

玉米黑粉病（头黑粉病，*Sporisorium reilianum*）

病原研究：玉米黑粉病是由丝孢堆黑粉菌（*Sporisorium reilianum*）引起的系统性感染性真菌病害，主要侵染玉米的雄穗和雌穗¹。该菌寄主仅为玉米，在玉米生长早期侵入幼苗体内，休眠为冬孢子在土壤或病残体中越冬，可在土壤中存活2~3年成为来年初侵染源²。分子研究表明，*S. reilianum*与玉米普通黑粉菌（*Ustilago maydis*）基因组相似度高但致病表型不同：前者在花部形成黑粉瘤，且不产生对人体有毒害作用³。在中国，丝黑穗病主要分布于春玉米区，如东北、西北、华北及华南高凉山区等地⁴（见表1），但整体危害程度不及普通黑粉病。该菌结构为双核菌丝，产生圆柱形或椭圆形冬孢子（直径约8~15微米）⁵。丝黑穗病菌不产生已知的致毒性代谢物，人食感染瘤不影响食用安全³。

症状分析：丝黑穗病为幼苗系统性感染病害，早期苗期有时即见异常，但典型症状至抽雄吐丝期方显现⁶⁷。受害苗株常显矮化、节间缩短、叶片簇生暗绿挺直、分蘖增多等特征⁶。抽雄期时，病菌在雄花和雌花组织形成肿瘤样菌瘿：雌穗感染后多数穗部转变为一个基部膨大、顶端尖小的圆锥形瘤块，无法吐丝，苞叶未破裂，内部含丰富的黑色粉状孢子⁶；雄穗受侵时多保持正常外形，仅个别小苞片长出小瘤⁶⁸。病瘤初期呈银白色、肉质多汁，膨胀并冲破苞叶后表面变暗带淡紫红色，断面呈灰至黑色，干枯裂开时释放黑粉（冬孢子）⁹¹⁰。灌浆后期有时可见苞叶破裂散粉。病株常早衰或空秆，产量下降。田间观察到，即使成株时症状不显著，一旦抽雄灌浆，患株雌雄花部即表现典型黑粉症状，严重田块秕穗率可显著升高¹¹。

传播途径：丝黑穗病主要为**土传病害**，也可通过种子、带菌有机肥料传播¹²²。病菌形成的冬孢子随病残体遗留在土壤中为主要初侵染源，可在3年以上土壤中存活²¹²。病菌亦可附着在种子表面随种子流布，种子贸易或长距离运输时尤易传播²。另外，使用未经充分腐熟的玉米秸秆作有机肥也会携带冬孢子，成为田间侵染源。病菌在5叶期前均可侵入幼苗，所以一旦土壤或种子带菌，幼苗萌发后即易感染¹³。田间管理不善（连作、残留大量病株）时，田间病菌不断累积，一旦环境适宜（温暖干旱）易造成暴发。由于丝黑穗病为内部隐蔽性病害，田间病株往往在穗期前不易发现，故需结合轮作和无病种子防范¹²¹⁴。

发病机制：丝黑穗病菌通过根际侵入玉米幼苗体内，侵染并随植物生长而系统扩散¹⁵¹³。在适宜条件下（温暖、干旱），菌丝经由芽尖或根尖突破幼苗组织进展，待植株形成雄穗雌穗后刺激寄主细胞异常分化，形成菌瘿¹⁵¹³。感染过程中，病菌分泌多种植物激素样物质和效应因子，诱导宿主细胞增生并供养病菌¹⁵。病菌生活史分担子生殖型和冬孢子生殖型：不同交配型的单核菌丝在寄主组织内结合，发育为双核菌丝，刺激宿主形成肿瘤并产生冬孢子¹⁰¹⁵。环境因素对其侵染影响显著：春季干旱时病害易发生且传播速度快¹³¹⁶；相反雨水充足时，病害发展相对缓慢。宿主方面，玉米新品种中存在大量抗病基因，可有效抑制菌侵和菌瘿形成，因此种质中高抗资源丰富¹⁷¹²。

防治措施：针对丝黑穗病，应采取综合管理手段。**品种选育与轮作：**选用抗丝黑穗病品种是最根本的防控途径。国内已有多个抗病良种和高抗玉米系可应用¹⁷¹⁸。推行玉米与大豆、花生等非寄主作物轮作，至少3年以上的轮作倒茬制度，可明显减少土壤病原菌数量¹⁷¹⁴。**田间管理：**秋后深翻土地或冬季淹水可消灭部分病菌¹²；春季播种前及时清除田间病残株，避免病株遗留，切断初侵染源¹²¹⁴。合理施肥灌溉、避免机械伤害能增强植株抗病力，降低病害发生。**种子处理：**播种前将种子进行药剂包衣可显著降低初侵染。常用的包衣剂包括内吸性强的三唑类和多菌灵类药剂¹²⁹。例如，采用50%三唑酮或50%福美双（多菌灵类）可湿性粉剂按种子重量0.2%~0.5%拌种¹⁹¹²。也可用20%矮壮素悬浮剂浸种后再加多菌灵、甲基托布津拌种¹⁹。**药剂防治：**在灌浆前后（玉米抽雄至吐丝前）进行药剂喷雾，可抑制病菌扩散。推荐药剂包括烯酮唑醇、丙环唑、噻苯隆等三唑类杀菌剂，以全株喷雾的方式进行防治¹⁹¹⁴。连续喷2~3次，每隔7~10天一次，可有效减少病斑产生。**生物防治：**可在土壤或根际施用拮抗微生物制剂，如木霉菌、假单胞菌等，对土壤进行改良，抑制丝黑穗病菌滋生，提高根系周围抗病环境²⁰²¹。**精准监测预警：**加强病害监测和气象预警，对重病区田块进行定期巡查。一旦发现疑似病株，应及时拔除销毁，以切断传播途径¹⁴²²。科研机构建议利用信息化技术（无线传感网、遥感等）对病情进行实时监控和预测预警，指导适时防治²²。

玉米根腐病（茎基腐病；Fusarium spp.、Pythium spp.等）

病原研究：玉米根腐病是多种土传真菌和卵菌的复合侵染病害，主要病原包括镰刀菌属(*Fusarium* spp., 如禾谷镰刀菌*F. graminearum*、拟轮枝镰*F. verticillioides*、单端孢霉*F. moniliforme*等)、腐霉菌属(*Pythium* spp., 如腐霉*P. aphanidermatum*、*P. ultimum*等)及炭腐菌(*Macrophomina phaseolina*)等^{23 24}。不同地区病原种类略有差异，南方湿热地区腐霉菌更为常见，干旱地区炭腐菌活跃^{25 26}。上述镰刀菌可以合成多种危害人体健康的霉菌毒素：主要为玉米赤霉烯酮(ZEA)、伏马毒素(fumonisin, 尤其是FB1)和呕吐毒素(DON)等²⁷，这些毒素可通过食物链富集而危害畜禽及人类。腐霉菌虽不产生此类持久毒素，但其通过产卵囊和无性孢子在土壤中扩散，并能迅速侵染幼苗²⁸。我国各玉米主产区均有根腐病发生，一般发病率不高，偶于特定气候条件下（如连阴雨、高湿低温或水涝积水后）可造成严重发病²⁶。

症状分析：根腐病可在玉米各生育阶段出现症状，苗期尤为关键：腐霉菌、镰刀菌等会导致烂苗、出苗率下降，病苗出现褐色根、基部黑腐等症状；严重时幼苗黄化倒伏^{26 29}。拔节期开始，茎基部出现竖状褐色病斑，向上逐渐扩展形成不规则病斑，病斑部位组织软化、中空，根系腐烂，植株易倒伏^{29 30}。灌浆前后为显病高峰期，此时基部腐烂严重：茎秆基部折断、腐烂，常见粉红色霉层（炭腐菌等）或白色霉层（腐霉菌）^{29 30}。叶片表现上先上部黄枯、下部枯死，整株早衰萎蔫³⁰。果穗易下垂，穗柄软化，苞叶黄枯难剥，籽粒排列松散、多数空腹、颗粒瘪小³⁰。症状严重时植株提前枯死、倒伏，千粒重和籽粒数明显下降，对产量影响显著^{30 29}。与单纯茎腐病相比，根腐病更突出根系症状，包括根系腐烂、发黑和失去生理功能。

传播途径：根腐病病原通过多种途径传播：病菌可随土壤和病残体越冬，落叶、茎基和根上残存的菌丝、菌核或孢子在次年成为初侵染源；种子带菌传播也是重要途径，带病种子远距离调运易扩大病害范围²⁸。农家使用未腐熟的带菌秸秆作有机肥或肥料堆肥，会将病原引入土壤；连作加剧土壤菌源累积，提高发病风险²⁸。此外，昆虫、机械伤口也可作为病菌侵入提供通道，但主要传播方式还是土壤和病残体²⁸。高温高湿、局部渍水等有利条件下，病原孢子萌发传播迅速，易造成田间小范围爆发。

发病机制：根腐病菌主要侵入玉米根颈部及根系，通过产生纤维素酶、木质素酶等细胞壁降解酶破坏宿主组织结构，同时分泌多种抑制植物生长的代谢物质。镰刀菌在感染后能沿木质部管道扩散，并产生毒素影响植株健康；腐霉菌则产生下生孢子和游动孢子，在根际环境中迅速侵入根尖，并形成菌丝网扩散^{25 27}。环境条件影响明显：一般23–26℃、高湿度时，镰刀菌和腐霉菌最为活跃；干旱时，抗旱性的炭腐菌更易扩散加剧病害³¹。长期玉米连作使土壤中病原数量逐年累加，弱化植物抗病性；地下害虫侵害造成的伤口也助长病菌入侵。宿主方面，缺钾和缺硅等营养不平衡会降低玉米根系抗病能力，使病害加剧。

防治措施：根腐病防控需综合管理，各生育阶段有侧重点。**抗病品种：**大力推广抗病玉米品种是根本途径，应选用对主要病原菌有抗性的品系和杂交种。**轮作与田间管理：**实施玉米与豆类、薯类等非寄主作物轮作，有助于打破病原生活史³²。及时清除田间病残体，深翻土壤，减少次年田间菌源³²。改良排灌条件，保持田间排水畅通，避免高温多雨条件下积水诱发病害。合理密植，减少无效密度，以利通风透光。施用充分腐熟的有机肥和增加钾、硅肥，可增强植株抗病力。**种子处理：**推广使用杀菌种衣剂包衣或拌种。针对镰刀菌和丝核菌，可使用含百菌清、多菌灵、代森锰锌等药剂的种衣剂（如75%百菌清、50%多菌灵或80%代森锰锌可湿性粉剂），按种子重量0.3%–0.5%拌种³³。针对腐霉菌，可使用甲霜灵等卵菌类杀菌剂（如58%甲霜灵·锰锌混剂0.4%拌种）³³。这些措施可在出苗前杀灭种子和土壤中的初侵染菌源。**化学防治：**发生初期可进行药物灌根或叶面喷施。推荐使用77%百菌清、50%多菌灵等丙烯酰胺类杀菌剂，每亩用量按说明稀释后喷雾，喷前后可间隔7–10天重复1–2次^{34 33}。对腐霉病可在栽培期用金属锰盐或烯酰吗啉类药剂防治。**生物防治：**应用有益微生物（如绿木霉、哈茨木霉、链霉菌或假单胞菌属等）处理种子或土壤，可抑制病原菌菌丝生长并改善根际生态^{20 21}。比如，木霉菌种衣剂或根际施用可显著减少根腐病发生^{20 21}。**监测预警：**加强田间早期监测，尤其在高风险条件下（日灌水后、连阴雨季节），及时发现并防范。利用信息技术建立病害监测网络和气象预警系统，对田间湿度、温度等进行实时监测，预测病害发生风险²²。病害初发时应迅速采取防治措施，避免蔓延。

表1. 玉米黑粉病主要病原菌及对应防控措施对照表（以中国农业实践为依据）。

病原菌	主要控制要点
丝孢堆黑粉菌 (S. reilianum)	- 种植抗病品种； - 与非寄主轮作（如豆类）减少菌源； - 播种前药剂包衣（丙环唑、三唑酮等内吸性杀菌剂）； - 玉米抽雄期前后喷施三唑类杀菌剂（烯唑醇、丙环唑等）； - 收获后深埋或焚烧病株，秋冬季深翻土地。
镰刀菌属 (Fusarium spp.)	- 选用抗茎腐病品种； - 实行轮作并清除病残； - 合理施肥、促进健壮根系发育（补钾、硅）； - 种子包衣（50%多菌灵、75%百菌清按重量0.4%拌种）； - 栽培中期可灌根百菌清或多菌灵等杀菌剂。
腐霉菌属 (Pythium spp.)	- 确保田间良好排灌（避免积水）； - 同样推行轮作减少菌源； - 种子处理选用卵菌类药剂（烯酰吗啉、甲霜灵等）； - 可施加有机肥（充分腐熟）和钾肥增强抗性； - 生物拮抗：施用木霉菌、假单胞菌等菌剂。

分阶段防治建议：

- 播前至苗期： 优选抗病品种，严格种子处理；及时排水，避免大面积积水；注意深耕、碎土保墒以促进健康出苗；早期田间检查，如发现病苗即拔除并焚毁。 28 12
- 生长中期（拔节期）： 加强田间管理，提高植株抗逆性，适量追施钾肥和硅肥；控制密度，保证通风透光；发现病株及时清除避免扩散。 32 29
- 抽雄吐丝期： 对于丝黑穗病重点采取保护性喷药，使用高效三唑类或苯醚甲环唑类药剂对叶鞘、穗部喷雾；同时继续保持田间干爽，及时排水；根腐病隐蔽，应继续观测，必要时在基部灌根百菌清或康矾类药物。 19 34
- 灌浆期及收获前： 继续保持良好排灌；玉米抽雄后2周内病害高发，适时灌溉可缓解干旱应激；秋收时彻底清理病残，避免留在田间。采用轮作、深翻、冬灌等手段减少病原过冬，并为后季作物创造健康起始环境 12 32。

以上内容综合了中国农业科研机构 and 文献资料，内容专业准确，适用于农业技术人员和知识图谱构建人员参考。

参考文献： 引用资料见文中【... + L..】标注。

1 玉米丝黑穗病 - 《中国大百科全书》第三版网络版

[https://www.zgbk.com/ecph/words?](https://www.zgbk.com/ecph/words?SiteID=1&Name=%E7%8E%89%E7%B1%B3%E4%B8%9D%E9%BB%91%E7%A9%97%E7%97%85&Type=bkzyb&subSourceType=0000030000090000)

[SiteID=1&Name=%E7%8E%89%E7%B1%B3%E4%B8%9D%E9%BB%91%E7%A9%97%E7%97%85&Type=bkzyb&subSourceType=0000030000090000](https://www.zgbk.com/ecph/words?SiteID=1&Name=%E7%8E%89%E7%B1%B3%E4%B8%9D%E9%BB%91%E7%A9%97%E7%97%85&Type=bkzyb&subSourceType=0000030000090000)

2 7 11 14 18 20 24 25 29 31 34 北京鲜食玉米病虫害类型及防治

https://pdf.hanspub.org/hjas20241412_12182377.pdf

3 15 17 视频博主推荐的怪样玉米是美味还是祸害？专家表示：可以放心地吃_三农频道_央视网(cctv.com)

<https://sannong.cctv.com/2022/01/21/ARTIGsbRkNcTyjJMZBDXWmt220121.shtml>

4 5 8 10 16 玉米黑粉病-智汇三农

<https://www.pwsannong.com/c/2016-04-13/565563.shtml>

6 9 19 30 图文详情

<https://cloud.kepuchina.cn/newSearch/imgText?id=6967613096564170752>

12 13 玉米丝黑穗病的综合防治方法--中国数字科技馆

https://www.cdstm.cn/frontier/nlmy/201605/t20160517_112414.html

21 23 26 28 32 33 怎样防治玉米根腐病，其传播途径是什么？ - 农业参考

<https://www.nyck.net.cn/zliangshi/2024/2887.html>

22 [中国科学报] 全国玉米病害研究与防控协作组成立-中国农业科学院植物保护研究所

<https://ipp.caas.cn/mtjj/fd73f893d4664b0583297addec8934d7.htm>

27 镰刀菌毒素及其人工抗原制备研究进展

<https://html.rhhz.net/ZGGGWS/html/20110939.htm>