补水；营养液 EC 值宜控制在 $0.5\text{ mS/cm} \sim 3.5\text{ mS/cm}$ 范围内，根据品种和生长阶段自动调整。

5.2.5 各系统联动策略应由智能控制系统根据实时数据和生长模型自动优化执行，确保温度、湿度、 CO_2 浓度和光照等参数的协同调控。

5.3 智能病虫害防控

5.3.1 应建立病虫害发生与环境参数关联的知识库，通过历史数据分析优化防控策略。

5.3.2 应部署 AI 图像识别系统，通过高清摄像头实时监测栽培环境，对常见病虫害进行自动识别和分类。

5.3.3 防控策略应优先采用物理防治和生物防治：

- a) 物理防治：配备紫外线消毒灯、臭氧发生器等设备进行防治；
- b) 生物防治：使用天敌昆虫、拮抗菌剂等生物制剂进行防治。

5.3.4 农药使用应符合 GB/T 8321 的规定，禁止使用高毒、高残留农药，产品农药残留量应符合 GB 2763 的规定。

5.3.5 病虫害防控数据应全程记录，包括发生时间、种类、防控措施、使用药剂等信息，纳入追溯体系。

5.4 智能采收与分级

5.4.1 宜利用 AI 图像识别技术,根据子实体形态特征(菌盖直径、厚度、色泽等),建立成熟度评价模型,自动判断采收适期。

5.4.2 自动采收设备应满足以下要求:

- a) 采收效率不低于人工采收的 3 倍;
- b) 采收损伤率 $\leq 5\%$;
- c) 具备自适应力度控制,避免机械损伤。

5.4.3 分级标准应根据子实体大小、重量、色泽、完整度等指标进行自动分级,分级准确率达 $\geq 90\%$ 。分级标准参见附录 D。

5.4.4 自动化包装线应具备称量、装袋/装盒、封口、贴标等功能,包装环境应满足洁净度要求,温度宜控制在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.5 智能调控

5.5.1 自动控制流程

系统应按照以下流程实现自动控制:

- a) 数据采集:传感器按设定频率采集环境参数;
- b) 数据分析:决策层对采集数据进行实时分析和异常判断;
- c) 策略生成:根据 AI 算法模型生成最优调控策略;
- d) 指令下发:将控制指令传输至执行层设备;
- e) 设备执行:执行层设备按指令进行环境参数调控;
- f) 效果反馈:传感器持续监测调控效果,形成闭环控制。

5.5.1.1 控制指令响应时间应不超过 30s,设备启动到参数开始变化的时间应不超过 5min。

5.5.1.2 应具备手动/自动模式切换功能,切换过程应平滑过渡,避免环境参数剧烈波动。

5.5.2 远程监控与运维

5.5.2.1 系统应提供手机 APP 和 PC 端两种远程监控方式。

5.5.2.2 远程监控应实现以下功能:

- a) 实时查看各监测点环境参数;
- b) 查看历史数据和趋势曲线;
- c) 接收报警信息并进行远程处置;
- d) 远程调整参数阈值和控制策略;
- e) 查看设备运行状态和能耗数据。

5.5.2.3 系统应支持设备远程诊断和 OTA(空中下载)升级功能。

5.5.2.4 消费者应能通过扫描二维码等方式查询产品追溯信息。

6 安全性要求

6.1 质量安全

6.1.1 投入品安全

6.1.1.1 菌种质量应符合 NY/T 1742 的规定。

6.1.1.2 基质原料应符合 NY/T 1935 的规定。

6.1.1.3 肥料、营养液等投入品重金属含量应符合 GB 2762 的规定。

6.1.1.4 农药使用应符合 GB 2763 和 GB/T 8321 的规定。

6.1.2 过程安全

6.1.3 接种、培养等关键环节应严格执行无菌操作规范。

6.1.4 接种室洁净度应符合 GB 50073 的规定,空气洁净度等级不低于 ISO 7 级(万级),局部接种操作区宜达到 ISO 5 级(百级);出菇房洁净度应符合 GB 50073 中 ISO 8 级(十万级)的要求。

6.1.5 应定期对栽培环境进行微生物监测,监测频次不低于每周 1 次。

6.1.6 宜配备重金属和农药残留快速检测设备，实现生产过程中质量安全实时监测。

6.1.7 设备安全

系统的设备安全应符合GB 4943.1-2022中的I类或I类设备的规定。食用菌栽培环境中湿度较高，所有电气设备应做好防水防潮处理，设备的安全性要求应符合GB/T 44985.2的规定。

6.1.8 信息与控制系统安全性

6.1.8.1 信息安全风险评估应按照 GB/T 20984 执行。

6.1.8.2 网络安全等级保护应符合 GB/T 22239 的相应等级要求。

6.1.8.3 物联网数据传输安全应符合 GB/T 37025 的规定。

6.1.8.4 物联网安全通用要求应符合 GB/T 37044 的规定。

6.1.8.5 控制系统安全性按照 GB 4793 规定的要求进行检验。

7 适用性要求

环境适用性、电磁兼容性要求应符合GB/T 44985.2的规定。

附 录 A
(资料性)

珍优食用菌物联网智能化系统推荐参数指标

A.1 本附录给出鹿茸菇、榆黄蘑、绣球菌、香菇四种主栽珍优食用菌在感知、传输、决策、执行各层的物联网智能化系统关键参数指标，供系统配置、安装调试与验收参考；各品种不同生长阶段的环境参数控制推荐值见附录 B，智能分级要求见附录 C。

表 A.1 四种珍优食用菌物联网智能化系统参数指标

项目	鹿茸菇	榆黄蘑	绣球菌	香菇	备注
适配栽培模式与场景	工厂化出菇 房层架式袋 栽	工厂化出菇房 或连栋大棚层 架栽培	工厂化恒温恒 湿出菇房层架 袋栽	工厂化层架袋栽或 大棚层架栽培（含 花菇催蕾）	对应范围界定的 设施化场景
出菇期温度控制范围 /℃	12~14	15~17	11~13	12~14	与表 C.1 一致
出菇期湿度控制范围 /%RH	87~93	85~91	89~95	82~88	与表 C.1 一致
出菇期 CO ₂ 控制上限 /ppm	≤600	≤700	≤600	≤800	高浓度 CO ₂ 抑制 子实体分化
出菇期光照强度/(μ mol·m ⁻² ·s ⁻¹)	100~200	150~300	100~250	300~600	与表 C.1 一致
温度控制精度	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	≤±0.5	参数切换速率≤ 1℃/h（见 5.1）
湿度控制精度	≤±3	≤±3	≤±3	≤±3	参数切换速率≤ 2%RH/h（见 5.1）
空气温湿度传感器 （每 100 m ² ）	≥3 个，垂直 上、中、下 分布	≥3 个，垂直 上、中、下分 布	≥3 个，垂直 上、中、下分 布	≥3 个，垂直上、 中、下分布	见 4.2.2 及表 B.1
CO ₂ 传感器（每标准栽 培单元）	≥1 个	≥1 个	≥1 个（宜 2 个）	≥1 个	绣球菌对 CO ₂ 敏 感，宜加密

表A.1 四种珍优食用菌物联网智能化系统参数指标（续）

项目	鹿茸菇	榆黄蘑	绣球菌	香菇	备注
光照/基质温度传感器	光照 ≥ 1 个；基质温度 ≥ 2 个	光照 ≥ 1 个；基质温度 ≥ 2 个	光照 ≥ 1 个；基质温度 ≥ 2 个	光照 ≥ 1 个；基质温度 ≥ 2 个	见表 B.1
传感器采样周期	空气温湿度 ≤ 1 min；CO ₂ ≤ 2 min				符合 GB/T 44985.2
传感器精度等级	温度 0.5 级、湿度 5%级				符合 GB/T 13283
通风换气次数	1 次/h~6 次/h，按 CO ₂ 联动				见 5.2
加湿雾滴直径	$\leq 50 \mu\text{m}$	$\leq 50 \mu\text{m}$	$\leq 50 \mu\text{m}$ （宜 $\leq 30 \mu\text{m}$ ）	$\leq 50 \mu\text{m}$	绣球菌分枝纤细宜用细雾
补光系统	LED 光谱可调，光强调速精度 $\leq \pm 50 \mu\text{mol}$	LED 光谱可调，光强调速精度 $\leq \pm 50 \mu\text{mol}$	LED 光谱可调，光强调速精度 $\leq \pm 50 \mu\text{mol}$	LED 光谱可调，光强调速精度 $\leq \pm 50 \mu\text{mol}$ （含转色光照）	见 5.2
控制指令响应时间	≤ 30 s				见 6.1
设备启动至参数变化时间	≤ 5 min				见 6.1
传感器校准周期	≤ 6 个月				见 4.2.2
品种关键控制要点	原基期需 50~100 μmol 光信号诱导及温差刺激	子实体黄色，防高湿致发黄、腐烂	对 CO ₂ 极敏感，宜加强通风，湿度宜偏高	需转色管理；花菇期拉大温差、降低湿度	结合生产经验
注：本表为物联网智能化系统配置与控制的推荐指标，环境目标值与表B.1一致；实际工程应结合品种特性、地域气候条件与试验数据动态调整，允许波动范围由智能控制系统依据生长模型动态调整。					

附录 B
(规范性)
物联网传感器部署方案参考

B.1 部署原则

- B.1.1 传感器应部署在能真实反映栽培区域整体环境状况的位置。
- B.1.2 传感器在栽培区域内应均匀分布，避免局部盲区。
- B.1.3 传感器安装位置应便于日常维护和校准操作。
- B.1.4 应避开通风口、设备出风口、照明灯具等干扰源，距离≥1m。

B.2 典型部署方案（以 100 m²标准栽培单元为例）

100 m²标准栽培单元传感器部署方案见表B.1。

表 B.1 100 m²标准栽培单元传感器部署方案

传感器类型	数量	安装高度	安装位置	备注
空气温湿度传感器	3个	1.2m~1.5m	上中下各1个	距墙壁≥2m
基质温湿度传感器	2个	菌袋中心	代表性区域	插入栽培棒内
CO ₂ 传感器	1个	1.2m	区域中心	远离通风口
光照传感器	1个	1.5m	区域中心	朝上安装
pH传感器	1个	液面下	营养液池	防水型探头

附 录 C
(资料性)
主要珍优品种各阶段环境参数控制推荐值

C.1 珍优食用菌主要品种各阶段栽培环境参数推荐值见表 C.1。

表 C.1 珍优食用菌主要品种各阶段栽培环境参数推荐值

品种	生长阶段	温度 °C	湿度 %RH	CO ₂ 浓度 ppm	光照强度 μmol/(m ² · s)	备注
鹿茸菇	菌丝培养期	22±1	60±5	800~1200	0 (黑暗)	无需光照
	原基形成期	15±1	85±5	500~800	50~100	光信号诱导
	出菇期	13±1	90±3	400~600	100~200	
榆黄蘑	菌丝培养期	24±1	65±5	800~1200	0	无需光照
	原基形成期	18±1	85±5	600~900	100~200	
	出菇期	16±1	88±3	400~700	150~300	
绣球菌	菌丝培养期	22±1	60±5	800~1200	0	
	原基形成期	14±1	88±5	500~800	50~150	
	出菇期	12±1	92±3	400~600	100~250	
香菇	菌丝培养期	24±1	60±5	800~1200	0	
	原基形成期	15±1	85±5	600~1000	200~500	需转色
	出菇期	13±1	85±3	500~800	300~600	
猴头菇	菌丝培养期	22±1	60±5	800~1200	0	
	原基形成期	16±1	85±5	500~800	100~300	
	出菇期	15±1	88±3	400~700	150~400	CO ₂ 敏感
羊肚菌	菌丝培养期	18±1	60±5	800~1200	0	
	原基形成期	10±1	85±5	600~1000	100~300	需低温刺激
	出菇期	12±1	88±3	500~800	200~500	
灵芝	菌丝培养期	25±1	60±5	800~1200	0	
	原基形成期	22±1	85±5	600~1000	300~600	
	出菇期	24±1	88±3	500~800	400~800	CO ₂ 调控形态
注：表中参数为各品种典型控制范围，具体应根据品种特性、地域气候条件和试验数据进行适当调整。允许波动范围由智能控制系统根据生长模型动态调整。						

附 录 D
(资料性)
珍优食用菌智能分级参考标准

D.1 珍优食用菌智能分级标准见表 D.1。

表 D.1 珍优食用菌智能分级参考标准

品种	特级	一级	二级	三级	分级依据
鹿茸菇	菌盖直径≥4 cm 色泽均匀	菌盖直径3~4 cm 形态完整	菌盖直径2~3 cm 轻微瑕疵	其他	菌盖直径、色泽、完整度
榆黄蘑	菌盖直径≥5 cm 色泽金黄	菌盖直径3~5 cm 色泽鲜亮	菌盖直径2~3 cm 形态一般	其他	菌盖直径、色泽
绣球菌	球体直径≥12 cm 色泽洁白	球体直径8~12 cm 形态完整	球体直径5~8 cm	其他	球体直径、色泽、分枝均匀度
香菇	菌盖直径≥5 cm 花纹明显	菌盖直径4~5 cm 菌盖厚实	菌盖直径3~4 cm	其他	菌盖直径、花纹、厚度
猴头菇	球体直径≥10 cm 刺长均匀	球体直径8~10 cm 形态完整	球体直径5~8 cm	其他	球体直径、菌刺完整性
羊肚菌	菌盖长度≥6 cm 纹理清晰	菌盖长度4~6 cm 形态端正	菌盖长度3~4 cm	其他	菌盖长度、纹理、菌柄粗度
灵芝	菌盖直径≥15 cm 色泽光亮	菌盖直径10~15 cm 形态完整	菌盖直径6~10 cm	其他	菌盖直径、色泽、孢子粉量
注：表中分级标准为参考值，具体可根据产品标准和市场需求进行调整。					