

ICS 65.020.30

B 43

备案号:

DBXX

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DBXX/T XXXX—2024

水稻立体育秧智慧工厂智能环境控制技术规范

(征求意见稿)

主要起草单位: 东北农业大学

联系人: 苏中滨

联系电话: 13303609163

联系邮箱: suzb001@163.com

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 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。

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。

本文件由黑龙江省农业农村厅提出。

本文件起草单位：东北农业大学。

本文件主要起草人：苏中滨、谢秋菊、郭丽峰、董守田、王莉薇、马铮、李洪波、孙威、贾银江、马文川、高睿。

水稻立体育秧智慧工厂智能环境控制技术规范

1 范围

本文件规定了水稻立体式育秧智慧植物工厂智能环境控制的术语和定义、智能环境监测指标、环境智能控制系统及运行维护等技术规范要求。

本文件适用于水稻立体式育秧智慧植物工厂的智能环境控制技术系统建设。

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 1534-2007 水稻工厂化育秧技术要求
NY/T 1635-2008 水稻工厂化（标准化）育秧设备试验方法
JB/T 10288—2013 连栋温室技术条件
NY/T 1451—2007 温室通风设计规范
NY/T 2133-2012 温室湿帘-风机降温系统设计规范
NY/T 2132-2012 温室灌溉系统设计规范
JB/T 10297—2014 温室加热系统设计规范
JB/T 10296—2013 温室电气布线设计规范
JB/T 10306—2013 温室控制系统设计规范
QX-T 98-2008 早稻播种育秧期低温阴雨等级
GB/T 18209.2 机械电气安全 指示、标志和操作 第2部分：标志要求
GB/T 33905.1~5 智能传感器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 理论模型和标准化体系

理论模型和标准化体系是指用于解释现象、指导实践的抽象框架及其规范化的操作和评估标准集合。

3.2 水稻立体式育秧技术

立体式育秧技术是一种在环境可控温室内利用轻量化、少动力、高空间利用率的垂直循环结构，为秧苗提供稳定、高效培育环境的农业工程技术。

3.3 水稻立体式育秧智慧植物工厂

水稻立体式育秧智慧植物工厂采用玻璃温室或超级大棚，结合立体式育秧台架，通过智能调控工厂内部温度、湿度、光照和风速等环境因子，为水稻秧苗创造最佳生长环境。该类

植物工厂显著提高了空间利用率，并可应用于水培牧草和叶菜工厂化生产。

3.4 环境智能控制系统

环境智能控制系统是由环境传感器、环境调控设备、网络设备、监测设备、控制器、远程控制终端及通讯线路组成的系统，可实现立体式育秧空间的环境数据采集及设备调控，为水稻秧苗提供适宜生长环境。

3.5 水稻秧苗生长模型

3.6 秧苗生长监测与智能诊断技术

利用机器视觉等技术进行水稻秧苗生长状态（叶龄、株高、茎基宽、颜色等）的无人化监测，并结合人工智能技术和水稻秧苗生长模型，判别秧苗生长质量，作为秧苗生长环境智能监测与调控的依据。

3.7 水稻秧苗生长调控模型

应用秧苗生长监测与智能诊断技术，依据秧苗生长质量判别结果，针对育秧过程中所诊断出的生长问题，水稻秧苗生长调控模型利用人工智能技术对秧苗生长环境进行智能调控，确保秧苗全生育期内生长环境适宜。

3.8 多角度立体空间监测装备

多角度立体空间监测装备是一种能够从多个角度对三维空间进行全面监控和分析，可上传数据并结合机器视觉技术返回监测、诊断结果的设备。

4 水稻立体式育秧智慧工厂环境监测

4.1 环境参数监测种类

水稻立体式育秧智慧工厂需要监测的环境因素包括：温湿度、光照、风速、CO₂ 浓度、O₂ 浓度。具体监测指标如下。

4.1.1 温湿度

温度：监测空气温度（单位为℃），一般水稻苗期生长的适宜温度范围在20℃到30℃之间。一般来说，水稻苗期能耐受的最低温度原则上不低于15℃，不高于35℃。

湿度：监测空气相对湿度（单位为%），一般水稻苗期生长的适宜相对湿度范围在70%到80%之间，以避免病害和促进健康生长。一般来说，水稻能耐受的最低相对湿度原则上不低于60%，不高于85%。

4.1.2 光照

监测指标包括光照强度（光量子流密度，单位为 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）和光照周期（即24小时内的有效光照总时间量），以确保光合作用进行所需的光合光量子通量密度。

4.1.3 风速

监测空气流动速度（单位为m/s）和方向，确保空气在立体式育秧空间内均匀流通，避免局部高湿度和病害发生，同时促进气体交换。

4.1.4 CO₂ 浓度

监测二氧化碳浓度（单位为ppm，即每百万分量），以优化光合作用效率，通常控制在300 ppm到1000 ppm之间，具体值依据生长阶段调整。

4.1.5 O₂ 浓度

监测氧气浓度（单位为百分比%Vol或毫升每升ml/L，即体积百分比），氧气浓度对水稻的干物质积累有直接影响。适宜的氧气浓度能够促进根系呼吸作用，有助于植物更有效地吸收水分和养分，从而促进干物质的合成和积累。一般而言，O₂ 浓度应控制在19%Vol至22%Vol之间，以保证良好的植物生长条件。

4.2 环境传感器

4.2.1 基本要求

4.2.1.1 应选用低功耗、数据传输效率高、响应速度快、密封级别高、耐腐蚀等使用寿命长的环境传感器，一般使用寿命不低于2年。

4.2.1.2 传感器的响应速度、数据传输效率等应符合 GB/T 33905.1~5 智能传感器的规定。

4.2.1.3 根据植物工厂空间大小和网络条件，应选用模拟量型、串口型有线传感器，或Wi-Fi、4G、GPRS、ZigBee、蓝牙等无线传感器。

4.2.1.4 应对传感器做防潮、防锈、防冻等保护措施，应做固定安装处理。

4.2.2 传感器参数

水稻立体式育秧智慧工厂配备的环境传感器参数应符合表1的规定。

表1 环境传感器参数

传感器类型	监测参数	测量范围	灵敏度	精度	传输方式	工作环境
温度传感器	温度	(-40~+60)°C	0.1°C	±0.5°C	有线/无线	温度-40°C~+60°C，湿度0%~90%，抗低温，耐腐蚀，抗粉尘，抗潮湿
湿度传感器	湿度	(0~100)%RH	1%RH	±3%RH	有线/无线	
光照度传感器	光照度	(0~200000) Lx	1% Lx	±4% Lx	有线/无线	
光合有效辐射传感器	光合光子通量密度	(0~2500) μmol/m ² /s	1 μmol/m ² /s	±5% μmol/m ² /s	有线/无线	
风速传感器	风速	(0~5) m/s	0.1m/s	±(0.2+2%FS)m/s	有线/无线	
CO ₂ 传感器	CO ₂	(0~10000) ppm	1ppm	±5ppm	有线/无线	
O ₂ 传感器	O ₂	(0~30)%Vol	0.1% Vol	±2%Vol	有线/无线	
视觉传感器	株高、茎基宽	株高：(0~20) cm 茎基宽：(0~3) mm	株高：2 mm 茎基宽：1 mm	株高：±2 mm 茎基宽：±0.1 mm	有线	

4.3 传感器布设位置

水稻立体式育秧智慧工厂环境监测点布设应考虑多个因素，根据工厂的整体设计、空间布局、环境控制的需求和传感器的监测范围而定，每个传感器的有效监测范围不同。

4.3.1 温湿度传感器位置布置要求

在水稻立体式育秧大棚中，温湿度传感器应均匀分布，避免直射阳光和干扰源，如通风口与加湿器，确保准确监测。最高点（距棚顶50cm处）、最低点（距地面50cm处）、中间点（棚高二分之一处），分别安装传感器。这样的布置确保了从底层到顶层，大棚内的每一层秧苗都能处于最佳的温湿度条件中，促进其健康成长并减少病害风险。定期调整传感器位置，以适应植物生长和环境变化，确保数据的准确性和代表性。

4.3.2 光照度传感器位置布置要求

在水稻立体式育秧大棚中，光照传感器应均匀分布，以确保精准监控各层光照条件。光照传感器应避免直接对准光源或被植物遮挡，最上、中间、最下这三个位置在光照分布上存在显著差异，如果是固定监测点，可选择这三层作为监测层；也可使用可移动的光照度传感器，根据植物生长阶段和光照需求，定期调整传感器的位置，从而覆盖更多的层次，以准确捕获更全面的光照数据。

4.3.3 风速传感器位置及布置要求

风速监测点避开可能干扰空气流动的设备附近，如大型机械、加热器等；在主要的空气进出口或通风道附近安装风速传感器，以监测通风系统的实际运作效率和空气流动情况；在植物较为密集或高度较高的区域设置传感器，因为这些区域的空气流通可能不佳，更容易积累湿度和促进病害；根据季节变化和植物生长阶段的需要，定期调整风速传感器的位置和数量，例如，在高温多湿的季节或生长阶段，增加监测点以优化通风和降低湿度。

4.3.4 CO₂浓度传感器位置及布置要求

在不同的垂直层次上选择关键位置进行CO₂浓度监测，比如顶层、中层和底层，以反映不同高度上CO₂浓度的分布情况；考虑到CO₂是比空气重的气体，在没有强制通风的情况下，CO₂浓度可能在底部更高，因此，底层是一个重要的监测点；在通风系统的入口和出口处设置传感器，监测进出空气的CO₂浓度，有助于评估通风效率和确定是否需要调整通风量或CO₂的补充量；植物进行光合作用最活跃的区域在植物冠层，因此在植物冠层附近布置传感器。定期调整传感器位置，以适应植物生长和环境变化，确保数据的准确性和代表性。

4.3.5 O₂浓度传感器位置及布置要求

O₂浓度监测点距门窗、通风口等不少于2m，远离环境调控设备、水管等。传感器的布置应考虑到植物生长空间的均匀覆盖，在不同的垂直层次上选择关键位置进行O₂浓度监测，比如顶层、中层和底层，以反映不同高度上O₂浓度的分布情况；传感器应安装在距离植物顶部0.5m的高度，避免直接接触植物以防干扰测量。

4.3.6 视觉传感器位置及布置要求

用于秧苗生长监测的视觉传感器应支持360°旋转，可自动调焦及变焦控制并采集多机位、多角度秧盘图像，覆盖植物工厂内主要生产区域。俯视机位的视觉传感器每像素点的成像精度应不低于2mm，并至少覆盖单秧盘；与秧盘等高机位的成像精度应不低于0.1mm。

用于水稻立体育秧智慧工厂监控的视觉传感器应布设于工厂入、出口，及关键设备区。避免将视觉传感器直接对准光源，支持远程监控的1080P/3MP的有线或无线摄像头。

5 水稻立体式育秧智慧工厂环境智能控制

5.1 控制系统功能及布置要求

- 5.1.1 每间育秧室应配置 1 套环境智能控制系统。
- 5.1.2 智能调控设备应能根据预先设定的环境标准参数运行。
- 5.1.3 应具备远程移动终端 APP 或 PC 端网站等控制终端以及现场触摸屏。
- 5.1.4 应具备环境数据存储及下载功能。
- 5.1.5 控制系统的操作安全应符合 GB 18209.2 的规定。

5.2 水稻立体式育秧智慧工厂环境控制方式

- 5.2.1 环境控制系统应实现通风降温、湿帘降温、雾化降温、遮阴帘降温、热泵供热等设备的联动调控。根据秧苗关键生长期，可根据空气温、湿度、光照、通风等上下限阈值实现多目标协同控制策略，每个关键生长期 24 小时温度梯度可控。
- 5.2.2 光照控制方式为顶部遮阴幕布及人工补光方式控制，应具备补光周期、补光光谱、补光强度可调功能。补光周期 24 小时可调，保证每日补光时长，控制精度±1 分钟；补光光谱为红光、蓝光、远红外等波段可控；补光强度控制精度±1 μmol/ m²/s，各波段及补光光合有效辐射值可控。
- 5.2.3 通风控制方式为自然通风和机械通风两种方式。自然通风通常在日间室外气温高于温度下限阈值时，手动控制通风执行设备；机械通风在门窗闭合情况下，开启风机等通风系统，根据目标风量、风速、通风时间，自动控制机械设备，实现智能通风调控。包括设备开启和关停，换气率应不低于 1 次/分钟，水平及垂直温度梯度应小于 3℃。
- 5.2.4 CO2 控制方式为手动控制和自动控制方式。手动控制相关执行设备，可调节生长气肥环境即可；自动控制包括控释器和补气设备，控释器采样频率应不低于 6 次/分钟，设置各关键生长期的控制周期和上下限阈值，控释器结合通风系统进行通风，根据阈值结合补气设备调节气肥环境。

5.3 水稻立体式育秧智慧工厂环境控制参数

水稻立体式育秧智慧工厂环境调控参数的设置按照 NY/T 1534-2007《水稻工厂化育秧技术要求》的规定执行，各项环境参数采集间隔应不大于 10 min。

5.4 环境控制器

5.4.1 基本要求

- 5.4.1.1 环境控制器应具备实时采集环境数据、处理及上传数据、以及支持设置环境参数、支持自动或手动控制环境调控设备的启停，实现温湿度和气体浓度自动调控的功能。
- 5.4.1.2 应选用抗低温、防潮、耐腐蚀的环境控制器。
- 5.4.1.3 环境控制器应安装在便于操作的位置，应由操作人员控制管理，建议安装在单独的控制间内。

5.4.2 控制器参数

水稻立体式育秧智慧工厂环境控制器参数应符合表2的规定。

表 2 环境控制器参数

参数	单位	说明
工作温度	℃	-40℃~ +40℃
数据接口	-	支持有线或无线
可支持传感器	-	光照、温度、湿度、二氧化碳等

可支持设备	-	风机、湿帘、除湿机、加热器、保温灯等
输入接口数量	通道	≥12（模拟量型）
输出接口数量	通道	≥6
风机变速控制	-	支持
温控或时控	-	支持
数据显示精度	-	符合表1需求即可

5.5 环境调控设备

5.5.1 设备种类

5.5.1.1 温度控制设备

通过热风管道均匀出风加热，使秧苗受热均匀，解决根部受冻问题，同时避免造成温室内部局部区域温度过高，影响秧苗整体长势。包括加热器，如热风炉、水暖系统；保温设备，如电加热器、热泵、地热加热系统、保温灯、保温材料；风扇、水帘冷却系统、空调单元等。

5.5.1.2 湿度控制设备

通过侧面喷施水雾解决盘边干枯问题同时增加环境湿度及减少浇水过程，使根系发育良好。包括灌溉系统、喷淋设备等。

5.5.1.3 光照控制设备

育秧台架顶部或底部设计补光灯，可调节光谱和强度；同时配套遮阳网或遮光系统。

5.5.1.4 通风设备

育秧工厂的两端对向安装风机，实现整体通风。包括风机，支持变速控制；自然通风系统；机械通风设备，如通风机。

5.5.1.6 CO₂调节设备

包括CO₂生成器或调节器；CO₂浓度监测器。

5.5.2 设备选型

5.5.2.1 温度控制设备

加热器：参考GB/T 50019-2015《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》等标准选择。

保温设备：根据GB/T 4272-92《设备及管道保温技术通则》等标准选择。

降温设备：根据JB/T 10294-2013《湿帘降温装置》等标准选择

5.5.2.2 湿度控制设备

灌溉设备：参考GB/T 19797-2012《农业灌溉设备 中心支轴式和平移式喷灌机 水量分布均匀度的测定》等相关标准。

5.5.2.3 光照控制设备

补光灯：根据GBT 30117.3-2019《灯和灯系统的光生物安全性》、NY/T 3657-2020《温室植物补光灯 质量评价技术规范》等标准选择。

5.5.2.4 通风设备

风机和通风系统：参考GB/T 50019-2015《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》等相关标准。

5.5.2.6 环境监测设备

温度、湿度、风速传感器：符合GB/T 50019-2015《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》、GB/T 18883-2022《室内空气质量标准》、GB/T 33905.1~5《智能传感器》等相关标准。

5.6 通信技术

5.6.1 网络设备

工厂应配置路由器、交换机、无线接入点（AP）、网络安全设备、服务器、备份和存储设备等网络设备。

5.6.2 通信方式

水稻立体式育秧工厂中使用的各种通信方式，及其主要特点和适用场景如表3所示。

表3 水稻立体式育秧工厂通信方式

通信方式	传输介质	特点	适用场景
RS-485/RS-232	有线	长距离、低速、串行通信	连接大量分布式传感器和设备
CAN总线	有线	多设备共享通信路径	自动化控制系统
Wi-Fi	无线	便捷的无线接入点	不方便布线的区域或设备移动性较大的场景
蓝牙（Bluetooth）	无线	短距离通信	连接移动设备或局部控制设备
ZigBee	无线	低功耗，适合传感器网络	支持大量设备的低速数据传输
LoRa	无线	长距离通信	连接远程传感器和设备
NB-IoT	无线	低功耗广域网通信技术	需要长距离、低带宽通信的应用场景

5.6.3 数据存储方式

根据工厂规模、立体式育秧台架数量以及不同季节条件，传感器5 min或10 min向平台上传一次数据为宜。传感器采集到的数据应支持存储在数据库中，同时支持在移动终端APP或PC端下载数据，数据的可存储时间应大于1个月。常见的数据存储方式如表4所示。

表4 水稻立体式育秧工厂数据存储方式

存储方式	特点	适用场景
本地存储	数据存储在本地设备上，访问速度快。	对数据访问速度有高要求的应用，如实时数据处理。
云存储	数据远程存储，通过互联网访问。	需要数据备份、灵活访问和共享的场合，适合分布式团队协作。
直接连接存储（DAS）	存储设备直接连接到计算机或服务器。	单服务器应用，需要快速数据访问但不需要通过网络共享的场景。
分布式文件系统	数据分布在多个网络节点上，提高数据可用性和容错能力。	大规模存储需求，提高数据可用性 & 处理大数据集的环境。

6 系统运行及维护

6.1 运行要求

6.1.1 操作人员应具有相关技能储备，每天按时对系统各项设备运行情况进行检查记录。

6.1.2 工厂应配备适量的传感器等设备备品，由操作人员统一管理。

6.1.3 系统出现运行异常情况时，操作人员应及时到场处理。

6.1.4 防止在清洗、冲刷环境时，对传感器及控制器造成损害。

6.2 维护要求

- 6.2.1 环境传感器每周应至少进行 1 次检修维护，做好检修及校准情况记录。
- 6.2.2 风机等环境调控设备每月应至少进行 1 次检修维护，做好检修及维护情况记录。
- 6.2.3 保持环境传感器、控制器表面清洁、干燥，每周清洁一次。
- 6.2.4 应做好数据备份，至少每 1 个月备份一次。