

· 研究报告 ·

## 豌豆茎基腐病病原菌分离鉴定及其对杀菌剂的敏感性测定

宋雅静<sup>1,2</sup>, 欧晋稳<sup>2,3</sup>, 张古文<sup>2</sup>, 冯志娟<sup>2</sup>, 卜远鹏<sup>2</sup>, 王斌<sup>2</sup>, 龚亚明<sup>2</sup>  
徐建强<sup>1\*</sup>, 刘娜<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>河南科技大学园艺与植物保护学院, 洛阳 471003; <sup>2</sup>浙江省农业科学院蔬菜研究所, 农产品质量安全危害因子与风险防控国家重点实验室, 农业农村部南方豆类蔬菜种质创新与分子育种重点实验室, 杭州 310021; <sup>3</sup>浙江农林大学园艺科学学院, 杭州 311300

**摘要** 豌豆(*Pisum sativum*)是我国重要的豆类经济作物, 病害对豌豆生产造成重大经济损失。通过形态学观察、分子鉴定以及致病性测定, 最终确定引起豌豆茎基腐病的3种病原菌分别为尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)、芸苔链格孢菌(*Alternaria brassicae*)和格氏镰刀菌(*F. gros-michelii*), 优势菌株为尖孢镰刀菌, 分离率为53.6%。室内毒力测定结果表明, 5种供试杀菌剂对3种病原菌的菌丝生长均有抑制作用, 其中咯菌腈和戊唑醇的抑菌效果最好。研究结果为豌豆茎基腐病的防治提供了科学依据。

**关键词** 豌豆, 茎基腐病, 分离与鉴定, 杀菌剂, 敏感性测定

宋雅静, 欧晋稳, 张古文, 冯志娟, 卜远鹏, 王斌, 龚亚明, 徐建强, 刘娜 (2023). 豌豆茎基腐病病原菌分离鉴定及其对杀菌剂的敏感性测定. 植物学报 58, 132–139.

豌豆(*Pisum sativum*)是豆科(Leguminosae)豌豆属(*Pisum*)一年生草本植物, 主要作为蔬菜和粮食种植(林汝法等, 2002)。豌豆是世界第三大豆类作物, 其地理分布较广泛(万述伟等, 2017)。早在2 000多年前, 我国就有种植豌豆的记载(郑卓杰, 1997)。豌豆主要分为菜用豌豆(snap pea)和干籽粒豌豆(dry pea) 2类。菜用豌豆的嫩茎尖和嫩荚及籽粒均可食用, 且富含蛋白质、脂肪、碳水化合物及钙、磷和铁等多种微量元素(宗绪晓, 2006; 崔翠等, 2019), 因此备受青睐, 成为促进农民增收的重要经济作物。近年来, 随着农业产业结构的调整, 受单一商业品种的推广种植及气候条件等环境因素的影响, 豌豆茎基腐病时常发生, 造成减产甚至绝收(连荣芳等, 2013; 黄端等, 2015)。

豌豆茎基腐病又称豌豆苗立枯病, 主要发生在幼苗期。茎基腐病是一种由多种病原菌复合侵染引起的严重土传病害, 病原菌包括假禾谷镰刀菌(*Fusarium pseudograminearum*)、禾谷镰刀菌(*F.*

*graminearum*)和黄色镰刀菌(*F. culmorum*)等(Hogg et al., 2007; Chakraborty et al., 2010)。病原菌以菌丝体及厚垣孢子在土壤中越冬, 且可在土壤中腐生2–3年。病原菌菌丝能直接侵入寄主, 通过水流或农具等传播, 危害小麦(*Triticum aestivum*)、豌豆、水稻(*Oryza sativa*)和玉米(*Zea mays*)等多种农作物。豌豆种子染病将引发烂种; 子叶染病时, 在子叶以及幼苗茎基部或根茎部产生红褐色病斑, 当病斑扩展至绕茎1圈后, 病部逐渐缢缩或凹陷, 导致幼苗生长缓慢、折倒, 叶片变黄, 逐渐枯死。除危害作物正常生长外, 镰刀菌还产生多种真菌毒素, 对人和动物的健康造成威胁(马传禹等, 2018)。茎基腐病是一种世界性病害, 在北美、澳大利亚、意大利及阿根廷等10多个国家均有报道(Kazan and Gardiner, 2018)。

目前, 茎基腐病对豌豆的危害国内外鲜有报道, 也尚未选育出有效抵抗该病害的豌豆品种。因此, 化学药剂防控为当下主要手段, 戊唑醇、多菌灵、咯菌腈和醚菌酯常用于防治镰孢菌引起的茎基腐病(漆永

收稿日期: 2022-07-27; 接受日期: 2022-11-14

基金项目: 浙江省基础公益研究计划(No.LGN20C150006)、浙江省“十四五”蔬菜新品种选育重大科技专项(No.2021C02065-6-2)和国家自然科学基金(No.31872114)

\* 通讯作者。E-mail: xujhust@126.com; ln200811@163.com

红等, 2021; 徐飞等, 2022; 王莉莉等, 2022)。本研究采用菌丝生长速率法测定了3种病原菌对5种杀菌剂的敏感性, 以期对豌豆茎基腐病的高效防治提供科学依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 样本采集、病原菌分离与纯化

从浙江省农业科学院海宁杨渡科研创新基地采集具有典型症状(即豌豆近地面根茎变褐)的茎基腐病发病植株样品30份。采用组织分离法分离病原菌。将豌豆样品近地面黑褐色或有白色霉层的茎节病斑与健康部位的交界处(茎段)剪成0.5 cm×0.5 cm的数块。在超净工作台上对其进行消毒处理, 依次用75%乙醇浸泡1分钟、次氯酸钠溶液浸泡30秒、无菌水漂洗3–5次。用无菌纸吸干发病组织表面水分, 再转入配制好的马铃薯葡萄糖琼脂(potato dextrose agar, PDA)培养基上, 置于25°C恒温培养箱中培养。培养3天后, 若无污染, 则取每个茎段上菌落边缘的菌丝, 打成菌饼; 或挑取菌丝块, 接种到新的PDA培养基上培养。根据菌落特征初步判定病菌的种类, 并查阅文献资料进行对比。在无菌条件下, 用接种针挑取纯化病菌的小块菌落移入提前准备好的PDA斜面培养基上, 于25°C恒温培养箱中培养后, 4°C保存。

### 1.2 病原菌的鉴定

#### 1.2.1 形态学鉴定

将保存的菌株接种在PDA平板上, 置于25°C恒温培养箱中培养5天, 每天观察菌落的形态和颜色。在光学显微镜下观察病原菌的孢子形态, 并查阅相关文献, 初步确定病原菌的分类地位。

#### 1.2.2 DNA提取

用灭菌刀片从PDA培养基上收集足够量的菌丝体, 放入研钵, 加适量液氮进行充分研磨后, 用真菌基因组DNA快速抽提试剂盒(生工生物工程股份有限公司, 上海)提取DNA。经电泳检测和浓度测定后, 将DNA保存于–20°C冰箱中备用。

#### 1.2.3 病原菌分子鉴定

以DNA为模板进行PCR扩增。所用引物为ITS1 (5'

TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3')和ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'), 由北京擎科生物科技有限公司合成。扩增体系: 25 μL 2×Taq PCR Master Mix, 1 μL模板DNA, 引物ITS1和ITS4各2 μL, 用ddH<sub>2</sub>O补足至50 μL。PCR扩增程序: 94°C预变性5分钟; 94°C变性30秒, 55°C退火30秒, 72°C延伸1分钟, 30个循环; 72°C延伸10分钟。PCR产物进行琼脂糖凝胶电泳检测, 并在凝胶成像系统中进行分析。将有明显单一条带的PCR扩增产物送至北京擎科生物科技有限公司测序。

#### 1.2.4 系统发育树的构建

将测序结果在NCBI数据库中进行BLAST比对。选取12个不同种类的茎基腐病菌的rDNA-ITS序列进行系统发育分析, 使用MEGA11软件进行Clustal W比对。采用邻接法(neighbor-joining, NJ)构建系统发育树, 自举检测(bootstarp) 1 000次。

### 1.3 致病性测定

以菜用豌豆浙豌2号(*Pisum sativum* L. cv. 'Zhewan 2')为实验材料。将营养土与蛭石按3:1体积比混匀后播种。待豌豆苗长至三叶一心时将其轻轻拔出, 注意不要伤及根部。将幼苗冲洗干净后放入铺有吸水纸的托盘中, 在根部覆盖1层湿润的吸水纸。用手术刀在距子叶约1 cm处茎基部轻划1–2 mm伤口, 随后将培养好的菌碟(直径为5 mm)置于伤口处。7天后调查发病情况。

### 1.4 5种杀菌剂对病原菌的毒力测定

采用菌丝生长速率法(王莉莉等, 2022)进行毒力测定。将病原菌置于PDA平板上, 于25°C恒温培养箱中培养3天后, 用打孔器在菌落的边缘打取直径为5 mm的菌饼, 用接种针将菌饼(菌丝面朝下)接种至含有不同杀菌剂的PDA平板上。所用药剂为戊唑醇、多菌灵、咯菌腈、异菌脲和醚菌酯。每种杀菌剂分别设置4种浓度, 以不添加杀菌剂为对照(表1)。每个培养皿放1个菌饼, 对照为不含药剂的PDA平板(浓度1)。每处理设3次重复。在25°C恒温培养箱中培养5–7天。用十字交叉法测量菌落的直径, 记录数据并计算各浓度下的菌丝生长抑制率。利用DPS软件得出药剂抑制菌丝生长的毒力回归方程并计算有效中浓度(EC<sub>50</sub>值)。菌

表1 5种杀菌剂的浓度设置

Table 1 Concentration settings of 5 fungicides

Fungicides	Concentration 1 ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	Concentration 2 ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	Concentration 3 ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	Concentration 4 ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	Concentration 5 ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )
Tebuconazole	0	0.4	0.6	0.8	1.0
Carbendazim	0	1.0	1.5	2.0	2.5
Fludioxonil	0	0.05	0.1	0.2	0.4
Iprodione	0	1.5	2.0	2.5	3.0
Kresoximmethyl	0	0.2	0.5	0.8	1.0

丝生长抑制率(%)利用下面的公式计算。

$$\text{菌丝生长抑制率(\%)} = \frac{(\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径})}{(\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径})} \times 100\%$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 病害症状

菜用豌豆茎基腐病在各生长阶段均可发生,以幼苗期最易感染。感病植株茎基部首先出现黑褐色病斑,之后感病部位逐渐凹陷,当病斑扩展到绕茎1圈后,感病部位收缩或龟裂,导致植株生长缓慢、折倒;叶片自下而上逐渐变黄变干,直至死亡(图1A, B)。

### 2.2 病原菌菌落及孢子形态特征

通过组织分离法从豌豆茎基腐病样本中分离出41个

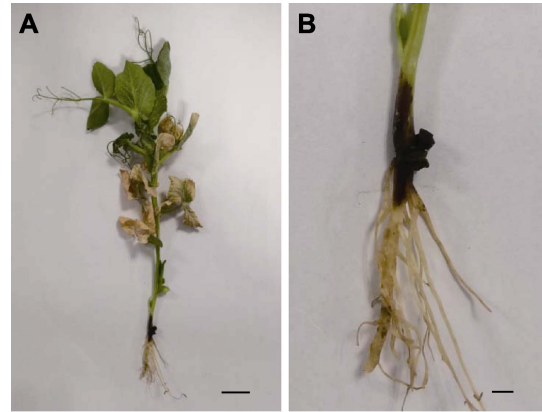


图1 豌豆茎基腐病发病植株  
(A) 豌豆茎基腐病发病症状(bar=5 cm); (B) 茎基部病状(bar=2 cm)

Figure 1 Plants infected with pea crown rot  
(A) Symptoms of pea crown rot (bar=5 cm); (B) Symptoms of crown rot (bar=2 cm)

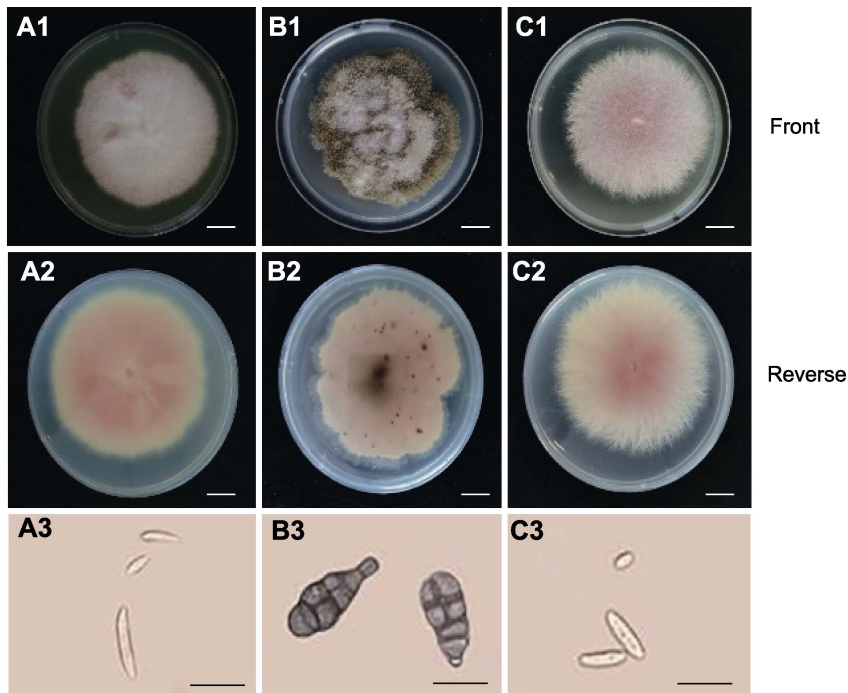


图2  
Figure 2

**图2** 豌豆茎基腐病原菌YD-7、YD-21和YD-28的形态特征

(A1)–(A3) YD-7的菌落及孢子形态; (B1)–(B3) YD-21的菌落及孢子形态; (C1)–(C3) YD-28的菌落及孢子形态。(A1), (A2), (B1), (B2), (C1), (C2) Bars=2 cm; (A3), (B3), (C3) Bars=25  $\mu$ m

**Figure 2** Morphological characteristics of pathogenic fungus YD-7, YD-21 and YD-28 of pea crown rot (A1)–(A3) Colony and spore morphology of YD-7; (B1)–(B3) Colony and spore morphology of YD-21; (C1)–(C3) Colony and spore morphology of YD-28. (A1), (A2), (B1), (B2), (C1), (C2) Bars=2 cm; (A3), (B3), (C3) Bars=25  $\mu$ m

真菌分离物。根据菌落颜色和孢子形态等指标将41株病原菌分为3个类群(图2)。第1种是以YD-7为代表的A类菌株,为圆形粉白色菌落,边缘整齐,絮状气生菌丝为白色,菌落背面中心呈粉色,边缘为白色;大型分生孢子呈镰刀状,细长弯曲(图2A1–A3);该类菌株的检出率最高,共分离出22株,分离率为53.6%。第2种是以YD-21为代表的B类菌株,其菌落边缘整齐,白褐色絮状气生菌丝较密集,菌落背面呈褐色,随着培养天数的增加其颜色逐渐加深;大型分生孢子呈椭球状或倒棍棒状(图2B1–B3);该类菌株共分离出17株,分离率为41.5%。第3种是以YD-28为代表的C类菌株,外观为圆形粉白色菌落,气生菌丝呈白色,菌落中心正反面均呈粉色,外围颜色逐渐变浅至白色,菌丝边缘呈不规则放射状;大型分生孢子呈长椭球状(图2C1–C3);该类菌株共分离出2株,分离率为4.9%。以上结果表明,引起海宁市豌豆茎基腐病的优势致病菌是以YD-7为代表的A类菌株。

### 2.3 病原菌的分子生物学鉴定

PCR扩增后均得到600 bp左右的清晰条带(图3A)。测序后在NCBI数据库中进行同源性比对,结果表明

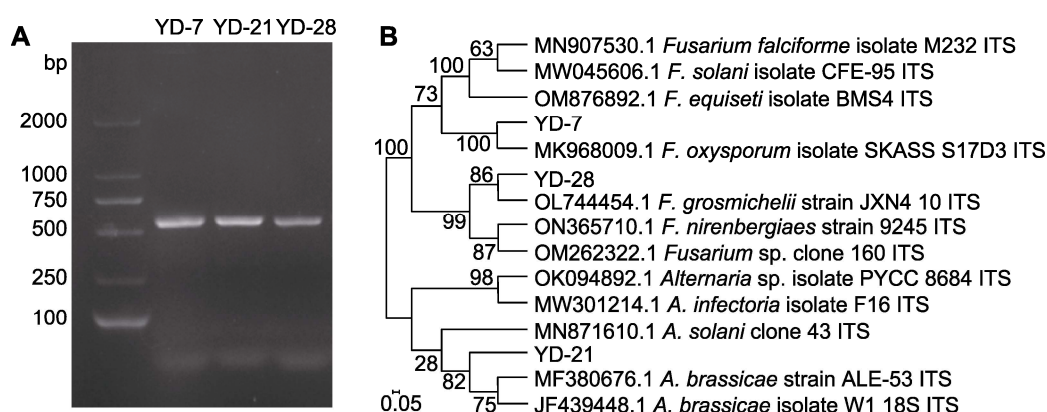
YD-7与尖孢镰刀菌(*F. oxysporum*)的同源性为100%, YD-21与芸苔链格孢菌(*Alternaria brassicae*)的同源性为100%, YD-28与格氏镰刀菌(*F. grosnichelii*)的同源性为99.61%。

### 2.4 系统发育树的构建

从GenBank下载高相似度菌株的rDNA-ITS同源序列(表2),采用邻接法构建系统发育树。结果表明,YD-7与尖孢镰刀菌的亲缘关系最近,YD-21与芸苔链格孢菌的亲缘关系最近,YD-28与格氏镰刀菌的亲缘关系最近(图3B)。结合病原菌菌落形态特征以及在NCBI数据库中的BLAST比对结果(图4),我们将YD-7鉴定为半知菌亚门丛梗孢目镰刀菌属的尖孢镰刀菌;YD-21鉴定为半知菌亚门链孢霉目黑霉科半知菌类链格孢属的芸苔链格孢菌;YD-28鉴定为半知菌亚门丛梗孢目镰刀菌属的格氏镰刀菌。

### 2.5 致病性测定

测定结果表明,3种真菌对豌豆植株均有致病性(图5A–D)。YD-7可快速侵染豌豆植株,在茎基部可见明显的黑褐色病斑,接种5天时病斑长度达4.5 cm,同

**图3** 豌豆茎基腐病原菌PCR扩增产物凝胶电泳及相关近缘种的系统发育树

(A) 分离菌株YD-7、YD-21和YD-28的PCR扩增产物凝胶电泳;(B) 基于ITS及其同源序列构建的系统发育树

**Figure 3** Agarose gel electrophoresis of PCR products of pea crown rot pathogen and phylogenetic tree of related sibling species (A) Agarose gel electrophoresis of PCR products of isolated strains YD-7, YD-21 and YD-28; (B) Phylogenetic tree based on ITS and its homologous sequences

表2 菌株ITS序列长度

Table 2 ITS sequence length of the strains

Species	Isolates	Length of ITS (bp)	GenBank number	Species	Isolates	Length of ITS (bp)	GenBank number
<i>Fusarium equiseti</i>	BMS4	570	OM876892.1	<i>A. solani</i>	43	545	MN871610.1
<i>F. falciforme</i>	M232	530	MN907530.1	<i>A. infectoria</i>	F16	775	MW301214.1
<i>F. solani</i>	CFE-95	569	MW045606.1	<i>Alternaria</i> sp.	PYCC 8684	917	OK094892.1
<i>F. oxysporum</i>	S17F3	488	MK968009.1	<i>Fusarium</i> sp.	160	545	OM262322.1
<i>F. gros-michelii</i>	JXN4-10	514	OL744454.1	<i>A. brassicae</i>	W1 18S	589	JF439448.1
<i>Alternaria brassicae</i>	ALE-53	534	MF380676.1	<i>F. nirenbergiae</i>	9245	510	ON365710.1

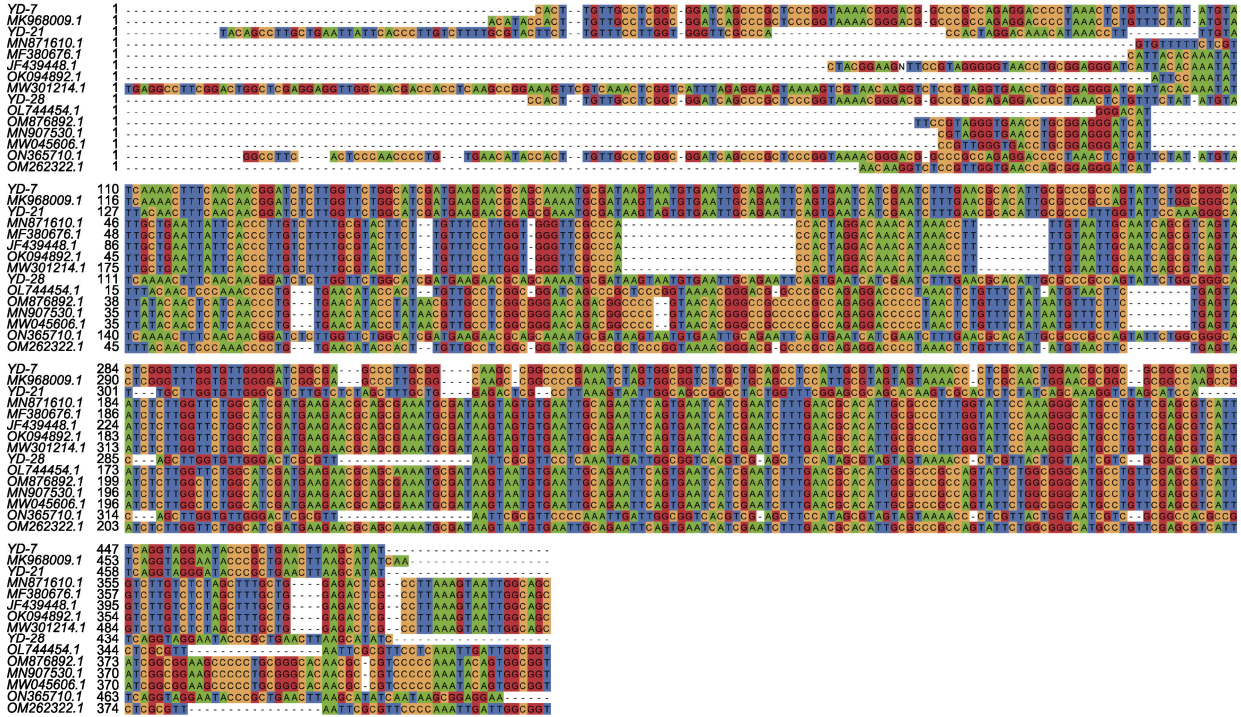


图4 分离菌株YD-7、YD-21和YD-28与其它相似菌株核苷酸序列多重比对

Figure 4 Multiple alignment of nucleotide sequences of isolated strains YD-7, YD-21 and YD-28 with other similar strains

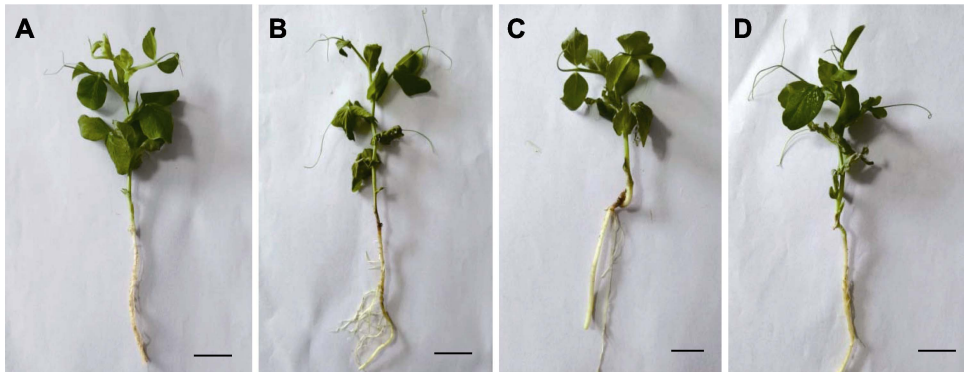


图5 分离菌株YD-7、YD-21和YD-28对浙豌2号的致病性

(A) 以接种PDA为空白对照; (B) YD-7对浙豌2号的致病性; (C) YD-21对浙豌2号的致病性; (D) YD-28对浙豌2号的致病性。Bars=5 cm

Figure 5 Pathogenicity of isolated strains YD-7, YD-21 and YD-28 to Zhewan 2

(A) Inoculate PDA as control; (B) Pathogenicity of YD-7 to Zhewan 2; (C) Pathogenicity of YD-21 to Zhewan 2; (D) Pathogenicity of YD-28 to Zhewan 2. Bars=5 cm

时叶片明显变黄并且出现萎蔫(图5B)。YD-21和YD-28的致病力较弱, 接种5天时病斑长度分别为2 cm (图5C)和1.6 cm (图5D), 仅少许叶片萎蔫。对照植株未发病(图5A)。将接种后发病的豌豆组织表面进行消毒后, 重新在PDA平板上进行病原菌分离, 均分离到相应的接种病原菌。以上结果表明, 分离到的3种真菌均为豌豆茎基腐病病原菌。

## 2.6 5种杀菌剂对病原菌菌丝生长的抑制作用

本研究结果表明, 5种杀菌剂在一定浓度处理下对3种病原菌的菌丝生长均有抑制作用, 且随着处理浓度的增加, 抑制率有所增高。由表3可知, 咯菌腈对3种病原菌菌丝生长的抑制活性最高,  $EC_{50}$  值为0.02–3.26  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 平均值为(1.12±1.52)  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ; 戊唑醇对3种菌株菌丝生长的抑制活性次之,  $EC_{50}$  值为0.09–2.69  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 平均值为(1.17±1.10)  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ; 多菌灵对3种菌株菌丝生长的抑制活性最低,  $EC_{50}$  值为0.28–23.78  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , 平均值为(8.28±10.96)  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。5种杀菌剂的抑菌活性从高到低排序为咯菌腈>戊唑醇>异菌脲>醚菌酯>多菌灵。综上表明, 咯菌腈和戊唑醇可作为豌豆茎基腐病化学防治的候选药剂。

## 2.7 讨论

近年来, 豌豆茎基腐病在我国各豌豆主产区频繁发

生, 豌豆生产受到严重威胁。本研究从采自浙江省农业科学院海宁杨渡科研创新基地的样品中分离到41个真菌菌株。通过形态学和分子鉴定, 将其分为3个类群, 即尖孢镰刀菌、芸苔链格孢菌和格氏镰刀菌。其中尖孢镰刀菌分离率达53.6%, 芸苔链格孢菌分离率为41.5%, 表明引起海宁杨渡基地豌豆茎基腐病的优势病原菌为尖孢镰刀菌, 芸苔链格孢菌次之。室内毒力测定结果表明, 咯菌腈和戊唑醇对豌豆茎基腐病病原菌的抑制作用较强,  $EC_{50}$  值分别为1.12和1.17  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 。因此, 咯菌腈和戊唑醇可作为豌豆茎基腐病防治的候选药剂。但本实验仅在室内条件下进行, 要将研究结果应用于生产实践, 并为防治豌豆茎基腐病提供有针对性的科学方案, 后续还需进行田间试验。

茎基腐病是一种常见的植物病害, 可危害多种作物, 且致病菌种类较多。目前已知的小麦茎基腐病致病菌主要包括禾谷镰刀菌、假禾谷镰刀菌和尖孢镰刀菌等(Strausbaugh et al., 2004; 王莉莉等, 2022)。据报道, 引起玉米茎基腐病及百香果(*Passiflora edulis*)茎基腐病的主要病原菌为镰刀菌(*Fusarium spp.*)和腐霉菌(*Pythium spp.*) (邱金忠, 2015; 沈广爽等, 2021)。陈星等(2017)发现西番莲(*P. caerulea*)茎基腐病致病菌是尖孢镰刀菌。研究表明, 链格孢属细极链格孢菌(*A. tenuissima*)可引发丹参(*Salvia miltior-*

表3 不同杀菌剂对YD-7、YD-21和YD-28的毒力测定

Table 3 Toxicity measurement of different fungicides to YD-7, YD-21 and YD-28

Fungicides/Classification	Strain	Regression equation	$EC_{50}$ ( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	Means±SD	$r$
Tebuconazole/Triazoles	YD-7	$Y=0.8566X+5.1100$	0.74		0.99
	YD-21	$Y=2.0295X+4.1263$	2.69	1.17±1.10	0.99
	YD-28	$Y=0.7605X+5.8069$	0.09		0.99
Carbendazim/Benzimidazoles	YD-7	$Y=2.8425X+6.5769$	0.28		0.97
	YD-21	$Y=1.4663X+2.9820$	23.78	8.28±10.96	0.99
	YD-28	$Y=9.3029X+6.0223$	0.78		0.96
Fludioxonil/Pyrrroles	YD-7	$Y=0.1054X+4.9459$	3.26		0.99
	YD-21	$Y=0.6536X+5.7413$	0.07	1.12±1.52	0.99
	YD-28	$Y=0.6242X+6.1209$	0.02		0.99
Iprodione/Dicarbonamides	YD-7	$Y=4.9338X+0.9405$	6.65		0.97
	YD-21	$Y=1.6099X+5.2905$	0.66	3.44±2.46	0.99
	YD-28	$Y=3.2891X+3.4191$	3.02		0.98
Kresoximmethyl/Methoxy acrylates	YD-7	$Y=0.9294X+4.9657$	1.09		0.99
	YD-21	$Y=1.0512X+3.8358$	12.81	5.03±5.50	0.99
	YD-28	$Y=1.0638X+4.9143$	1.20		0.99

*rhiza*)茎基腐病(王飞等, 2022), 并造成巨大的经济损失。本研究表明, 尖孢镰刀菌、芸苔链格孢菌和格氏镰刀菌是引起海宁豌豆茎基腐病的病原菌。不同地区寄主植物的茎基腐病原菌来源复杂, 生物学特性差异极大。目前, 国内外关于豌豆茎基腐病原菌的种类及生物学特性报道较少, 对病原菌致病机理的研究有待进一步加强。

长期大面积使用化学药剂不仅容易造成农药残留超标及环境污染, 进而破坏生态平衡, 病原菌也易产生抗药性(王广印等, 2018)。因此, 对豌豆茎基腐病宜采用化学防治、生物防治与农业防治相结合的综合治理策略。化学防治具有高效经济和方法简便等优点, 不受地域和季节限制, 便于大面积机械化操作。生物防治具有无残留、无毒和环境友好等优点, 符合绿色发展的要求(范青等, 2000; 连荣芳等, 2013)。在农业防治中, 除选育抗性品种外, 土壤深翻、轮作以及根据种植地的气候选择适宜的播种期等栽培措施均可对豌豆茎基腐病的综合防控发挥重要作用(段建华和袁同高, 2018; 纪莉景等, 2020; 栾冬冬等, 2022)。但在病害爆发的地块或时期, 化学防治则是唯一有效的措施。

## 参考文献

- 陈星, 高淑梅, 李迎宾, 张治萍, 蒋娜, 罗来鑫, 李健强 (2017). 广西防城港西番莲茎基腐病发生为害调查与病原鉴定. 见: 彭友良, 李向东主编. 中国植物病理学会2017年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社. pp. 168.
- 崔翠, 孙建蓉, 赵愉风, 郜欢欢, 程闯, 王瑞莉, 王刘艳, 周清元 (2019). 豌豆嫩尖几个营养品质性状的遗传多样性分析及其综合评价. 植物遗传资源学报 20, 932–948.
- 段建华, 袁同高 (2018). 玉米茎基腐病的发生规律及防治措施. 吉林农业 (4), 69.
- 范青, 田世平, 李永兴, 徐勇, 汪沂 (2000). 枯草芽孢杆菌(B-912)对桃和油桃褐腐病的抑制效果. 植物学报 42, 1137–1143.
- 黄端, 夏宏秋, 吴齐仟 (2015). 食荚豌豆死苗成因及防治初探. 中国农业信息 27(17), 44.
- 纪莉景, 栗秋生, 王亚娇, 吴玉星, 李聪聪, 孙梦伟, 孔令晓 (2020). 温度对假禾谷镰刀菌生长、侵染及茎基腐病发生的影响. 植物病理学报 50, 723–730.
- 连荣芳, 王梅春, 墨金萍, 肖贵 (2013). 生防菌剂浸种对豌豆苗期茎基腐病的田间防效. 甘肃农业科技 44(3), 10–11.
- 林汝法, 柴岩, 廖琴, 孙世贤 (2002). 中国小杂粮. 北京: 中国农业科学技术出版社. pp. 317–319.
- 栾冬冬, 贾吉玉, 王光州, 张俊伶 (2022). 中国小麦茎基腐病的发生现状及防治策略. 麦类作物学报 42, 512–520.
- 马传禹, 姚丽娜, 杜腓利, 徐明良 (2018). 玉米抗茎腐病研究进展. 玉米科学 26(2), 131–137.
- 漆永红, 李敏权, 曹素芳, 蒋晶晶, 李雪萍, 李青青, 徐美蓉, 李继平 (2021). 党参茎基腐病镰孢菌鉴定及其对杀菌剂的敏感性研究. 农学学报 11(2), 74–78.
- 邱金忠 (2015). 百香果茎基腐病的发生与防治方法. 中国农业信息 27(1), 50.
- 沈广爽, 于淑晶, 郭宁, 周贤龙, 边强 (2021). 玉米茎基腐病防治研究进展. 农药 60, 235–238.
- 万述伟, 宋风景, 郝俊杰, 张晓艳, 李红卫, 邵阳, 赵爱鸿 (2017). 271份豌豆种质资源农艺性状遗传多样性分析. 植物遗传资源学报 18, 10–18.
- 王飞, 杨瑾, 李雪梦, 高素霞, 文艺, 刘玉霞, 秦艳红, 戚文平, 鲁传涛 (2022). 丹参茎基腐病原鉴定及防治药剂筛选. 植物病理学报 doi: 10.13926/j.cnki.apps.000779.
- 王广印, 郭卫丽, 陈碧华, 计善玲, 薛晓庆 (2018). 大棚秋番茄茎基腐病防控技术研究. 见: 中国园艺学会2018年学术年会论文摘要集. 青岛: 中国园艺学会. pp. 163.
- 王莉莉, 徐建强, 朱凯, 孙莹, 郑伟, 侯颖 (2022). 醚菌酯对假禾谷镰孢的抑制作用及对小麦茎基腐病的防效研究. 植物病理学报 52, 434–442.
- 徐飞, 韩自行, 宋玉立, 刘伟, 周益林, 李丽娟, 王俊美, 秦志英, 程燕君 (2022). 几种杀菌剂对小麦茎基腐病的防治效果. 植物保护 48(2), 296–302.
- 郑卓杰 (1997). 中国食用豆类学. 北京: 中国农业出版社. pp. 88–127.
- 宗绪晓 (2016). 豌豆生产技术. 北京: 北京教育出版社. pp. 1–10.
- Chakraborty S, Obanor F, Westcott R, Abeywickrama K (2010). Wheat crown rot pathogens *Fusarium graminearum* and *F. pseudograminearum* lack specialization. *Phytopathology* 100, 1057–1065.
- Hogg AC, Johnston RH, Dyer AT (2007). Applying real-time quantitative PCR to *Fusarium* crown rot of wheat. *Plant Dis* 91, 1021–1028.
- Kazan K, Gardiner DM (2018). *Fusarium* crown rot caused by *Fusarium pseudograminearum* in cereal crops: recent progress and future prospects. *Mol Plant Pathol* 19, 1547–

1562.  
Strausbaugh CA, Bradley CA, Koehn AC, Forster RL

(2004). Survey of root diseases of wheat and barley in southeastern Idaho. *Can J Plant Pathol* **26**, 167–176.

## Pathogen Identification of Pea Crown Rot and Its Sensitivity to Fungicides

Yajing Song<sup>1,2</sup>, Jinwen Ou<sup>2,3</sup>, Guwen Zhang<sup>2</sup>, Zhijuan Feng<sup>2</sup>, Yuanpeng Bu<sup>2</sup>, Bin Wang<sup>2</sup>  
Yaming Gong<sup>2</sup>, Jianqiang Xu<sup>1\*</sup>, Na Liu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>College of Horticulture and Plant Protection, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China

<sup>2</sup>Key Laboratory of Vegetable Legumes Germplasm Enhancement and Molecular Breeding in Southern China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, State Key Laboratory for Managing Biotic and Chemical Threats to the Quality and Safety of Agro-products, Institute of Vegetables, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; <sup>3</sup>College of Horticulture Science, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China

**Abstract** Pea (*Pisum sativum*) is one of the most important economic crops of beans in China. The occurrence of diseases will cause great economic losses in pea production. Through morphological observation, molecular identification and pathogenicity determination, the results showed that the three kinds of pathogenic fungi causing pea crown rot were *Fusarium oxysporum*, *Alternaria brassicae* and *F. grosnichelii*, among which *F. oxysporum* was the most pathogenic, with the isolation frequency of 53.6%. The results of indoor toxicity measurement showed that five fungicides had inhibitory effects on the mycelial growth of three kinds of pathogenic bacteria, among which, the inhibition effect of fludioxonil and tebuconazole have top results. The results provide a scientific basis for the prevention and control of pea crown rot.

**Key words** pea, crown rot, isolation and identification, fungicides, sensitivity determination

Song YJ, Ou JW, Zhang GW, Feng ZJ, Bu YP, Wang B, Gong YM, Xu JQ, Liu N (2023). Pathogen identification of pea crown rot and its sensitivity to fungicides. *Chin Bull Bot* **58**, 132–139.

---

\* Authors for correspondence. E-mail: xujqhust@126.com; ln200811@163.com

(责任编辑: 白羽红)