中国小麦茎基腐病发生流行概况及其综合防治对策

陈万权[1*] 张 昊[1] 刘太国[1] 范洁茹[1] 徐 飞[2]

（1. 植物病虫害综合治理全国重点实验室，中国农业科学院植物保护研究所，北京 100193；
2. 河南省农业科学院植物保护研究所，农业农村部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室，郑州 450002）

摘要：为明确中国小麦茎基腐病的流行规律、病原组成及其区域分布特征，科学指导该病害的监测预警与绿色防控，于2018—2025年对该病在全国的发生分布及其优势病原菌种类进行系统调查和鉴定。结果表明：中国小麦茎基腐病每年发生面积已超过667万hm^2，重发麦田可致小麦产量损失率达10.69%~51.57%，平均为25.12%。根据病害发生程度和地理生态条件，将病害发生流行区域划分为严重发生区（病田率90%以上和病株率5%以上）、一般发生区（病田率50%~90%和病株率1%~5%）和零星发生区（病田率50%以下和病株率1%以下）。对分离的6 140株小麦茎基腐病病原菌菌株的鉴定结果表明，引起中国小麦茎基腐病的优势病原菌种类主要有假禾谷镰孢菌*Fusarium pseudograminearum*、禾谷镰孢菌*F. graminearum*和黄色镰孢菌*F. culmorum*，出现频率分别为71.21%、10.57%和7.05%，北方麦区以假禾谷镰孢菌为主。基于研究结果提出病害分区治理和“内调外疗、上控下促”的综合防治策略，构建了“两种一晚一喷”综合防治技术，在实际生产应用中防病保产效果十分显著。

关键词：小麦；茎基腐病；假禾谷镰孢菌；发生与分布；区域综合防治策略

Occurrence and epidemic dynamics of *Fusarium* crown rot in wheat and integrated management strategies in China

Chen Wanquan[1*] Zhang Hao[1] Liu Taiguo[1] Fan Jieru[1] Xu Fei[2]

（1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences; State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Beijing 100193, China; 2. Key Laboratory of Crop Integrated Pest Management of the Southern of North China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, Henan Province, China）

Abstract: To better understand the epidemic dynamics, pathogen composition, and geographic distribution of wheat crown rot in China and to provide a scientific basis for its monitoring, early warning, and green integrated management, an investigation on the occurrence distribution of *Fusarium* crown rot and its dominant pathogenic species in China was conducted and identified from 2018 to 2025. The survey results indicated that the occurring acreage of *Fusarium* crown rot has annually exceeded 6.67 million hm^2 in China in recent years, which can cause wheat yield losses ranging from 10.69% to 51.57%, with an average of 25.12% in seriously diseased fields. Based on the diseased rates and geo-ecological conditions, the *Fusarium* crown rot distribution can be divided into three major zones in China, i.e.severe occurrence zones with the diseased field rates (DFRs) of more than 90% and the diseased plant rates (DPRs) of more than 5%, usual occurrence zones with DFRs of 50%−90% and DPRs

基金项目：国家重点研发计划项目（2024YFD1400400），中国农业科学院重大科技任务资助项目（CAAS-ZDRW202411），国家小麦产业技术体系资助项目（CARS-03）

* 通信作者（Author for correspondence），E-mail：wqchen@ippcaas.cn

收稿日期：2025-12-08

of 1%−5% and sporadical occurrence zones with DFRs of less than 50% and DPRs of less than 1%. A total of 6 140 isolates were collected and identified in the laboratory, and three species of *Fusarium pseudograminearum*, *F. graminearum*, *F. culmorum* were most frequently detected with the frequencies of 71.21%, 10.57% and 7.05%, respectively, of which *F. pseudograminearum* is the predominant pathogen species in the northern wheat regions. The strategy of regionally integrated management for *Fusarium* crown rot has been proposed: ‘internal regulation and external therapy, overground control and underground promotion’. The technical combinations of integrated *Fusarium* crown rot management i.e. ‘resistance varieties + seed coating with fungicides + suitable late sowing + spraying fungicides in the regreening-jointing stages’ have been developed, and applied in wheat plantation resulting in the significant efficiency of disease prevention and yield protection.

Key words: wheat; *Fusarium* crown rot; *Fusarium pseudograminearum*; occurrence and distribution; regionally integrated management strategy

小麦茎基腐病属于世界性病害，主要由假禾谷镰孢菌 *Fusarium pseudograminearum* 引起。该病害最早于1951年在澳大利亚昆士兰州被发现（Backhouse et al.，2004），目前在南非、北非、中东、欧洲、澳大利亚、加拿大和美国等多个国家和地区都有发生，对小麦生产具有毁灭性危害（Smiley et al.，2005；Castañares et al.，2012；Abdallah-Nekache et al.，2019）。小麦苗期受茎基腐病菌侵染后，麦苗茎基部叶鞘和茎秆变褐腐烂，形似“酱油秆”，严重时麦株黄瘦、枯死；成株期小麦有效穗减少，穗粒数和千粒重降低，严重时产生枯白穗且籽粒秕瘦，甚至全株枯死、颗粒无收。国内于2012年在河南省焦作市首先发现该病害（Li et al.，2012），此后发生面积不断扩大，小麦产量损失逐年加重（徐飞等，2016；Deng et al.，2020），属小麦生产上的重大植物病害，其有效防控对于保障我国小麦安全生产具有重要意义。

在国外，小麦茎基腐病在澳大利亚发生普遍，危害严重，昆士兰、新威尔士等地区因茎基腐病造成的小麦产量损失率在19%~26%之间，1999—2008年该病造成澳大利亚经济损失年均970万澳元，发病严重麦田产量损失率高达88.6%（Burgess et al.，1981；Dodman & Wildermuth，1987；Klein et al.，1991）；美国西北部地区茎基腐病可导致小麦减产9.5%~35.0%（Smiley et al.，2005；Liu & Ogbonnaya，2015）。在国内，2013—2016年河南省小麦茎基腐病的病田率在12.6%~65.1%之间，白穗率在0.6%~11.7%之间（徐飞等，2016）；2016—2021年河南省小麦茎基腐病所致白穗率在0.5%以上的发生面积年均为32.89万 hm^2，其中2021年发生面积达56.36万 hm^2，且发生区域广泛，在全省18市138县均有发生，豫北和豫中麦区病害发生普遍而严重，产量损失率最高可达51%（赵利民等，2022）；该病害在山东省（赵艳丽等，2020）、河北省（纪莉景等，2016；2017）、陕西省关中地区（王国军等，2009；朱运启等，2022）、长江流域、西北冬春麦区以及河套春麦区（李怡文等，2022）每年都有发生，对小麦生产造成不同程度的产量损失。另外，病原菌产生的真菌毒素还影响小麦品质（Xu et al.，2024）。

引起小麦茎基腐病的病原菌种类较多，不同地区的优势病原菌种类有所不同。在澳大利亚和美国太平洋西北部地区小麦茎基腐病优势病原菌为假禾谷镰孢菌、黄色镰孢菌 *F. culmorum* 和锐顶镰孢菌 *F. acuminatum*（Smiley & Patterson，1996；Smiley et al.，2005；Chakraborty et al.，2006；Khangura et al.，2013），而在英国、土耳其、突尼斯等国家以黄色镰孢菌为主，其次为假禾谷镰孢菌和和燕麦镰孢菌 *F. avenaceum*（Pettitt et al.，2003；Tunali et al.，2008；Gargouri et al.，2011）。国内黄淮海和西北麦区小麦茎基腐病的优势病原菌为假禾谷镰孢菌（Zhou et al.，2019；田晓明等，2025），但江苏省、安徽省等东部麦区主要是禾谷镰孢菌 *F. graminearum* 和亚洲镰孢菌 *F. asiaticum*（Deng et al.，2020；范学锋，2021；朱运启等，2022）。小麦茎基腐病自2012年在国内发现以来，随着病菌在土壤中的不断积累和扩散，其发生区域不断扩大，小麦产量损失严重，黄淮海冬麦区该病害连年暴发成灾，因此，查明小麦茎基腐病的主要病原菌种类、发生分布区域及其暴发成灾原因，提出病害综合防治对策和技术措施，对于保障国家小麦产业安全具有重要意义。本研究于2018—2025年对中国小麦茎基腐病的发生分布、流行规律及优势病原菌种类进行系统调查与鉴定，明确其病原组成、区域分布特征及暴发成灾原因，以期科学指导该病害

的监测预警与绿色防控，构建分区治理与“两种一晚一喷”综合防治技术，为保障我国小麦产业安全和可持续生产提供理论依据与技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

供试病样：自然感染茎基腐病小麦样品采集自河南（1 044份）、河北（1 413份）、山东（431份）、山西（410份）、陕西（888份）、甘肃（15）、青海（128份）、宁夏（183份）、新疆（18份）、内蒙古（945份）、北京（23）、天津（18）、江苏（195份）、安徽（56份）、湖北（91份）、四川（282份）共16省（自治区、直辖市）280县（市、区、旗），共获得6 140份标样。

供试小麦：田间产量试验所用品种分别为郑麦136（中抗）、郑麦1860（感病）和百农207（感病）；示范试验所用品种为鲁原951和郑麦136，种子均购自新乡市新植农业科技有限公司。

马铃薯葡萄糖琼脂（potato glucose agar，PDA）培养基：马铃薯200 g/L、葡萄糖20 g/L、琼脂粉15 g/L，蒸馏水定容至1 L。

试剂和仪器：2×Rapid *Taq* Master Mix（P222-03），南京诺唯赞生物科技股份有限公司；真菌基因组提取试剂盒（TD619），简石生物（北京）有限公司；琼脂糖，美国Sigma-Aldrich公司；100 bp DNA Ladder，天根生化科技（北京）有限公司；其余试剂均为国产分析纯。ProFlex PCR仪，美国Thermo Fisher公司；MiniBeadbeater-96组织研磨仪，美国Biospec公司；PowerPac 3000电泳仪，美国Bio-Rad公司；JY-CX2B型测序电泳仪，北京君意东方电泳设备有限公司；2BZL-6（B）自走式数控小区播种机，河南力垦农业机械有限公司。

药剂：200 g/L三氟吡啶胺（cyclobutrifluram）种子处理悬浮剂、27%苯醚甲环唑·咯菌腈·噻虫嗪（difenoconazole·fludioxonil·thiamethoxam）悬浮种衣剂、18.7%丙环·嘧菌酯（propiconazol·azoxystrobin）悬乳剂，先正达南通作物保护有限公司；29.5%丙硫菌唑·咯菌腈·噻虫嗪（prothioconazole·fludioxonil·clothianidin）种子处理悬浮剂，海利尔药业集团股份有限公司；30%丙硫菌唑·氰烯菌酯（prothioconazole·phenamacril）悬浮剂，江苏省农药研究所股份有限公司；5%己唑醇（hexaconazole）悬浮剂，江苏七洲绿色化工股份有限公司；240 g/L噻呋酰胺（thifluzamide）悬浮剂，江苏省盐城利民农化有限公司。

1.2 方法

1.2.1 我国不同麦区小麦茎基腐病发生情况调查

2018—2025年每年在小麦灌浆后期对我国不同麦区茎基腐病的发生情况进行调查或考察，采取实地调查、访问座谈和信息收集等方式结合进行，涉及河南、河北、山东、山西、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙古、北京、天津、江苏、安徽、湖北和四川共16省（自治区、直辖市）280县（市、区、旗）的小麦种植区，重点是黄淮海冬小麦主产区。实地调查时每个县（市、区、旗）随机选择2~3块麦田，每块麦田面积介于0.067~0.333 hm^2之间，采用五点取样法进行调查，每块麦田随机取5点，每点调查50株小麦，记录小麦品种、播种期、生育期、病株数量、白穗数量、病害严重度、耕作栽培和肥水管理措施等，计算病田率、病株率、白穗率、病情指数、发病面积，并收集调查地点的温度、降雨等气象资料。

1.2.2 小麦茎基腐病发生程度调查记录与划分标准

基于1.2.1小麦茎基腐病田间调查时记录的病害严重度，参照农业行业标准《小麦茎基腐病抗性鉴定技术规程》（NY/T 4463—2025）分级标准，将小麦茎基腐病严重度划分为0~5级：0级，无明显症状；1级，胚芽鞘或第1叶鞘上有明显的坏死斑；2级，第1叶鞘及地下茎部分坏死；3级，第2叶鞘和地下茎完全坏死且伴有清晰缩短，不超过植株或幼苗高度的1/2；4级，第3叶或叶鞘及地下茎部分或完全坏死，伴有严重缩短超过植株或幼苗高度的1/2；5级，整个植株严重坏死至完全坏死。

1.2.3 小麦茎基腐病病原菌分离培养与种类鉴定

将从不同麦区采集的6 140份小麦茎基腐病标样分别接种到PDA培养基上，于25 ℃培养纯化，根据形态学特征进行病原菌种类的初步鉴定（布斯等，1988；Leslie & Summerell，2006）。采用真菌基因组DNA提取试剂盒（TD619）提取各分离菌株的基因组DNA，利用引物ef1（5′-ATGGGTAAGGA（A/G）-GACAAGAC-3′）和ef2（5′-GGA（G/A）GTACCAGT-（G/C）ATCATGTT-3′）扩增其*TEF-1α*基因序列，PCR反应体系和程序参照Geiser et al.（2004）。将获得的PCR扩增产物进行1.5%琼脂糖凝胶电泳，产物回收后进行测序。将测序所得序列在NCBI数据库和Fusarium-ID数据库中进行比对，鉴定病原菌的不同种类。引物合成及回收产物测序均委托生工生物工程（上海）股份有限公司完成。

1.2.4 小麦茎基腐病所致产量损失评估

于2022—2024年在河南省延津县、郸城县、内

黄县进行小麦茎基腐病导致的产量损失田间小区试验，采用人工接种不同剂量病原菌和杀菌剂拌种来控制茎基腐病的发病程度，形成不同病害发生等级。以黄淮麦区3个小麦主栽品种即郑麦136（中抗）、郑麦1860（感病）和百农207（感病）为供试品种，田间播种量均为225 kg/hm^2，于10月由自走式数控小区条播机完成播种作业。每个供试小麦品种设置10个处理，包括1个药剂拌种处理和9个不同接种量处理。药剂拌种处理为每100 kg种子使用200 g/L三氟吡啶胺种子处理悬浮剂300 g，拌种后不进行病原菌接种；9个接种量处理分别施用0、15、45、75、105、135、165、195和225 kg/hm^{2}的接种体。采用1.2.3鉴定出的分离自河南省的假禾谷镰孢菌菌株173481进行田间接种体的制备。将小麦粒浸泡12~24 h后装入5 L三角瓶，放入灭菌锅中于121 ℃灭菌60 min，放置2 d后再次灭菌30 min，冷却后备用。将173481菌株在PDA平板上于25 ℃黑暗培养3 d，用直径10 mm的打孔器在菌落边缘打取菌饼，每个装有灭菌麦粒的1 L三角瓶中接入10个菌饼，每日摇匀，10 d后待菌丝布满整个麦粒时，在通风背光处晾干后作为接种体施用。试验采用随机区组设计，每个处理设3次重复，每个重复1个小区，每个小区大小为长9 m、宽8 m。于小麦返青期、灌浆期调查各处理小区麦苗的病害严重度，于灌浆期调查白穗情况，方法同1.2.1；于翌年5月各处理小区小麦成熟后分别测定产量，分析产量损失率与不同生育期病害严重度、病情指数以及灌浆期白穗率的相关性，建立产量损失估计模型。产量损失率=(x_0–x_i)/x_0×100%，式中，x_0为理论产量（未接种小区产量），x_i为处理小区的实际产量。

于2016年、2019年和2020年分别在河南省温县和内黄县选定部分小麦种植大户，调查自然条件下小麦茎基腐病的发病程度，调查方法同1.2.1；待收获后实测单位面积的小麦产量，评估茎基腐病引发的小麦产量损失和经济损失，进一步验证构建的产量损失估计模型。

1.2.5　小麦茎基腐病综合防控试验

基于本研究调查结果，提出病害分区治理和“内调外疗、上控下促”的综合防治策略，构建了“两种一晚一喷”综合防治技术，并于2024—2025年在山东省商河县和河南省延津县开展田间示范试验。在山东省商河县选择两块试验田（编号SD1和SD2），面积分别为2.28 hm^{2}和3.19 hm^2，种植品种均为鲁原951，播种时间均为10月15日，前者用29.5%丙硫菌唑·咯菌腈·噻虫嗪悬浮种衣剂进行拌种，用量为4 mL/kg种子，于返青期喷施30%丙硫菌唑·氟烯菌酯悬浮剂，施用量为750 mL/hm^2；后者用200 g/L三氟吡啶胺种子处理悬浮剂+27%苯醚甲环唑·咯菌腈·噻虫嗪悬浮种衣剂拌种，用量为1 mL/kg种子，于返青期喷施18.7%丙环·嘧菌酯悬乳剂，施用量为990 mL/hm^2。在河南省延津县选择一块面积为6.67 hm^{2}的试验田（编号HN），小麦种植品种为郑麦136，播种时间均为10月15日，用200 g/L三氟吡啶胺种子处理悬浮剂+27%苯醚甲环唑·咯菌腈·噻虫嗪悬浮种衣剂拌种，用量为1 mL/kg种子，于返青期喷施5%己唑醇悬浮剂和240 g/L噻呋酰胺悬浮剂，施用量分别为1 500 mL/hm^{2}和450 mL/hm^2。两地均以不拌种、不施药的相应品种小麦田为空白对照。所有试验田均在灌浆调查病害发生情况和白穗数量，计算病情指数及白穗率，方法同1.2.1，评估本研究所建“两种一晚一喷”综合防治技术的效果。

2　结果与分析

2.1　小麦茎基腐病在我国发生与分布调查结果

2018—2025年连续8年对我国16个省（自治区、直辖市）280个县（市、区、旗）进行小麦茎基腐病发生情况调查，共调查了1 352块（次）麦田（图1）。结果表明，黄淮海冬麦区（涉及河南、山东、河北、山西、陕西5个省）小麦茎基腐病的病田率在62.50%~100.00%之间，平均达95.75%，病株率在0.41%~11.66%之间，平均为5.40%（表1），年度间病害发生程度（病田率和病株率）虽有波动，但总体来看还是趋于稳定（图2）。其中，2021—2023年黄淮海冬麦区小麦茎基腐病的病株率以及2023年的病田率相对较低，可能与2021—2022年秋汛导致冬小麦播种普遍偏晚以及2020—2021年、2022—2023年冬春连旱不利于病菌初侵染有关。宁夏回族自治区（简称宁夏）、甘肃省、青海省、北京市、天津市和内蒙古自治区（简称内蒙古）河套平原等麦区小麦茎基腐病的病田率在33.33%~100.00%之间，平均达79.76%，病株率在0.04%~3.49%之间，平均为2.06%；长江中下游、西南地区、新疆维吾尔自治区（简称新疆）、内蒙古呼伦贝尔市等其他麦区小麦茎基腐病每年都有零星发生，但病田率一般都在50.00%以下，平均病株率在1.00%以下（表1）。

初步统计分析结果表明，我国小麦茎基腐病病株率在1.0%以上的发生面积已超过667万hm^2，根据病害发生程度和地理生态条件，将我国小麦茎基

腐病发生分布地区划分为3个区域，即严重发生区、一般发生区和零星发生区（图3）。严重发生区常年病田率大都在90%以上，病株率在5%以上，主要涉及河南省、山东省、河北省南部、山西省南部、陕西省东部、江苏省北部、安徽省北部、湖北省西北部等黄淮海冬麦区，该区域是我国冬小麦主产区，小麦常年种植面积在1 300万hm^{2}左右，占全国小麦总面积的一半以上。一般发生区病田率在50%~90%之间，病株率在1%~5%之间，主要包括北京市、天津市、河北省北部、山西省北部、内蒙古河套平原、宁夏、陕西省关中平原、甘肃省中南部及东部、青海省东部等麦区，小麦常年种植面积约300万hm^2。零星发生区病田率一般都在50%以下，病株率在1%以下，主要包括江苏省中南部、安徽省中南部、湖北省大部、陕西省南部、四川省成都平原、重庆市、云南省东北部、贵州省西北部、浙江省北部、新疆西北部等长江流域麦区，小麦常年种植面积在700万hm^{2}左右。



图1 小麦灌浆后期茎基腐病症状

Fig. 1 Symptoms caused by *Fusarium* crown rot in the adult plant stages of wheat

表1 我国不同麦区茎基腐病发生情况调查结果

Table 1 Occurrence of Fusarium crown rot in different wheat growing areas in China

调查区域 Regions of investigation	调查时间 Period of investigation	调查田块数 Number of investigation fields	平均病田率 Average diseased field rate/%	平均病株率 Average diseased plant rate/%
河南省安阳、鹤壁、焦作、开封、漯河、洛阳、南阳、平顶山、濮阳、商丘、新乡、信阳、许昌、周口、驻马店、济源市 Anyang, Hebi, Jiaozuo, Kaifeng, Luohe, Luoyang, Nanyang, Pingdingshan, Puyang, Shangqiu, Xinxiang, Xinyang, Xuchang, Zhoukou, Zhumadian, and Jiyuan in Henan	2018—2025	223	95.41	5.86
山东省滨州、菏泽、聊城、德州、济南、泰安、淄博、济宁市 Binzhou, Heze, Liaocheng, Dezhou, Jinan, Tai'an, Zibo, and Jining in Shandong	2018—2021, 2023—2025	85	98.23	5.62
河北省保定、沧州、邯郸、衡水、廊坊、秦皇岛、石家庄、唐山、邢台市 Baoding, Cangzhou, Handan, Hengshui, Langfang, Qinhuangdao, Shijiazhuang, Tangshan, and Xingtai in Hebei	2018—2021, 2023—2025	187	86.87	4.91
山西省运城市 Yuncheng in Shanxi	2019—2020	23	100.00	5.21
陕西省渭南、西安、咸阳、宝鸡市 Weinan, Xi'an, Xianyang, and Baoji in Shaanxi	2019—2021	56	98.25	5.39
宁夏市银川、石嘴山市，青海省海南、海东、黄南州（市），甘肃省陇南、庆阳、平凉、武威、张掖、金昌市，北京市大兴、房山区，天津市宝坻区，内蒙古河套平原 Yinchuan and Shizuishan in Ningxia; Hainan, Haidong, and Huangnan in Qinghai; Longnan, Qingyang, Pingliang, Wuwei, Zhangye, and Jinchang in Gansu; Daxing and Fangshan in Beijing; Baodi in Tianjin; and the Hetao Plain in Inner Mongolia	2019—2021, 2024—2025	193	79.76	2.06
江苏省、安徽省、湖北省、四川省、新疆西北部、内蒙古呼伦贝尔市 Jiangsu, Anhui, Hubei, Sichuan, northwestern Xinjiang, and Hulunbuir in Inner Mongolia	2019—2025	585	23.92	0.37

2.2 我国小麦茎基腐病主要病原菌种类鉴定结果

2018—2025年从全国不同麦区采集、分离小麦茎基腐病病原菌株共6 140株，采用形态学和分子生物学相结合的方法，共鉴定出23种病原镰孢菌，其中，假禾谷镰孢菌为优势种，出现频率为71.21%，主要分布在黄淮海冬麦区、西北冬麦区及河套春麦区；其次是禾谷镰孢菌、黄色镰孢菌、亚洲镰孢菌和变红-木贼镰孢菌复合种*Fusarium incarnatum-equiseti* species complex，出现频率依次为10.57%、7.05%、4.89%和2.65%，其余病原菌种类的出现频率均在1.00%以下（表2）。总体来看，我国北方麦区（河南、河北、山东、山西、陕西5省）引起小麦茎基腐病的病原菌以假禾谷镰孢菌为主，出现频率在85.61%~95.85%之间，平均为90.18%；南方麦区（江苏、安徽、湖北、四川

4省）以亚洲镰孢菌和禾谷镰孢菌占优，出现频率分别为28.72%~64.62%和12.82%~5.74%，平均分别为46.48%和22.78%；河套平原春麦区（宁夏银川市、内蒙古巴彦淖尔市）以假禾谷镰孢菌与黄色镰孢菌为主，出现频率分别为51.71%和40.75%；内蒙古呼伦贝尔市以禾谷镰孢菌为主，出现频率高达86.85%，青海省海东地区以假禾谷镰孢菌为主，出现频率为51.56%；黄色镰孢菌主要分布在内蒙古巴彦淖尔市和宁夏，变红-木贼镰孢菌复合种主要分布在内蒙古、河北、陕西、湖北等地区，其他地区这两个种的分布很少。

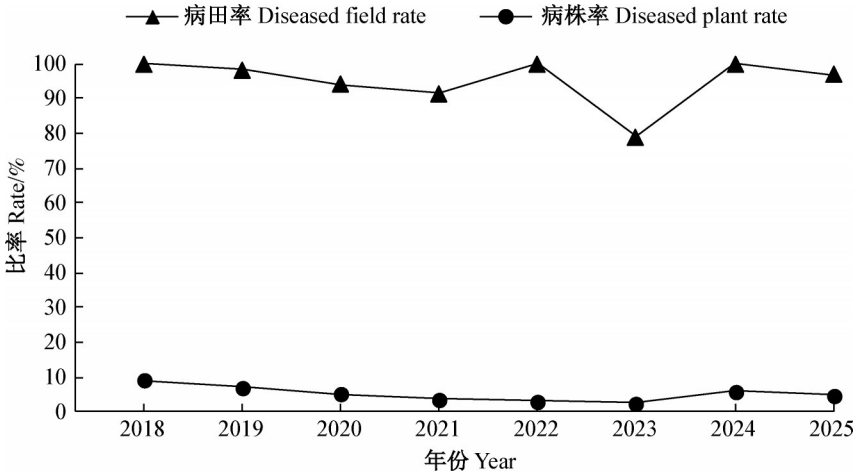


图2　2018—2025年我国黄淮海冬麦区小麦茎基腐病发生消长动态

Fig. 2　Dynamics of *Fusarium* crown rot of wheat in Huang-Huai-Hai winter wheat regions during 2018—2025

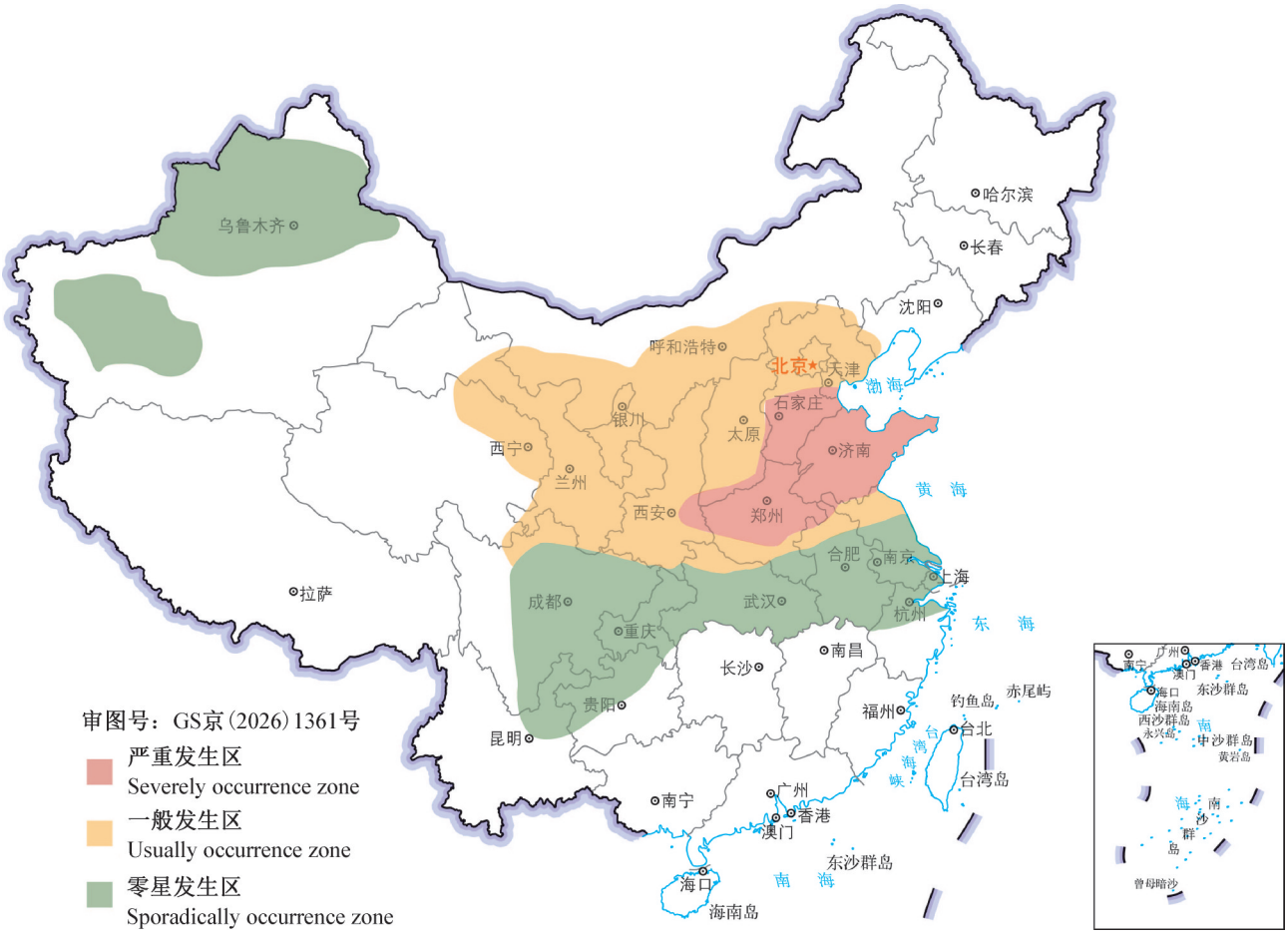


图3　我国小麦茎基腐病发生流行分布区域

Fig. 3　Three epidemic zones of *Fusarium* crown rot of wheat in China

表2 2018—2025年我国小麦茎基腐病病原菌的种类与分布

Table 2 Major species and distribution of pathogen causing *Fusarium* crown rot on wheat in China during 2018—2025

病原种类 Pathogen species	菌株数 No. of isolates	出现频率 Frequency/%	主要分布区域 Major areas of distribution
假禾谷镰孢菌 *F. pseudograminearum*	4 372	71.21	山西省、河南省、陕西省、河北省、山东省、内蒙古巴彦淖尔市、青海省、宁夏 Shanxi, Henan, Shaanxi, Hebei, Shandong, Bayannur in Inner Mongolia, Qinghai, Ningxia
禾谷镰孢菌 *F. graminearum*	649	10.57	内蒙古呼伦贝尔市、四川省、湖北省、安徽省、江苏省、山东省 Hulunbuir in Inner Mongolia, Sichuan, Hubei, Anhui, Jiangsu, Shandong
黄色镰孢菌 *F. culmorum*	433	7.05	宁夏、内蒙古巴彦淖尔市 Ningxia, Bayannur in Inner Mongolia
亚洲镰孢菌 *F. asiaticum*	300	4.89	江苏省、安徽省、湖北省、四川省 Jiangsu, Anhui, Hubei, Sichuan
变红-木贼镰孢菌复合种 *F. incarnatum-equiseti* species complex	163	2.65	青海省、新疆、湖北省、内蒙古呼伦贝尔市 Qinghai, Xinjiang, Hubei, and Hulunbuir in Inner Mongolia
其他 Others	223	3.63	
总计 Total	6 140	100.00	

表中地区按病原菌出现频率高低排序，仅列示出现频率≥10%的地区。The regions shown are ranked in descending order of pathogen occurrence frequency, with only regions having an occurrence frequency of ≥10% included

2.3 小麦茎基腐病所致产量损失调查评估结果

通过实地调查测产和产量损失小区试验结果可知，茎基腐病一般可导致小麦感病品种郑麦1860、百农207的产量损失率在8.40%~12.72%之间，平均为10.52%，小麦产量损失率y与灌浆期白穗率x呈显著正相关性，产量损失率略高于病害白穗率，二者的回归模型为y=2.973+1.005x（R^2=0.146，P<0.001）。实地调查和测产结果表明，小麦茎基腐病严重发生的麦田，其产量损失率在10.69%~51.57%之间，平均为25.12%（表3）。

表3 小麦茎基腐病严重发生时所致小麦产量和经济损失情况

Table 3 Yield and economic losses of wheat caused by severe *Fusarium* crown rot

调查地点 Survey site	年份 Year	品种 Cultivar	面积 Acreage/hm^2	灌浆期病株率 Rate of diseased stems at filling stage/%	产量损失 Yield loss/×10^3 kg	产量损失率 Yield loss rate/%	经济损失/万元 Economic loss/×10^4 Yuan
河南省温县黄庄镇西虢村金地种业试验地 Jindi Seed Company experimental field, Xiguo Village, Huangzhuang Town, Wen County, Henan Province	2016	百农207 Bainong 207	0.133	98.00-100.00	0.56	51.57	0.17
河南省温县武德镇徐堡村 Xubu Village, Wude Town, Wen County, Henan Province	2019	矮抗58 Aikang 58	133.000	26.00-54.82	119.92	10.69	35.98
河南省内黄县楚旺镇菜园村 Caiyuan Village, Chuwang Town, Neihuang County, Henan Province	2020	百农207 Bainong 207	67.000	28.62-68.63	72.00	13.09	21.60

经济损失按当时国内优质专用小麦平均市场收购价3元/kg计算。Economic loss calculated based on the average market prices of quality special wheat in China at that time.

2.4 小麦茎基腐病综合防治对策的提出

由于小麦茎基腐病为典型的土传病害，具有明显的区域特点，发病部位隐蔽，通常由多种病原菌复合侵染引起，可防、可控，不可治，因此必须立足预防、分类指导、分区施策。在防控策略上需采取“内调外疗、上控下促”的综合防治措施，即通过调节地下部（土壤中）有益微生物群落、氮磷钾、微量元素等养分供给状况以及进行药剂拌种（或包衣），提高麦株内在免疫能力，促进小麦健康生长和增产；通过预防与控制病菌对地上部分的侵染，减少小麦产量损失，实现“控病减损”保丰收。

通过多年系统调查结果，目前已筛选出三氟吡啶胺种子处理悬浮剂、丙硫菌唑·咯菌腈·噻虫嗪种子处理悬浮剂、苯醚甲环唑·咯菌腈·噻虫嗪种子处

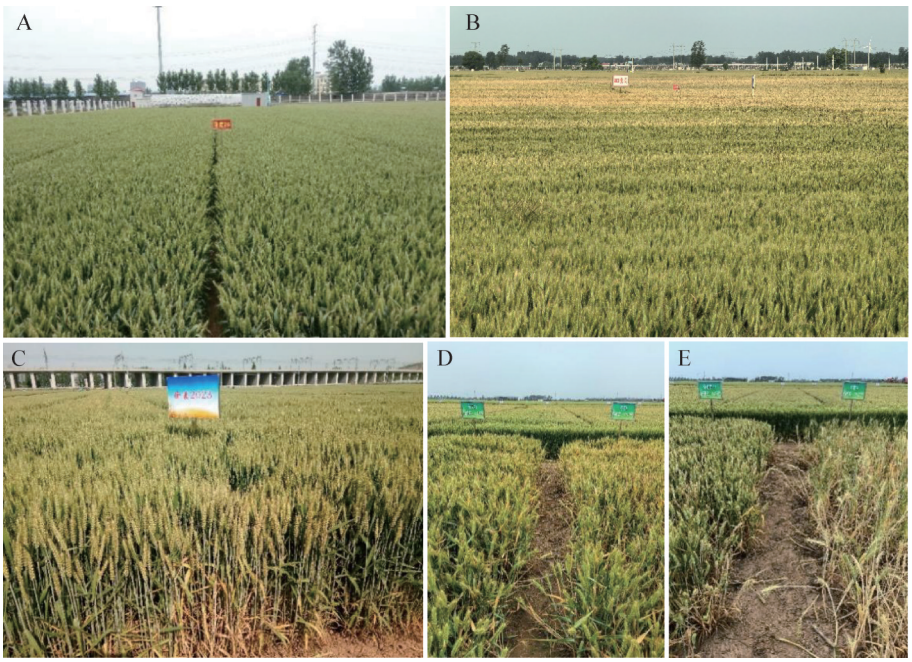
理悬浮剂、氰烯菌酯悬浮剂、丙硫菌唑悬浮剂等高效杀菌剂及其组合，无论是种子包衣还是早春喷雾，对小麦茎基腐病均有较好的防效。此外，通过自然发病和人工接种相结合的方法筛选出一些对茎基腐病表现为中抗的小麦优良品种，如中植麦13号、存麦5号、存麦20号、存麦21号、存麦29、郑麦136、洛麦26、郑麦6687、徐麦2023、豫农908等（图4）。按照小麦茎基腐病的发生流行区域，集成和组装了病害区域性综合防治技术模式，即在小麦茎基腐病严重发生区（如黄淮海麦区），在加强肥水管理的基础上，采取“两种一晚一喷”综合防治措施（图5），所谓“两种”即因地制宜地选种抗病良种、播种时采用高效杀菌剂进行药剂拌种（或包衣），所谓“一晚”即适期晚播，在小麦播种适期范围内尽量晚播，避免早播，所谓“一喷”即在小麦返青拔节期对靶喷施高效杀菌剂进行防治；在病害一般发生区，采取“一拌一喷”技术措施，重点抓好播种时种子药剂处理，并结合返青拔节期纹枯病等其他病害防治，喷施对症药剂进行兼治；在病害零星发生区，重点加强病害的系统监测，在历年发病偏重的麦田（白穗率大于1%），因地制宜地推广种植抗病高产品种，结合其他病虫害的防治，采用高效杀菌剂、杀虫剂复配制剂进行药剂拌种（或包衣），发挥一药多效的作用。

在河南省延津县、山东省商河县的示范试验结果证明，采用上述分区治理策略和综合防治技术模式，可有效预防和控制小麦茎基腐病的发生与危害，白穗减少率可达90%以上，最高达99.21%，病害的田间防效可达96.17%（表4），防病保产效果十分显著。

表4　2024—2025年山东省和河南省小麦茎基腐病的综合防控效果

Table 4　Comprehensive control effect of wheat *Fusarium* crown rot in Shandong and Henan provinces during 2024—2025

试验地点 Tested site	处理 Treatment	病情指数 Disease index	白穗率 White ear rate/%	防效 Control effect/%	白穗减少率 Reduction rate of white ear/%
山东省商河县 Shanghe, Shandong	SD1	4.06	0.46	86.88	93.56
	SD2	1.19	0.09	96.17	98.80
	对照CK	30.92	7.20	–	–
河南省延津县 Yanjin, Henan	HN	7.22	0.04	50.72	99.21
	对照CK	14.65	5.08	–	–



A：洛麦26；B：郑麦136；C：徐麦2023；D：存麦5和存麦21；E：中植麦13。A: Luomai 26; B: Zhengmai 136; C: Xumai 2023; D: Cunmai 5 and Cunmai 21; E: Zhongzhimai 13.

图4　部分对茎基腐病表现中抗的小麦品种

Fig. 4　Partial wheat cultivars moderately resistant against *Fusarium* crown rot

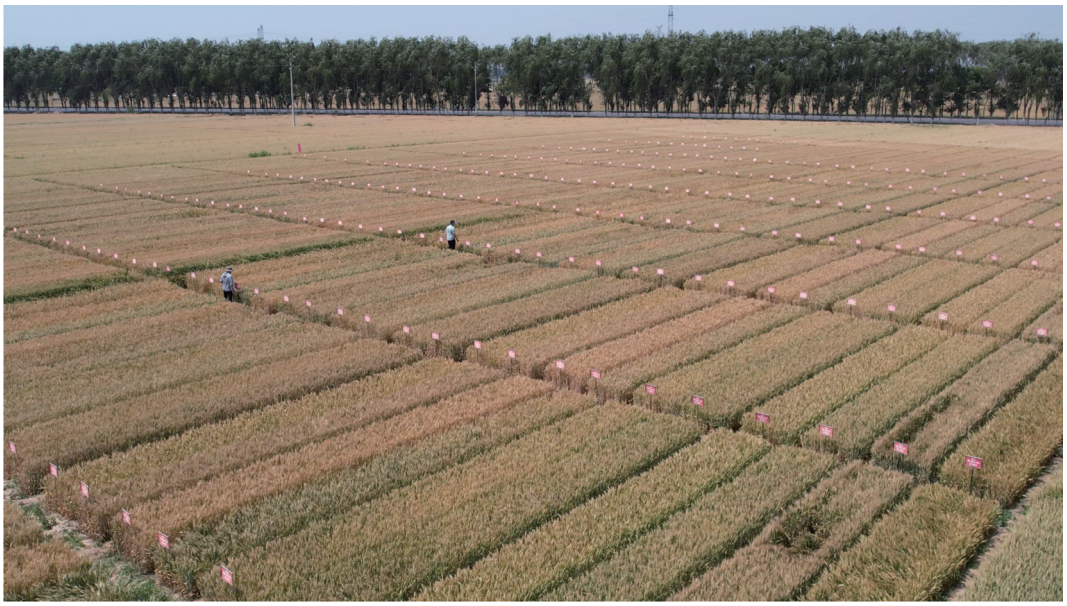


图5 河南省延津县2024年小麦茎基腐病综合防治技术模式的试验示范田(小麦品种为中植麦13,中抗)

Fig. 5 Experiment and demonstration of integrated management for *Fusarium* crown rot of wheat in Yanjin County, Henan Province in 2024 (wheat cultivar is Zhongzhimai 13, moderate resistance)

3 讨论

通过连续多年实地调查和试验研究结果表明,小麦茎基腐病在我国主产麦区广泛分布,不同麦区优势病原菌种类以及病害发生程度存在很大差异,根据病情差异,将我国小麦茎基腐病发生分布范围划分为严重发生区、一般发生区和零星发生区3个区域。提出病害分区治理和"内调外疗、上控下促"的综合防治策略,构建了"两种一晚一喷"综合防治技术模式,并在生产上推广应用,防病保产效果十分显著。

然而,小麦茎基腐病的发生流行受田间土壤环境、营养状况、品种抗病性、耕作栽培措施和气象条件等多种因素的影响。国内外已有研究报道,作物耕作栽培措施对小麦茎基腐病的发生有重要影响,玉米等秸秆还田以及小麦长期连作均有利于田间病原菌大量积累,从而加重茎基腐病的发生(陆宁海等,2019;马璐璐等,2019)。过量施用氮肥会加重病害发生,而增施锌肥可减轻病害发生(Kang & Buchenauer, 2002; Paulitz, 2006; Evans et al., 2010)。小麦茎基腐病菌初侵染阶段水分充足有利于侵染,但在发病中后期气候干旱则有助于麦株体内病原菌的繁殖及菌丝在气孔中的扩展和再侵染,导致病害症状加重(Liu & Liu, 2016)。土壤中拮抗菌如洋葱伯克氏菌*Burkholderia cepacia*分泌的次生代谢产物可溶解茎基腐病菌的菌丝细胞,抑制其生长繁殖,从而达到抗病增产效果(Huang & Wong, 1998)。本团队实地调查也发现,冬麦区旱地发病重于水田,春麦区连作田发病重于倒茬田,跨区作业有助于病原菌的扩散传播,小麦播前深翻灭茬可降低田间病原菌数量,减轻病害的发生程度,增施锌肥、适当深播对小麦茎基腐病有一定调控作用。虽然这些因素对小麦茎基腐病发生流行和扩散传播的具体调控机制和效应尚不十分清楚,但也从一个侧面证实,对于小麦茎基腐病这类由多种病原菌复合侵染引起的典型土传病害(Smiley & Patterson, 1996; Chakraborty et al., 2006; Khangura et al., 2013; Zhou et al., 2019),采取"内调外疗、上控下促"的综合防治策略是切实可行的。下一步的研究将查明跨区作业、秸秆还田、增加土壤营养、深翻深播等措施对病菌扩散传播和病害发生流行的影响,明确增施锌肥、磷钾肥以及深翻深播对小麦茎基腐病的具体调控效应,改进和完善不同麦区小麦茎基腐病综合防治技术模式,提高其防病保产效果和区域实用性。

培育和种植抗病品种是防治植物病害最为经济、有效和安全的环保型措施。据初步统计,在农作物病害综合防治中,有80%以上的病害要靠抗病品种或主要靠抗病品种才能从根本上解决问题,即使在一些以药剂防治为主的病害防治中也要求寄主具有一定的抗病性,才能充分发挥药剂的防治效果。通过对我国3 000多份小麦主要生产品种和后备品种的成株期大田抗病性鉴定结果表明,我国小麦品

种对茎基腐病的抗性普遍较差，表现中抗或耐病品种的比例不足2%，没有发现免疫或高抗品种（结果另文发表）。由此可见，加强小麦抗茎基腐病遗传育种实属当务之急。其基本途径是从国内外小麦遗传资源中广泛发掘抗病材料（或抗病基因），深入研究揭示其抗性本质和遗传机制，采用传统杂交育种方法与细胞工程、分子标记辅助选择、转基因和基因编辑等现代生物技术相结合，培育优良抗病新品种，并加速其在生产中推广应用。

鉴于目前对小麦茎基腐病的暴发流行原因尚不十分清楚，基层农技人员和广大麦农对病害的认知不足、监测与防控技术还不完善等问题，今后必须发挥举国体制优势，开展协同创新，系统研究小麦茎基腐病灾变规律及其绿色防控关键技术，有效解决病害流行成灾问题，确保小麦产业持续稳健发展。重点研究内容包括：（1）深入开展小麦茎基腐病发生情况调研和病菌群体结构与毒素污染特征解析，查明病害暴发成灾的主要原因；（2）加强小麦抗病遗传育种与应用研究，创立小麦抗茎基腐病表型鉴定与评价技术体系，筛选和培育小麦抗病新品种；（3）研制和筛选新型高效、特效杀菌剂及其组合，改进田间施药设备与技术；（4）研发病害营养调控和保健栽培技术，提高小麦自身免疫能力；（5）建立试验示范基地，开展技术培训，提高基层农技人员和广大麦农的认知水平和实操技能，不断优化小麦茎基腐病综合防控技术体系，并在生产中推广应用。

参 考 文 献（References）

Abdallah-Nekache N, Laraba I, Ducos C, Barreau C, Bouznad Z, Boureghda H. 2019. Occurrence of *Fusarium* head blight and *Fusarium* crown rot in Algerian wheat: identification of associated species and assessment of aggressiveness. European Journal of Plant Pathology, 154(3): 499−512

Backhouse D, Abubakar AA, Burgess LW, Dennisc JI, Hollaway GJ, Wildermuth GB, Wallwork H, Henry FJ. 2004. Survey of *Fusarium* species associated with crown rot of wheat and barley in eastern Australia. Australasian Plant Pathology, 33(2): 255−261

Booth C. 1988. The genus *Fusarium*. Chen QY, translated. Beijing: Agriculture Press, pp. 94 (in Chinese) [布斯 C. 1988. 镰刀菌属. 陈其熵, 译. 北京: 农业出版社, pp. 94]

Burgess LW, Dodman RL, Pont W, Mayers P. 1981. *Fusarium* diseases of wheat, maize and grain sorghum in eastern Australia//*Fusarium*: diseases, biology, and taxonomy. State College: Pennsylvania State University Press, pp. 64−76

Castañares E, Wehrhahne L, Stenglein SA. 2012. *Fusarium pseudograminearum* associated with barley kernels in Argentina. Plant Disease, 96(5): 763

Chakraborty S, Liu CJ, Mitter V, Scott JB, Akinsanmi OA, Ali S, Dill-Macky R, Nicol J, Backhouse D, Simpfendorfer S. 2006. Pathogen population structure and epidemiology are keys to wheat crown rot and *Fusarium* head blight management. Australasian Plant Pathology, 35(6): 643−655

Deng YY, Li W, Zhang P, Sun HY, Zhang XX, Zhang AX, Chen HG. 2020. *Fusarium pseudograminearum* as an emerging pathogen of crown rot of wheat in eastern China. Plant Pathology, 69(2): 240−248

Dodman RL, Wildermuth GB. 1987. Inoculation methods for assessing resistance in wheat to crown rot caused by *Fusarium graminearum* group 1. Australian Journal of Agricultural Research, 38(3): 473−486

Evans ML, Hollaway GJ, Dennis JI, Correll R, Wallwork H. 2010. Crop sequence as a tool for managing populations of *Fusarium pseudograminearum* and *F. culmorum* in south-eastern Australia. Australasian Plant Pathology, 39(4): 376−382

Fan XF. 2021. Analysis of population composition and genetic structure of pathogens causing *Fusarium* crown rot in China. PhD thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences (in Chinese) [范学锋. 2021. 中国小麦茎基腐病病原菌群体组成及遗传结构分析. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院]

Gargouri S, Mtat I, Kammoun LG, Zid M, Hajlaoui MR. 2011. Molecular genetic diversity in populations of *Fusarium pseudograminearum* from Tunisia: genetic diversity of *F. pseudograminearum*. Journal of Phytopathology, 159(4): 306−313

Geiser DM, Jimenez-Gasco MM, Kang S, Makalowska I, Veeraraghavan N, Ward TJ, Zhang N, Kuldau GA, O' Donnell K. 2004. Fusarium-ID v. 1.0: a DNA sequence database for identifying *Fusarium*. European Journal of Plant Pathology 110: 473−479

Huang Y, Wong PTW. 1998. Effect of *Burkholderia* (*Pseudomonas*) *cepacia* and soil type on the control of crown rot in wheat. Plant and Soil, 203(1): 103−108

Ji LJ, Li QS, Wang LS, Sun MW, Wang YJ, Kong LX. 2016. Occurrence and pathogen composition of wheat crown rot in Hebei Province. Plant Protection, 42(5): 154−157 (in Chinese) [纪莉景, 栗秋生, 王连生, 孙梦伟, 王亚娇, 孔令晓. 2016. 河北省小麦冠腐病发生现状及病原菌初探. 植物保护, 42(5): 154−157]

Ji LJ, Li QS, Wang YJ, Wang LS, Kong LX. 2017. Survey on the types and distribution of diseases causing blighted and white heads in wheat in Hebei Province. China Agricultural Technology Extension, 33(9): 66−69 (in Chinese) [纪莉景, 栗秋生, 王亚娇, 王连生, 孔令晓. 2017. 引起河北省小麦枯白穗症状的病害种类及其分布调查. 中国农技推广, 33(9): 66−69]

Kang Z, Buchenauer H. 2002. Studies on the infection process of *Fusarium culmorum* in wheat spikes: degradation of host cell wall components and localization of trichothecene toxins in infected tissue. European Journal of Plant Pathology, 108(7): 653−660

Khangura RK, MacNish GC, MacLeod WJ, Vanstone VA, Hanbury CD, Loughman R, Speijers JE. 2013. Current status of cereal root diseases in western Australia under intensive cereal production

and their comparison with the historical survey conducted during 1976—1982. Journal of Phytopathology, 161(11/12): 828−840

Klein TA, Burgess LW, Ellison FW. 1991. The incidence and spatial patterns of wheat plants infected by *Fusarium graminearum* group 1 and the effect of crown rot on yield. Australian Journal of Agricultural Research, 42(3): 399−407

Leslie JF, Summerell BA. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, pp. 1−2

Li HL, Yuan HX, Fu B, Xing XP, Sun BJ, Tang WH. 2012. First report of *Fusarium pseudograminearum* causing crown rot of wheat in Henan, China. Plant Disease, 96(7): 1065

Li YW, Li GX, Huang ZQ, Miao JQ, Liu XL. 2022. Research progress on the occurrence, damage and prevention of *Fusarium* crown rot caused by *Fusarium pseudograminearum*. Chinese Journal of Pesticide Science, 24(5): 949−961 (in Chinese) [李怡文, 李桂香, 黄中乔, 苗建强, 刘西莉. 2022. 假禾谷镰孢引起的小麦茎基腐病发生危害与防控研究进展. 农药学学报, 24(5): 949−961]

Liu CJ, Ogbonnaya FC. 2015. Resistance to *Fusarium* crown rot in wheat and barley: a review. Plant Breeding, 134(4): 365−372

Liu XL, Liu CJ. 2016. Effects of drought-stress on *Fusarium* crown rot development in barley. PLoS ONE, 11(12): e0167304

Lu NH, Yang R, Lang JF, Wu LM, Zhang Q, Huo YF, Shi MW, Chen XL. 2019. Straw returning affects soil microbial population and wheat crown rot. Chinese Agricultural Science Bulletin, 35(34): 102−108 (in Chinese) [陆宁海, 杨蕊, 郎剑锋, 吴利民, 张强, 霍云凤, 石明旺, 陈锡岭. 2019. 秸秆还田对土壤微生物种群数量及小麦茎基腐病的影响. 中国农学通报, 35(34): 102−108]

Ma LL, Yan CM, Feng CL, Wang FF, Wang L, Qi YZ, Zhen WC. 2019. Simulation study on allelopathic effects of corn straw returning on *Fusarium pseudograminearum* and wheat crown rot. Journal of Hebei Agricultural University, 42(3): 38−44 (in Chinese) [马璐璐, 闫翠梅, 冯彩莲, 王芳芳, 王丽, 齐永志, 甄文超. 2019. 玉米秸秆还田对假禾谷镰刀菌及小麦茎基腐病化感效应的模拟研究. 河北农业大学学报, 42(3): 38−44]

Paulitz TC. 2006. Low input no-till cereal production in the Pacific northwest of the U.S.: the challenges of root diseases. European Journal of Plant Pathology, 115(3): 271−281

Pettitt T, Xu XM, Parry D. 2003. Association of *Fusarium* species in the wheat stem rot complex. European Journal of Plant Pathology, 109(7): 769−774

Smiley RW, Gourlie JA, Easley SA, Patterson LM, Whittaker RG. 2005. Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. Plant Disease, 89(6): 595−604

Smiley RW, Patterson LM. 1996. Pathogenic fungi associated with *Fusarium* foot rot of winter wheat in the semiarid Pacific Northwest. Plant Disease, 80(8): 944

Tian XM, Jiang JJ, Zhang HY, Wang YX, Li HX, Liu YG. 2025. Identification of wheat crown rot pathogens and analysis of their pathogenicity in different ecological zones of Gansu Province. Journal of Triticeae Crops, 45(12): 1711−1718 (in Chinese) [田晓明, 蒋晶晶, 张海英, 王艺璇, 李惠霞, 刘永刚. 2025. 甘肃省不同生态区小麦茎基腐病病原鉴定及其致病力分析. 麦类作物学报, 45(12): 1711−1718]

Tunali B, Nicol JM, Hodson D, Uçkun Z, Büyük O, Erdurmuş D, Hekimhan H, Aktaş H, Akbudak MA, Bağci SA. 2008. Root and crown rot fungi associated with spring, facultative, and winter wheat in Turkey. Plant Disease, 92(9): 1299−1306

Wang GJ, Wang XE, Sun M, Feng ZF, Deng GS, Zhang CH. 2009. Occurrence forecast and fungicide treatments of wheat basal rot. Chinese Agricultural Science Bulletin, 25(20): 258−261 (in Chinese) [王国军, 王晓娥, 孙敏, 冯志峰, 邓根生, 张春辉. 2009. 小麦茎基腐病发生趋势预报及药剂防治试验. 中国农学通报, 25(20): 258−261]

Xu F, Shi RJ, Liu LL, Li SF, Wang JM, Han ZH, Liu W, Wang HQ, Liu JH, Fan JR, et al. 2024. *Fusarium pseudograminearum* biomass and toxin accumulation in wheat tissues with and without *Fusarium* crown rot symptoms. Frontiers in Plant Science, 15: 1356723

Xu F, Song YL, Zhou YL, Zhang H, Wang JM, Li YH, Han ZH. 2016. Occurrence dynamics and characteristics of *Fusarium* root and crown rot of wheat in Henan Province during 2013—2016. Plant Protection, 42(6): 126−132 (in Chinese) [徐飞, 宋玉立, 周益林, 张昊, 王俊美, 李亚红, 韩自行. 2016. 2013—2016年河南省小麦茎基腐病的发生危害情况及特点. 植物保护, 42(6): 126−132]

Zhao LM, Lü GQ, He Y, Feng HK, Peng H. 2022. Occurrence status and integrated control measures of *Fusarium* crown rot of wheat in Henan Province. China Plant Protection, 42(5): 49−51 (in Chinese) [赵利民, 吕国强, 何洋, 冯贺奎, 彭红. 2022. 河南省小麦茎基腐病发生现状及综合防控措施. 中国植保导刊, 42(5): 49−51]

Zhao YL, Wang XH, Hu YH, Cao Z, Hui XH, Xu L, Kong DS. 2020. Field efficacy trial of seed coating technology for the control of wheat *Fusarium* crown rot. China Agricultural Technology Extension, 36(5): 63−65 (in Chinese) [赵艳丽, 王祥会, 胡英华, 曹增, 惠祥海, 许玲, 孔德生. 2020. 种子包衣技术防治小麦茎基腐病的田间药效试验. 中国农技推广, 36(5): 63−65]

Zhou HF, He XL, Wang S, Ma QZ, Sun BJ, Ding SL, Chen LL, Zhang M, Li HL. 2019. Diversity of the *Fusarium* pathogens associated with crown rot in the HuangHuai wheat-growing region of China. Environmental Microbiology, 21(8): 2740−2754

Zhu YQ, Jin PF, Wang Q, Zhao XN, Zhao ZH, Li Q, Wang BT. 2022. Species identification and pathogenicity analysis of the pathogens causing wheat crown rot in Shaanxi Province. Journal of Plant Protection, 49(3): 824−831 (in Chinese) [朱运启, 靳鹏飞, 王峭, 赵小宁, 赵中华, 李强, 王保通. 2022. 陕西省小麦茎基腐病病原菌鉴定及其致病力分析. 植物保护学报, 49(3): 824−831]

（责任编辑：李美娟）