

灵芝工厂化栽培中的新风调控技术研究

冯仁才

中国农业科学院都市农业研究所, 北京 100091

DOI: 10.61369/VDE.2026110017

摘 要 : 灵芝工厂化栽培是现代食用菌规模化、标准化生产的核心模式, 相较于传统大棚栽培, 环境可控性更强、生产周期更稳定、产品品质均一性更高。新风调控作为菇房环境管控的核心环节, 直接决定灵芝菌丝生长、原基分化及子实体发育的全过程, 是规避畸形菇、杂菌污染、产量偏低等问题的关键技术。以灵芝工厂化栽培全生育期环境需求为核心, 系统探究新风调控的核心技术要点与落地实施策略, 加以稳定菇房内二氧化碳、氧气浓度及温湿度环境, 降低杂菌滋生概率, 提升灵芝有效成分含量与成品合格率, 值得我们深入探索与实践。

关 键 词 : 灵芝; 栽培; 新风调控; 技术要点; 实施策略

Research on Fresh Air Regulation Technology in Industrial Cultivation of *Ganoderma Lucidum*

Feng Rencai

Institute of Urban Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100091

Abstract : The industrial cultivation of *Ganoderma lucidum* is the core mode of large-scale and standardized production of modern edible fungi. Compared with traditional greenhouse cultivation, it boasts stronger environmental controllability, more stable production cycle and higher product quality uniformity. As a key link of mushroom house environmental management, fresh air regulation directly affects the whole process of *Ganoderma lucidum* mycelium growth, primordium differentiation and sporophore development, and serves as a crucial technology to avoid defective mushroom, miscellaneous bacteria pollution, low yield and other production problems. Centering on the environmental demands throughout the whole growth period of industrially cultivated *Ganoderma lucidum*, this paper systematically explores the key technical points and implementation strategies of fresh air regulation. The proposed technology can stabilize the concentration of carbon dioxide and oxygen, as well as temperature and humidity in mushroom houses, reduce the breeding probability of miscellaneous bacteria, and improve the active ingredient content and finished product qualification rate of *Ganoderma lucidum*, which is worthy of in-depth exploration and engineering practice.

Keywords : *Ganoderma Lucidum*; cultivation; fresh air regulation; technical points; implementation strategy

引言

灵芝是珍贵药食同源真菌, 药用和经济价值很高。随着大健康产业的迅速发展, 市场需求对高品质灵芝和灵芝深加工产品的质量要求也越来越高。工厂化栽培依靠密闭控制、全年生产、标准化作业等优势, 已经成为灵芝产业转型升级的主要方向。灵芝工厂化栽培体系中温度、湿度、光照、气体环境是四大主要环境因子, 气体环境调控尤为重要, 灵芝属于好气性真菌, 在整个生长周期里需要不断地得到充足的氧气供应, 并且还要迅速排除掉由于代谢活动而产生的二氧化碳以及有害气体。目前, 大多数灵芝工厂化栽培基地存在着新风调节技术不完善、管控模式粗放、各个生育期的调控没有差异化等现象, 很容易造成菌丝生长缓慢、原基萌发不均、子实体畸形、有效成分积累不足等问题, 严重影响栽培效益。因此, 本文以灵芝工厂化栽培新风调控技术为研究对象, 对关键技术进行梳理, 提出系统的实施方法, 希望可以解决生产过程中遇到的技术难题, 促进灵芝工厂化栽培技术的规范化、智能化发展。

一、灵芝工厂化栽培中的新风调控技术要点

(一) 生育期差异化新风换气参数调控

灵芝各个生长发育时期的呼吸强度和气体耐受阈值存在较大

差别, 必须对新风换气参数加以区别对待。菌丝培养期灵芝菌丝呼吸作用弱, 对二氧化碳耐受性好, 这一阶段的主要目的就是保温保湿、减少杂菌入侵, 不需要高强度通风, 可以采用间歇式低风量新风补给模式, 每小时换气0.5到1次, 菇房二氧化碳浓度保

持在1000到2000ppm之间,空气湿度控制在70%以下,防止高湿通风造成杂菌污染^[1]。原基形成期是灵芝形态分化的重要时期,呼吸速率明显加快,对氧气的需求量也大大增加,需要逐步增加新风换气次数,每小时换气1.5~2次,使二氧化碳浓度控制在800~1000ppm之间,保证原基均匀萌发。子实体生长期是灵芝代谢最旺盛的时期,要保持充足的通风供应,换气频率增至每小时2~2.5次,二氧化碳含量保持在500~800ppm,不能突然加大或减小通风量,以免引起子实体发育受阻、产生畸形^[2-3]。精准匹配各个生育期的换气参数,从根源上适应灵芝生长的规律,保证生长的稳定。

(二) 科学化气流组织与送风模式调控

新风换气效果不仅与换气量有关,还与合理的气流组织形式密切相关,如果送风方式不合理,容易造成菇房内气流死角、温湿度分层、局部气体失衡等问题,从而影响到整个栽培效果。灵芝工厂化栽培菇房大多为层架式立体栽培,菌包密集,需要采用垂直循环式气流组织模式,选择地沟送风、屋顶排风的布局结构,使新风由底部均匀进入,污浊气体由顶部排出,缩小菇房内温差和气差,把环境波动控制到最小范围。同时还要注意避免直吹式送风和扫地风,通风口要加装40-60cm宽的挡风膜来缓冲新风流速,防止新风直接冲击菌包和幼菇,造成菇蕾枯萎、子实体生长不均匀^[4]。另外根据菇房空间大小、栽培架层数来合理布置新风管道和风口,保证每层栽培区域气流均匀流通,彻底消除通风死角,保证整房灵芝生长环境均一,提高成品合格率。

(三) 新风与温湿度、光照联动协同调控

灵芝工厂化栽培的新风调控不是单个气体的调节,需要和温度、湿度、光照等环境因子相互配合,不能造成环境失衡。新风引入会直接改变菇房内的温湿度,外界的新风温湿度与菇房内部存在较大差异的时候,盲目通风容易造成温度急剧变化、湿度过度流失,从而影响灵芝的生长。菌丝培养期菇房温度25~27℃,新风引入前要进行预热或降温,防止温差超过2℃;原基和子实体生长期保持空气相对湿度90%~95%,新风通风时应同时使用雾化加湿设备补充通风造成的湿度损失。新风调节要适应光照情况,子实体生长期光照控制在500~1500lux,通风时段选择光照稳定时段,避免强光通风造成菇体失水干枯^[5]。多因子联动调节可以达到新风换气和环境稳定相协调的目的,保证气体环境达标的同时保持温湿度、光照环境恒定,给灵芝生长创造最佳的环境条件。

二、灵芝工厂化栽培中的新风调控技术实施策略

(一) 构建分阶段标准化新风光控体系

标准化管控是新风调控技术落地的基础,根据灵芝菌丝培养、原基形成、子实体生长这三个主要的生育期,创建差异化的、可量化的、可复制的新风控制标准体系,从根本上解决传统栽培调控随意、经验化的问题。菌丝培养期间制定密闭缓通风标准,“少换气、稳环境、防污染”为原则,确定每日通风时间、每次通风时间、新风风量参数,采用间歇通风方式,每隔2小时通

风10-15分钟,禁止长时间开窗通风,严格控制通风时的湿度,湿度大于70%时停止通风,从源头上减少绿霉、毛霉等杂菌污染的可能性。原基形成阶段采用梯度增风的标准,坚持循序渐进、小幅递增的原则,每周对通风量和换气次数进行微调,适应原基分化所要求的氧气量,防止通风突然改变引起原基枯萎、分化不均,保证菇蕾整齐萌发。子实体生长阶段执行恒定高换气标准,“足氧、稳气、排浊”,不断供给新风,及时排出代谢废气,根据子实体长势微调参数,子实体膨大期适当提高换气量,成熟期小幅降低通风频次,保证灵芝菌盖规整、菌肉厚实^[6-7]。同时编制标准化操作手册,对各个阶段的调控参数、操作流程、禁忌事项做出明确规定,保证所有人员的操作一致,统一栽培控制标准,保证批次化产品的品质一致性。

(二) 搭建智能化传感监测与自动调控系统

依靠现代智能农业技术来创建自动化、实时的环境监测和新风调节系统,这是提高新风调节精度、减少人工误差的主要手段。传统的人工通风存在着监测滞后、调控不及时、参数控制不准等缺陷,不能满足工厂化周年连续生产的需要。因此需要在菇房内布置多个高精度传感器,在菇房内分层布置二氧化碳浓度、温湿度、空气流速传感器,对菇房内环境进行全方位的监测,防止单点监测造成数据偏差,传感器应避开风口、热源等局部干扰区域,保证数据真实反映菇房整体环境。同时把传感器同新风风机、换气管道、温湿度调节设备联系起来,创建起智能控制系统,设置各个生育期的环境阈值,让新风设备自动启停,风速自动调节,换气时长自动控制。当菇房二氧化碳浓度超标的时候,系统会自动启动新风设备加大换气量;当浓度达到标准的时候,系统会自动降低风量,从而达到节能的目的^[8]。另外系统可以对实时数据进行上传、历史数据的追踪以及异常预警,工作人员可以通过终端实时查看菇房环境,一旦出现通风故障、环境超标的状况,系统就会发出警报,方便及时查找并加以处理。依靠智能化系统来达成新风调节的精确化、自动化、数字化,不但可以明显改善调节精度,而且可以缩减人工维护费用,契合规模化工厂的生产需求。

(三) 优化新风通风设备与气流布局设计

通风设备性能和菇房气流布局直接影响新风调节的效果,对传统菇房设备老化、布局不合理、气流不均、能耗高进行全方位的优化。选择与食用菌栽培相适应的新风设备,安装初效、高效两层过滤装置,能有效去除外界空气中粉尘、杂菌孢子、虫卵等杂质,防止新风带入污染物,降低菇房污染率,采用变频节能风机,根据环境需要调节风速和风量,比传统的定速风机节能效果好。在此基础上,改善菇房总体气流布置,针对层架式立体栽培模式,改造通风管道构造,采取主管道加分支管道的形式,每层栽培架对应一个新风风口和排风通道,分层送风、分层排气,克服高层、底层气流差别大的状况。统一规范风口安装角度和风速,加装挡风、缓冲装置,杜绝直吹风、扫地风对灵芝生长的损伤。同时在菇房出入口设缓冲间,通风口加装60目防虫网,通风换气 and 防虫防杂菌同时达到。定期对新风管道、风机、过滤装置进行清洗消杀,防止管道积尘、杂菌滋生造成二次污染,保证新

风洁净、气流畅通，全方位提高新风调控的硬件支撑能力。

（四）建立常态化运维与应急调控管理机制

完善的运维管理及应急调控体系，是保证新风系统长久稳定运作、应对突发环境危机的关键保证，可防止由于设备出现故障或者极端天气造成通风失衡的问题。首先，创建常态化设备运维制度，制订日查、周检、月维护的管控流程，每天对新风风机、传感器、管道的运行状况进行检查，查找设备异响、通风不畅、数据异常等状况，每周清理过滤装置、风口杂物，保证新风流通过畅，每月对整个新风系统做全面检修、校准传感器参数，保证设备准确运行^[9-10]。其次，制定出不同的应急调控方案，根据高温、低温、高湿、阴雨等极端天气情况来调节通风策略，夏季高温时段坚持早晚大通风、正午少通风的原则，防止正午高温新风入房造成菇房升温，冬季低温时段采取预热通风方式，对新风进行加温处理，防止低温新风冻伤菌丝和子实体，阴雨高湿天气减少通风次数，配合除湿设备，防止菇房湿度过高引起杂菌污染。

最后，建立生产台账，对各个批次栽培的新风调节参数、设备运行状况、环境数据以及生长情况做出详细的记录，并且通过数据分析来改进调控参数，不断改进新风控制方案，创建起一个监测、调控、运维、优化的闭环管理模式，从而全面提高灵芝工厂化栽培的稳定性和科学性。

三、结论

综上所述，新风调控技术可有效稳定菇房生长环境，消除通风死角与环境波动，降低杂菌污染率与畸形菇发生率，显著提升灵芝成品品质与栽培经济效益。未来，可进一步结合物联网、大数据技术，深化新风调控精准化、节能化研究，持续优化栽培环境管控体系，为灵芝工厂化产业高质量、规模化、可持续发展提供坚实的技术保障。

参考文献

[1] 黄秀亮. 新时期广东桉树与灵芝混交林种植基础条件及具体技术的实践研究 [J]. 种子世界, 2025, (12): 192-194.

[2] 杨忠福, 李菲菲, 陈天, 等. 1 株野生赤灵芝菌丝生物学特性及驯化栽培 [J]. 食用菌, 2025, 47(6): 28-33.

[3] 路雨翔, 王强, 冯芳侠, 等. 板栗木屑替代部分柞木屑栽培灵芝的综合效益评价 [J]. 河北农业科学, 2025, 29(4): 40-44+80.

[4] 张婧, 杜阿朋, 方良. 以木薯秆为主要基质在桉树林下栽培灵芝的效果 [J]. 桉树科技, 2026, 43(1): 51-55.

[5] 王义英, 郭怡杉, 刘少军, 等. 以九斤黄山药为例的巨型山药栽培技术要点分析 [J]. 种子科技, 2024, 42(24): 43-45.

[6] 吴向荣, 符生波, 吴海霞, 等. 三种栽培因素对虎乳灵芝产量与质量的影响 [J]. 热带农业科学, 2026, 46(1): 40-46.

[7] 刘顺才, 李长贵, 杨玉婷, 等. 贵州黔南地区林下灵芝仿野生栽培技术研究 [J]. 世界热带农业信息, 2025, (6): 23-25.

[8] 李薇, 韦带莲, 刘媛. 乡村振兴视域下宜春市灵芝产业现状与高质量发展路径研究 [J]. 粮油与饲料科技, 2025, (9): 4-6.

[9] 何惠彬, 陈梓晖, 廖希彦. 灵芝室内栽培模块化收粉装置的结构设计 [J]. 福建农机, 2024, (2): 23-26.

[10] 叶松梅. 代料灵芝工厂化栽培前景分析 [J]. 食药用菌, 2021, 29(4): 289-291.