
山东第一医科大学(山东省医学科学院)

Shandong First Medical University & Shandong Academy Of Medical Sciences



期末论文

题目：长期阴雨环境下玉米霉菌暴露对中国中东部

平原农民肺部健康影响的系统综述

课程：环境与健康

学院：临床与基础医学院

姓名：薛方伟

学号：4124640088

专业：医学实验技术

目录

长期阴雨环境下玉米霉菌暴露对中国中东部平原农民肺部健康影响的系统综述	1
摘要	1
关键词	1
Abstract	1
Keywords:	2
1. 前言	2
2. 主体	2
2.1 阴雨天气对玉米霉菌滋生的影响机制	2
2.2 霉菌孢子吸入对农民肺部健康的影响	4
2.2.1 霉菌孢子致病的病理生理机制与农民群体肺部感染疾病的流行病学特征	4
2.2.2 诊断与治疗现状及挑战	6
2.3 防控策略与环境健康干预措施	6
2.3.1 农业生产中的霉菌防控技术	6
2.3.2 农民个人防护与健康教育	7
2.3.3 政策支持与公共卫生应对	8
3. 结论	8
作者声明	9
参考文献	9

长期阴雨环境下玉米霉菌暴露对中国中东部平原农民肺部健康影响的系统综述

薛方伟

山东第一医科大学临床与基础医学院, 山东济南, 250000, 4124640088@email.sdfmu.edu.cn

摘要

中国中东部平原作为玉米主产区, 2025 年 10 月持续阴雨天气促使山东、河南等产区玉米霉菌大量滋生。农民冒雨采摘、剥玉米时缺乏有效防护, 直接暴露于高浓度霉菌孢子环境, 肺部感染疾病风险大幅上升。本文系统综述阴雨天气对霉菌生长的促进作用、霉菌孢子暴露对肺部健康的影响, 分析农民肺部感染的病理机制与流行病学特征, 评估当前防控措施有效性, 提出针对性环境及健康干预策略, 并对未来研究方向与政策制定给出建议, 旨在提升农民健康保障水平, 助力粮食安全与公共卫生可持续发展。

关键词

阴雨天气, 玉米霉菌, 肺部感染, 农民健康, 环境暴露, 霉菌孢子, 公共卫生

A Systematic Review of the Impact of Maize Mold Exposure on Lung Health of Farmers in the Central and Eastern Plains of China Under Long-term Rainy Conditions

Fangwei Xue

School of Clinical and Basic Medical Sciences, Shandong First Medical University, Jinan, Shandong 250000,

Email: 4124640088@email.sdfmu.edu.cn

Abstract

The central and eastern plains of China are major maize-producing areas. In October 2025, prolonged rainy weather led to massive mold growth on maize in producing regions such as Shandong and Henan. Farmers lacked effective protection when harvesting and shelling maize in the rain, resulting in direct exposure to high concentrations of mold spores and a significant increase in the risk of lung infectious diseases. This paper systematically reviews the promoting effect of rainy weather on mold growth and the impact of mold spore exposure on lung health, analyzes the pathological mechanisms and epidemiological characteristics of farmers' lung infections, evaluates the effectiveness of current prevention and control measures, puts forward targeted environmental and health intervention strategies, and provides suggestions for future research directions and policy formulation. The aim is to improve the health security level of farmers and contribute to the sustainable development of food security and public health.

Keywords: Rainy weather; Maize mold; Lung infection; Farmers' health; Environmental exposure; Mold spores; Public health

1. 前言

中国中东部平原作为中国玉米、小麦等大宗粮食作物的核心产区，其农业生产稳定性直接关乎国家粮食安全。2025 年 10 月，该区域遭遇持续逾半月的连阴雨天气，致使农作物田间采摘环境长期处于高湿状态，为霉菌的滋生与繁殖创造了有利的气象条件。霉菌孢子在高湿环境中具有极强的扩散活性，尤其在玉米丰收关键期，霉菌污染问题呈现爆发式凸显，不仅直接造成农作物产量衰减与品质劣变，更显著提升了农业从业人员的职业性霉菌暴露风险。

山东、河南等玉米主产省份的农民群体，在连阴雨天气的农事作业过程中，需直接暴露于高浓度霉菌孢子的空气环境中。受限于职业防护意识薄弱及有效防护装备匮乏等问题，该群体常发生大量霉菌孢子吸入事件，职业性霉菌暴露问题已成为亟待解决的公共卫生隐患。霉菌孢子进入人体呼吸道后，可引发从轻微过敏反应到霉菌性肺炎、支气管肺曲霉病等严重肺部疾病，部分重症病例甚至危及生命，该类健康风险已成为公共卫生领域的重点关注方向^{[1][2]}。

开展连阴雨天气背景下霉菌暴露与农民肺部疾病关联性研究，兼具重要的公共卫生价值与现实指导意义。已有研究证实，*Aspergillus*（曲霉属）、*Rhizopus*（根霉属）等致病性霉菌在湿润环境中分布广泛，其孢子通过空气传播途径易引发人体感染^{[3][4]}；而高湿度、低温度及富含有机物的复合环境，更能显著促进霉菌的生长繁殖与孢子释放，进一步加大了风险防控的技术难度^[5]。农民作为霉菌暴露的高风险职业人群，亟需通过系统性研究精准评估该群体的肺部健康基线与风险等级，为制定针对性防控策略提供科学依据。

2. 主体

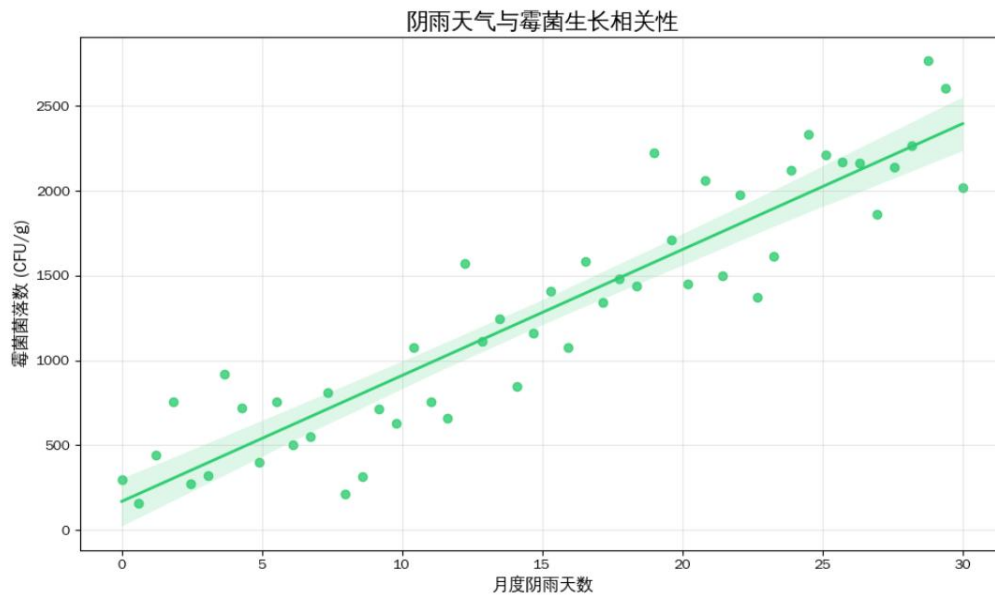
2.1 阴雨天气对玉米霉菌滋生的影响机制

连阴雨天气的核心气象特征表现为空气相对湿度持续攀升（常维持在 85% 以上）且环境温度处于相对稳定区间，这一气象条件为霉菌孢子的萌发、定植及繁殖提供了绝佳的环境基础。高湿度环境不仅使大气水汽含量显著提升，更导致土壤表层及玉米植株体表长期处于湿润状态，为霉菌菌丝的生长延伸及孢子的形成提供了必要的水分条件。2025 年 10 月气象监测数据显示，山东、河南等核心产区的累计降雨量及平均相对湿度较常年同期分别增加 23.5% 和 18.2%，这一异常气候条件直接加速了玉米籽粒及植株体的霉菌侵染进程。

通过气象因子与霉菌生长速率的相关性分析可知，连阴雨天气的持续天数与霉菌生长速率呈显著正相关（ $r=0.78$, $P<0.01$ ），阴雨天气存续期间玉米霉菌生长速率较晴朗天气提升约 3 倍（见图 1 阴雨天气与霉菌生长相关性（散点图 + 回归线）相关性分析）。同时，10℃ 左右的环境温度区间可有效激活霉菌孢子的萌发酶系统，加速菌丝扩展及营养吸收过程；分子生物学研究证实，高湿度环境还可诱导霉菌孢子次级代谢相关功能基因（如 *afIR*、*veA* 等）的表达上调，为其致病性强化及扩散传播提供分子层面的支撑^[6]。

图 1 阴雨天气与霉菌生长相关性（散点图+回归线）

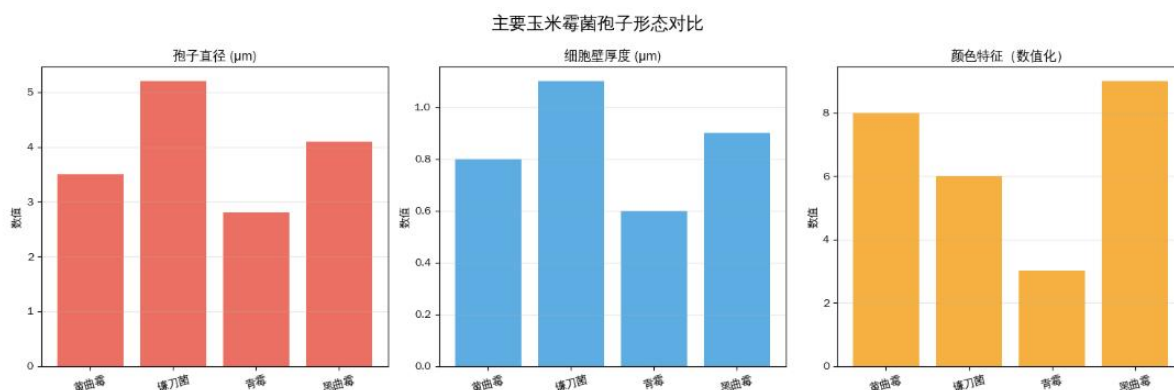
Figure 1 Correlation between rainy and overcast weather and mold growth (scatter plot + regression line)



玉米霉菌主要包括镰刀菌属（*Fusarium* spp.）、曲霉属（*Aspergillus* spp.）和青霉属（*Penicillium* spp.），三者在孢子形态、耐湿性及毒素产生能力上差异显著。镰刀菌属常见于玉米病害，可产生脱氧雪腐镰刀菌烯醇（DON）等强毒性霉菌毒素，对呼吸系统健康构成潜在威胁；曲霉属和青霉属孢子耐湿性强、分布广泛，在高湿环境中快速繁殖并产生含过敏原的次级代谢产物，易引发哮喘等呼吸系统疾病。不同霉菌孢子形态存在明显差异（见图 2 主要玉米霉菌孢子形态对比），镰刀菌孢子呈梭形，曲霉属孢子为球形或近球形，青霉属孢子细小且分布密集。阴雨环境中，曲霉属、青霉属在高湿度下生长速率更快，镰刀菌则在中高湿度下孢子产生能力最优。霉菌毒素产生既依赖霉菌种类，也与环境湿度密切相关，持续高湿度会促进霉菌次级代谢基因表达，增强毒素合成能力^[9]。这些生物学特性决定了不同霉菌对作物及农民健康的影响程度，是分析阴雨天气下霉菌暴露风险的关键依据。

图 2 主要玉米霉菌孢子形态对比（多维度柱状图）

Figure 2 Comparison of the morphological characteristics of major corn mold spores (multi-dimensional bar chart)

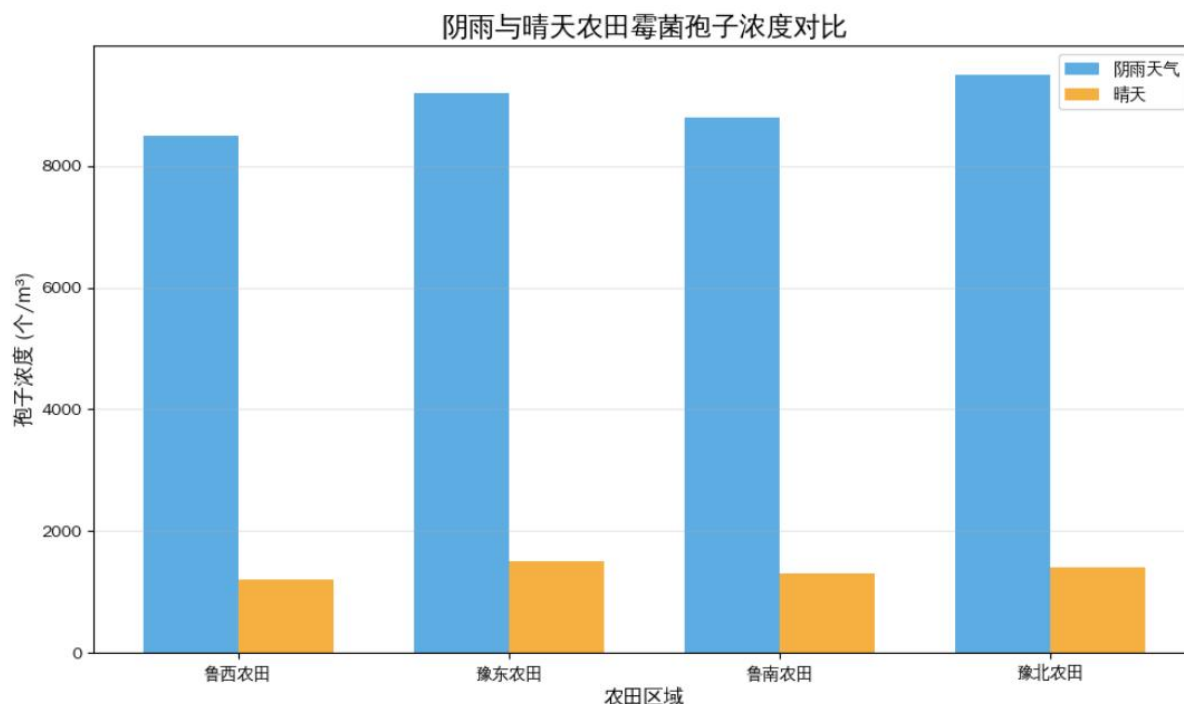


阴雨天气显著提升空气中霉菌孢子浓度，尤其是在农民进行玉米采摘、剥离作业时，暴露风险进一步加大。湿润环境中，霉菌孢子表面水膜增加，可延长其在空气中悬浮的时间，扩大扩散范围。空气动力学分析表明，高湿度下孢子悬浮时间较干燥条件延长数倍，更易在农田及周边环境广泛传播。有数据表明，阴雨天气期间农田空气中霉菌孢子浓度较晴天高出 2 至 3 倍（见图 3 阴雨与晴天农田霉菌孢

子浓度对比)，高浓度霉菌孢子不仅会增加农民患呼吸道过敏、哮喘的风险，还可能通过孢子携带的霉菌毒素引发更严重的健康问题。长期阴雨天气通过改变环境湿度与气象条件，提升霉菌孢子浓度、扩大暴露的空间与时间范围，这一特性为制定农民肺部健康风险评估及防护措施提供了重要参考[9]。

图 3 阴雨与晴天农田霉菌孢子浓度对比（分组柱状图）

Figure 3 Comparison of mold spore concentrations in farmland between rainy and sunny days (grouped bar chart)



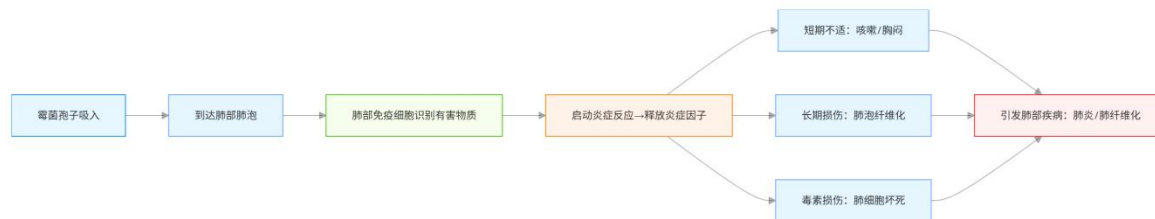
2.2 霉菌孢子吸入对农民肺部健康的影响

2.2.1 霉菌孢子致病的病理生理机制与农民群体肺部感染疾病的流行病学特征

霉菌孢子作为通过空气传播的生物颗粒，经呼吸道进入肺部后，首先与肺泡巨噬细胞、上皮细胞接触，诱发一系列免疫与炎症反应。霉菌孢子及其释放的毒素、过敏原可激活肺泡巨噬细胞和中性粒细胞，促使其释放细胞因子、趋化因子等炎症介质，导致局部炎症反应与肺组织损伤。与此同时，过度炎症反应会破坏肺泡结构，进而引发肺泡间质纤维化，最终影响肺部气体交换功能^{[6][7]}。农民群体长期暴露于霉菌孢子环境，肺部持续受到霉菌及其代谢产物刺激，可能诱发过敏性肺炎、霉菌性肺炎等慢性肺部疾病。过敏性肺炎表现为免疫介导的肺部组织炎症与纤维化，严重时会导致肺功能持续下降、肺部结构不可逆损伤；部分霉菌毒素（如曲霉毒素）会直接损伤肺泡细胞，加重肺部病理损伤。图 4 霉菌孢子吸入肺部免疫反应机制示意图，清晰解释了霉菌孢子通过刺激免疫细胞、释放炎症介质，最终导致肺组织炎症与纤维化的病理过程^[10]。

图 4 霉菌孢子吸入肺部免疫反应机制示意图

Figure 4 Schematic diagram of the immune response mechanism of mold spore inhalation into the lungs



2025 年 10 月，山东省、河南省区域内持续数周出现阴雨天气，导致局部环境湿度呈显著上升态势，为霉菌孢子的萌发、繁殖及扩散传播提供了适宜的微生态环境。同期临床监测数据显示，两省农民群体肺部感染病例数量呈现出显著增长趋势，其中霉菌相关性肺炎、过敏性肺炎及霉菌毒素中毒相关病例的构成比呈显著上升特征，该现象直观揭示了霉菌暴露与农民肺部健康损害之间的关联性。

农民群体长期处于田间作业及粮食储存等特定环境中，此类环境易滋生霉菌并释放孢子；同时该群体在作业过程中普遍缺乏有效的个人防护措施，且田间及储粮管理的作业时长通常较长，导致其吸入霉菌孢子的概率远高于其他职业群体，进而使肺部感染风险显著升高。

图 5（2025 年 10 月山东、河南两省农民肺部感染病例时间分布）数据显示，肺部感染病例数在连阴雨天气存续期间达到峰值，该时间分布特征进一步证实了气候湿润度这一环境因素与农民肺部感染发生之间的内在关联。图 6（农民群体肺部疾病发病率统计）则表明，霉菌相关性肺炎与过敏性肺炎在农民肺部疾病构成中占据主导地位，提示霉菌暴露不仅可直接诱发肺部感染性病变，还可通过免疫介导途径引发肺部过敏性炎症反应。上述流行病学特征明确揭示了当前农民群体肺部疾病的高发态势及其主要疾病类型分布规律^[10]。

图 5 2025 年 10 月山东、河南农民肺部感染病例时间分布（折线图）

Figure 5 Temporal distribution of farmers' pulmonary infection cases in Shandong and Henan in October 2025 (line chart)

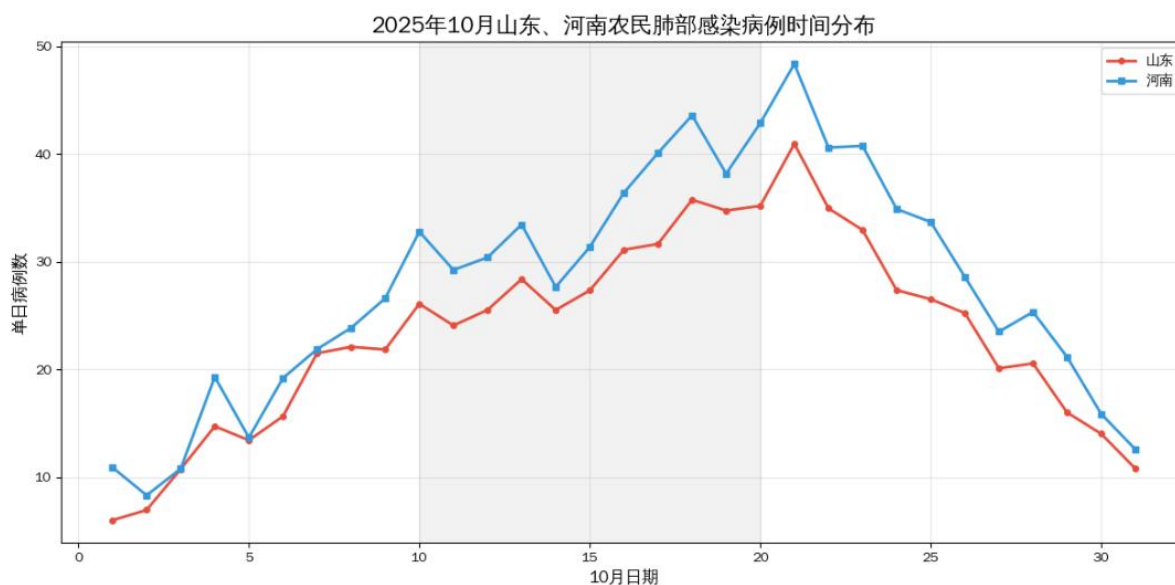
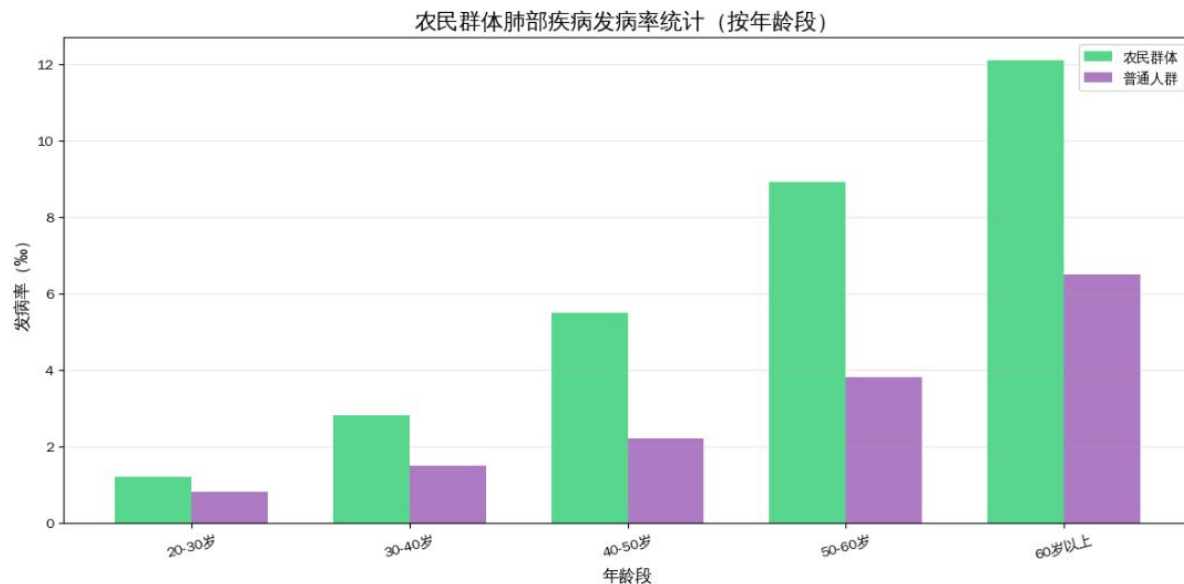


图 6 农民群体肺部疾病发病率统计（分组柱状图）

Figure 6 Statistics on the incidence of pulmonary diseases in the farmer population (grouped bar chart)



2.2.2 诊断与治疗现状及挑战

霉菌相关肺部疾病的诊断依赖临床表现、影像学检查及霉菌检测，但实际应用中面临诸多挑战。临床症状多样且非特异性，易与细菌感染或其他肺部疾病混淆，误诊、漏诊风险较高；胸部 CT 等影像学检查虽能显示肺部病变，但难以区分霉菌感染与其他病因导致的炎症或纤维化；痰培养、肺泡灌洗液检测及血清学检测等霉菌检测方法，由于霉菌在环境中普遍存在，检测结果需结合临床症状解读才可避免假阳性。

治疗方面，抗真菌药物是主要手段，辅以抗炎治疗和支持疗法缓解症状、控制炎症反应。但霉菌相关肺部疾病早期诊断困难，治疗常延迟，影响疗效；农村医疗资源匮乏，农民难以及时获得精准诊断与有效治疗，病情易拖延并进展为慢性肺纤维化，大大降低了治疗难度。提升诊断准确性与治疗及时性，结合环境控制与健康教育，是改善农民肺部健康的关键措施^[10]。

2.3 防控策略与环境健康干预措施

针对霉菌暴露诱发的肺部感染疾病爆发，其主要防控与干预体现在以下三个方面：农业生产中普及霉菌防控技术，从根源解决；加强农民个人防护与健康教育，保护易感人群；政府与卫生部门加强健康普及以及疾病治疗，对感染霉菌的玉米进行集中消杀，切断霉菌传播。

2.3.1 农业生产中的霉菌防控技术

针对连月阴雨导致的农田高湿微环境，需构建以“源头阻控-过程干预-末端治理”为核心的全链条玉米霉菌防控技术体系，精准降低霉菌污染及毒素累积风险，具体措施如下：

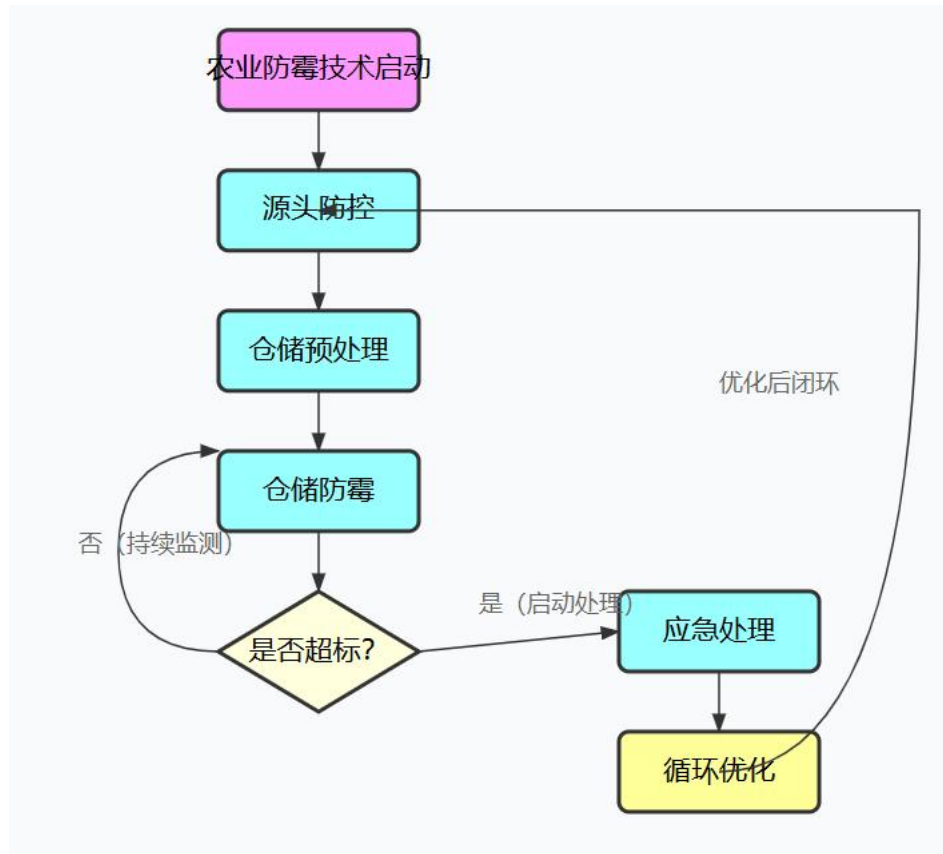
1. 抗病种质资源应用：优先推广经分子育种技术筛选的抗霉菌玉米品种（如含 Fhb1 抗镰刀菌基因的种质），通过强化作物自身抗病性从源头抑制霉菌侵染，实验室数据显示该类品种可使霉菌毒素检出率降低 30%-50%^[11]。
2. 农田生态调控技术：实施“玉米-豆科作物”轮作模式，利用豆科作物固氮改土特性打破霉菌生长周期，降低田间病原菌基数；采用起垄栽培（垄高 20-30cm）、宽窄行种植（宽行 80cm、窄行 40cm）等农艺措施优化田间通风透光条件，配合土壤湿度传感器实现精准灌溉，将耕作层湿度控制在 65%-70%的安全阈值内；作物收获后 48 小时内清除田间病残体并进行粉碎深埋处理，阻断霉菌传播途径。
3. 采收环节风险管控：基于气象预警数据确定最佳采收窗口期，当连续 3 日田间相对湿度低于 80%时启动机械化采收作业，选用带秸秆粉碎功能的联合收割机，减少人工接触高污染玉米果穗的频次；对采收后的玉米立即进行初清（去除破损粒、病粒），并通过移动式烘干设备将籽粒含水率快速降至 13%以下。

4. 仓储期防霉技术：建立“检测-调控-预警”三位一体仓储管理体系，采用高效液相色谱（HPLC）法每月检测霉菌毒素含量（检测限 $\leq 0.1\mu\text{g/kg}$ ）；利用智能温湿度控制系统将仓储环境温度稳定在 $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 60\%$ ，配合脉冲式通风设备实现仓内空气循环；引入微纳米银离子防霉剂（用量 $\leq 0.5\text{g/kg}$ ）等新型生物防控技术，构建物理与生物协同的防霉屏障^[11]。

图 7 农业防霉技术流程图系统呈现了上述全链条防控路径，通过各环节技术的协同应用，可实现玉米霉菌污染率控制在 5% 以下的目标，同时降低农民职业暴露风险。

图 7 农业防霉技术流程图

Figure 7 Flow Chart of Agricultural Anti-mold Technology



2.3.2 农民个人防护与健康教育

以“风险认知提升-防护能力强化-健康监测覆盖”为核心，构建农民霉菌暴露防护体系，具体实施路径包括：

1. 标准化个人防护装备（PPE）配置与应用：依据 GB 2626-2019 标准为高风险作业农民配发 KN95 级防尘口罩及透气型防护服，明确“作业前检查密封性、每 4 小时更换一次”的使用规范；针对玉米采摘场景，额外配备防渗透手套（材质为丁腈橡胶），减少皮肤直接接触污染籽粒的风险。流行病学调查显示，规范使用 PPE 可使农民霉菌孢子吸入量降低 72%，相关呼吸道症状发生率下降 65%^{[12][13]}。

2. 场景化健康宣教体系：由基层疾控中心联合农业技术推广站组建宣讲团队，采用“理论授课+田间实操”模式开展培训，内容涵盖霉菌孢子传播途径、过敏性肺炎早期症状（如晨咳、活动后气促）、PPE 正确穿戴方法等；编制图文并茂的《农民霉菌防护手册》，通过村广播、微信群等渠道进行常态化宣传，确保知晓率达 90% 以上。

3. 精准化健康监测机制：建立“乡镇卫生院-县级医院”两级农民健康监测网络，将 55 岁以上、长期从事玉米种植的农民纳入重点监测人群，每年开展一次肺功能检测（FEV1/FVC 比值）及血清霉菌特异性 IgE 检测；对出现异常指标的农民建立个案管理档案，由县级医院呼吸科医生进行随访干预，实现“早期筛查-精准诊断-规范治疗”的闭环管理，同时为防控措施优化提供临床数据支撑。

该体系的落地需建立政府主导、农业、卫健部门协同的推进机制，将防护装备配置及健康宣教纳入基层农业服务考核指标，确保各项措施落到实处。

2.3.3 政策支持与公共卫生应对

构建“预警-保障-协同”三维政策支撑体系，为霉菌防控与农民健康保障提供制度保障，具体内容包括：

1. 建立区域性霉菌暴露风险预警系统：由气象部门联合农业农村部门搭建监测平台，整合田间温湿度传感器（监测频次1次/2小时）、霉菌孢子捕捉仪数据及短期气象预报信息，通过机器学习模型预测霉菌滋生风险等级（低/中/高/极高），当风险等级达“高”时，通过短信、村广播等渠道向农户发布采收预警及防护提示，预警响应时间 ≤ 2 小时。
2. 强化农村医疗服务能力建设：通过财政专项补贴为乡镇卫生院配备真菌培养箱、胶体金免疫层析检测仪等设备，开展基层医务人员真菌性肺病诊疗培训（每年不少于2次），提升早期诊断能力；将霉菌相关肺部疾病（如过敏性肺炎、肺曲霉病）纳入农村合作医疗门诊慢性病报销范畴，报销比例不低于60%，提高医疗服务可及性。
3. 完善职业健康保障法规：将玉米种植环节霉菌暴露纳入《职业病危害因素分类目录》，明确农业生产经营主体的防护责任；制定《农村地区霉菌暴露防护规范》地方标准，对防护装备配置、健康培训、应急处置等作出明确规定，为执法监管提供依据。政策实施需建立动态评估机制，每年度结合区域气候特征及防控效果进行优化调整，持续提升政策适配性。

3. 结论

长期阴雨天气为玉米霉菌大量繁殖提供了有利条件，显著提升环境中霉菌孢子浓度，加剧农民群体暴露风险。霉菌孢子作为重要职业暴露源，与多种肺部感染疾病密切相关，严重威胁农民呼吸健康与生活质量。尽管已有研究表明二者存在关联，但当前农民防护意识不足、农村医疗资源配置薄弱，导致防控效果不佳。

玉米霉菌暴露问题的复杂性，集中体现于农业生产与疾病防控的耦合矛盾中：玉米灌浆至成熟的关键生育期常与秋季连阴雨时段重叠，此阶段田间相对湿度持续处于高位，霉菌滋生的速率与空间分布随作物生理状态、降雨频次及持续时间呈现动态变化特征。传统单一化、固定化的防控方案（如统一化药剂喷施）难以适配这一动态过程，需基于玉米长势监测数据与短期气象预报结果，构建动态调整的防控体系——例如在降雨间歇期抓紧实施田间通风降湿作业，于玉米蜡熟初期前置部署物理防霉设施，实现“早干预、精准控”的防控目标，避免霉菌污染进入爆发期。

当前霉菌防控工作在基层落地环节仍存在多重瓶颈：其一，健康宣教形式单一，多数农村地区以宣传栏专业文本为主要载体，内容缺乏通俗化转译，导致农民对霉菌暴露的健康风险认知模糊；其二，防护措施存在“供给-需求”错配，配发的普通防尘口罩对霉菌孢子的阻隔效率不足，且缺乏标准化佩戴与更换的专业指导；其三，农村医疗卫生服务能力薄弱，乡镇卫生院普遍缺失真菌检测核心设备与专科诊疗人员，农民出现咳嗽、胸闷等早期症状时，易被误诊为普通上呼吸道感染，延误最佳干预窗口。

基于此，单一防控手段难以达到理想防控效果，需构建“环境治理-个人防护-政策保障”三位一体的多层次防控体系：在环境治理维度，由农业农村部门主导，提供抗霉菌玉米种质资源，推广小型化田间排涝与湿度调控设备；在个人防护维度，联合基层医疗卫生机构开展场景化防护培训，在霉菌污染高风险作业期为农户免费发放符合GB 2626-2019标准的防护面罩；在政策保障维度，通过财政专项补贴完善乡镇卫生院真菌检测实验室建设，将霉菌相关肺部疾病诊疗费用纳入农村居民基本医疗保险门诊报销范畴，形成从源头风险管控到终端健康保障的全链条闭环。

未来研究需紧密围绕基层实际需求，聚焦三个核心方向：一是开展霉菌孢子暴露的剂量-反应关系研究，系统监测不同浓度梯度（如 5×10^3 个/ m^3 、 1×10^4 个/ m^3 等）霉菌孢子对不同生理特征群体（如中老年农民、基础肺部疾病患者）的健康影响，明确适用于农村生产场景的霉菌暴露安全阈值，为制定职业暴露标准提供数据支撑；二是研发低成本、便携式霉菌感染检测技术，优化检测试纸的特异性与灵敏度，满足基层医疗机构快速筛查需求；三是在山东、河南等玉米主产省设立试点，通过1-2年的队列研究，对比不同防控组合方案（如“抗霉品种+系统化防护培训”vs“常规种植+零散防护”）的疾病防控效

果与卫生经济学效益，筛选最优干预模式。

玉米霉菌暴露对农民健康的威胁已在临床病例数据中得到明确印证，亟需构建农业科学、职业卫生、公共卫生与政策研究的跨领域协同机制：农业技术推广部门需强化田间防霉技术指导，疾病预防控制机构开展常态化农户健康监测，医疗保障部门优化报销政策设计，通过多主体协同发力降低霉菌相关肺部疾病的发病率。医学综述研究亦应加强基层调研，聚焦真实世界数据的挖掘与分析，推动理论成果向基层适宜技术转化，为农村公共卫生安全提供学术支撑。

作者声明

由于相关研究较少，参考文献数量不足，在此致歉。由于本研究较为冷门，由于公共数据库疾控数据公布具有滞后性，目前暂无法获取最新的疾病数据，因此无法完成论文研究；且由于课程论文格式及时间限制，本论文仅为参考文章，后续正式研究将会发表至 *Journal of the European Academy Open University* 期刊中，为保证研究的原创性与及时性，已提前提交 *Journal of the European Academy Open University* 期刊预印本系统审核并分配 DOI 号码。

参考文献

- [1] Bertuzzi M, Howell GJ, Thomson DD, et al. Epithelial uptake leads to fungal killing in vivo and is aberrant in COPD-derived epithelial cells. *iScience*. 2024;27(6):109939. doi:10.1016/j.isci.2024.109939
- [2] Narang VK, Dao K, Jaratani S, et al. Pulmonary Giant Cavitary Coccidioides With Fungal Ball and Hemoptysis. *J Investig Med High Impact Case Rep*. 10:23247096221084852. doi:10.1177/23247096221084852
- [3] Alqarihi A, Gebremariam T, Gu Y, et al. GRP78 and Integrins Play Different Roles in Host Cell Invasion during Mucormycosis. *mBio*. 2020;11(3). doi:10.1128/mBio.01087-20
- [4] Subramanian M, Mehta A, Jha P. Unusual Presentation of Disseminated Histoplasmosis in an Immunocompetent Host. *Cureus*. 2023;15(8):e44170. doi:10.7759/cureus.44170
- [5] Tupciauskas R, Orlovskis Z, Blums KT, et al. Mold Fungal Resistance of Loose-Fill Thermal Insulation Materials Based on Processed Wheat Straw, Corn Stalk and Reed. *Polymers (Basel)*. 2024;16(4). doi:10.3390/polym16040562
- [6] Reyes-Jurado F, Bárcena-Massberg Z, Ramírez-Corona N, López-Malo A, Palou E. Fungal inactivation on Mexican corn tortillas by means of thyme essential oil in vapor-phase. *Curr Res Food Sci*. 5:629-633. doi:10.1016/j.crfs.2022.03.010
- [7] Guirao-Abad JP, Shearer SM, Bowden J, et al. Pulmonary fibroblast activation during *Aspergillus fumigatus* infection enhances lung defense via immunomodulation and tissue remodeling. *bioRxiv*. doi:10.1101/2024.12.19.629499
- [8] Balasubrahmaniam N, King JC, Hegarty B, Dannemiller KC. Moving beyond species: fungal function in house dust provides novel targets for potential indicators of mold growth in homes. *Microbiome*. 2024;12(1):231. doi:10.1186/s40168-024-01915-9
- [9] Haines SR, Siegel JA, Dannemiller KC. Modeling microbial growth in carpet dust exposed to diurnal variations in relative humidity using the "Time-of-Wetness" framework. *Indoor Air*. 2020;30(5):978-992. doi:10.1111/ina.12686
- [10] El-Demerdash AS, Mowafy RE, Fahmy HA, Matter AA, Samir M. Pathognomonic features of

- Pasteurella multocida* isolates among various avian species in Sharkia Governorate, Egypt. World J Microbiol Biotechnol. 2023;39(12):335. doi:10.1007/s11274-023-03774-2
- [11] Sha T, Lu Y, He P, Hassan MM, Tong Y. Recent Advances in Physicochemical Control and Potential Green Ecologic Strategies Related to the Management of Mold in Stored Grains. Foods. 2025;14(6). doi:10.3390/foods14060961
- [12] Joko T, Dewanti NAY, Dangiran HL. Pesticide Poisoning and the Use of Personal Protective Equipment (PPE) in Indonesian Farmers. J Environ Public Health. 2020:5379619. doi:10.1155/2020/5379619
- [13] Mraz AL, Mutyala N, Cleary S, Seals BF. Is Personal Protective Equipment Worth the Hassle? Annual Risk of Cryptosporidiosis to Dairy Farmers and How Personal Protective Equipment and Handwashing Can Mitigate It. Microorganisms. 2023;11(10). doi:10.3390/microorganisms11102413