

陆宁海,杨蕊,郎剑锋,等. 小麦根际土壤微生物数量对茎基腐病的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):113-116,124.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.22.025

小麦根际土壤微生物数量对茎基腐病的影响

陆宁海,杨蕊,郎剑锋,霍云凤,石明旺,陈锡岭

(河南科技学院资源与环境学院植保系,河南新乡 453003)

摘要:为探索小麦不同生长期根际土壤微生物数量的动态变化规律,通过稀释分离法分析健康植株和患病植株根际土壤真菌、细菌和放线菌数量。结果表明,患病植株根际土壤真菌种群数量在小麦不同生长期比健康植株根际土壤真菌数量多,从返青期到成熟期,真菌种群数量逐渐增加,孕穗期达到最大值,健康植株根际土壤真菌数量为 10.21×10^3 CFU/g,患病植株根际土壤真菌数量为 14.27×10^3 CFU/g。患病植株根际土壤细菌、放线菌数量在小麦不同生长期比健康植株根际土壤细菌、放线菌数量少,从返青期到成熟期,种群数量逐渐增加,在扬花期达到最大值,健康植株根际土壤细菌数量为 50.78×10^6 CFU/g,放线菌数量为 28.44×10^3 CFU/g,患病植株根际土壤细菌数量为 36.68×10^6 CFU/g,放线菌数量为 22.67×10^3 CFU/g。因此,小麦茎基腐病的发生与根际土壤微生物数量有一定的关系,其中当真菌数量较多,细菌和放线菌数量较少时,有可能加重病害的发生。

关键词:小麦茎基腐病;根际土壤;微生物;稀释分离法

中图分类号: S435.121.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)22-0113-04

小麦茎基腐病(crown rot,简称CR)是由多种病原真菌引起的一种土传病害,别称旱地脚腐病(dry land foot rot)、镰刀根腐病(*Fusarium root rot*)和镰刀茎基腐病(*Fusarium crown rot*)等^[1]。该病是一种世界性的重要病害,已有10多个国家报道其发生,包括美国、澳大利亚、意大利、土耳其、加拿大等^[2]。在我国江苏地区曾报道小麦茎基褐腐病的危害,但其病原以根腐蠕孢菌为主,与国外报道的以镰刀菌为主要病原的小麦茎基腐病明显不同^[3]。Li等首次在我国报道了由假禾谷镰刀菌(*Fusarium pseudograminearum*)引起的小麦茎基腐病^[4]。有调查显示,近年来,随着秸秆还田及免耕少耕等耕作措施的大面积推广,小麦茎基腐病在各大麦区发生普遍并造成了一定的经济损失,已逐步引起重视^[5-6]。

大量的研究表明,田间环境是影响病害发展和流行的重要因素,主要包括播期、土壤类型、土壤湿度、营养状况等^[7]。另外,品种抗性也在一定程度上影响发病程度。有研究表明,早播会使病害加重发生,而适当晚播可减轻病害的发生程度。茎基腐病在所有土壤类型中均可发生,尤以黏性土壤最为普遍。地势低洼、排水不良可促进其发病^[8]。土壤湿度是影响茎基腐病田间发病率和严重度的主要因素。湿润的表层土壤是病害苗期侵染的必要条件,土壤湿度高有利于发病^[9]。有资料显示,小麦播种后遭遇阴雨天气以及扬花期至成熟期遇到干旱天气有利于茎基腐病的发生^[10]。氮和锌是影响茎基腐病发病率和发病严重程度的主要营养元素。施用氮肥过多、植物缺锌均有利于小麦茎基腐病的发生^[11-12],在茎基腐病严重发生的地区,适当增施锌肥可有效减轻茎基腐病的发

生。但有关根际土壤微生物数量对小麦茎基腐病的影响还未见报道。因此,本研究探讨根际土壤微生物数量对小麦茎基腐病的影响。

1 材料与方法

1.1 根际土壤微生物的采集

试验地点设在河南省新乡市新乡县洪门镇乔谢村的试验田,在小麦生长期返青期、拔节期、孕穗期、扬花期、成熟期分别采集患病和健康小麦植株根际土壤,采用5点取样法,每点随机选择50株小麦,收集其根际土壤,轻抖带土植株掉落土样,该土样为非根际土壤,黏附在植株根系上的土样则为根际土壤^[13]。采样后将根际土壤装入无菌袋中并编号,带回实验室后,将统一处理的5个样品混合,将土样过1mm筛后放入4℃环境下保存,用于根际土壤微生物的分离。

1.2 培养基的选择

真菌的分离采用马铃薯葡萄糖(PDA培养基)培养基,细菌的分离采用牛肉膏蛋白胨培养基,放线菌的分离采用高氏一号合成培养基^[14]。

马铃薯葡萄糖培养基配方^[15]:200g马铃薯,10~20g葡萄糖,17~20g琼脂,1000mL自来水,自然pH值。

牛肉膏蛋白胨培养基配方^[14]:3g牛肉膏,5~10g蛋白胨,1000mL水,17~20g琼脂,自然pH值。

高氏一号合成培养基配方^[14]:20g可溶性淀粉,1.0g KNO₃,0.5g K₂HPO₄,0.5g MgSO₄·7H₂O,0.5g NaCl,0.01g FeSO₄·7H₂O,1000mL水,20g琼脂,自然pH值。

1.3 根际土壤微生物的分离

(1)用稀释分离法^[16]从根际土壤中分离细菌。将牛肉膏蛋白胨培养基放在微波炉里加热,待完全融化后取出,在无菌操作台上倒空白平板。冷凝后,用微量移液枪吸取已经梯度稀释过的土壤悬浮液中,从低浓度到高浓度依次吸取 10^{-6} 、 10^{-5} 、 10^{-4} 各0.1mL,用涂棒涂均匀。置于28℃培养箱中培养,

收稿日期:2018-09-19

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0201704);河南省科技攻关项目(编号:172102110023);河南省高校重点科研项目(编号:17A210004)。

作者简介:陆宁海(1976—),男,甘肃庆阳人,博士,副教授,主要研究植物病害分子流行病学和生物防治。E-mail:gshinghai@163.com。

在第2天至第7天每天观察统计细菌菌落数量与种类。

(2)用稀释分离法^[16]从根际土壤中分离真菌。将灭过菌的250 mL PDA培养基放在微波炉里加热,待完全融化后取出,加入1 mL链霉素,轻摇,使链霉素与培养基充分混匀,然后倒空白平板。冷凝后,用微量移液枪吸取已经梯度稀释过的土壤悬浮液,从低浓度到高浓度依次取 10^{-3} 、 10^{-2} 、 10^{-1} 各0.1 mL,用涂抹棒涂抹均匀。置于25℃培养箱中培养,在第2天至第7天每天观察统计真菌菌落数量与种类。

(3)用稀释分离法^[16]从根际土壤中分离放线菌。将高氏一号合成培养基放在微波炉里加热,待完全融化后取出,在无菌操作台上倒空白平板。冷凝后,用微量移液枪吸取已经梯度稀释过的土壤悬浮液,从低浓度到高浓度依次取 10^{-3} 、 10^{-2} 、 10^{-1} 各0.1 mL,用涂抹棒涂抹均匀。放在28℃培养箱中培养,在第2天至第7天每天观察统计放线菌菌落数量与种类。每个处理重复3次,土壤中微生物数量以每克土壤样品所含的菌落数表示,单位为CFU/g。试验所用器材均为事先灭过菌的。

1.4 小麦茎基腐病发病情况调查

在小麦返青期、拔节期、孕穗期、扬花期、成熟期分别调查记录各小区小麦茎基腐病的发病情况,按对角线5点取样法进行,每点取50株,调查小麦茎基腐病的发生情况。按茎基腐病的发病程度分为0~5级,即0级:无明显症状;1级:第1叶鞘褐枯小于叶鞘长度10%;2级:第1叶鞘褐枯占叶鞘长度11%~25%;3级:第1叶鞘褐枯占叶鞘长度26%~50%;4级:第2叶鞘有明显褐枯;5级:第3叶鞘有明显褐枯或全株枯死^[17]。然后计算发病率和病情指数^[18]。

病情指数 = $100 \times \Sigma(\text{各级病叶数} \times \text{各级代表值}) / (\text{调查总叶数} \times \text{最高级代表值})$;

发病率 = $\text{调查染病株数} / \text{调查总株数} \times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 小麦茎基腐病在不同时期的发病率和病情指数分析

由图1可知,在小麦的整个生育期中,小麦茎基腐病的发生呈先迅速上升而后趋于平稳的变化动态。从返青期到孕穗期,茎基腐病的发生流行较快,返青期、拔节期、孕穗期的发病率分别为17.11%、40.12%、76.26%,在孕穗期达到高峰,孕穗期后发病率相对稳定,扬花期、成熟期的发病率分别为78.33%、79.54%。

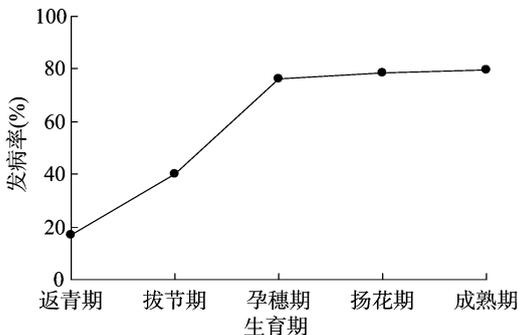


图1 小麦茎基腐病在小麦不同生育期的发病率

由图2可知,在小麦的不同生长发育时期,小麦茎基腐病的病情指数(即严重度)呈持续上升趋势,在成熟期达到高

峰。从返青期到拔节期,小麦的病情指数急剧增长,从4.24增长到17.43,孕穗期、扬花期、成熟期,病情逐渐加重,但增幅较小,病情指数分别为24.33、27.41、32.41。

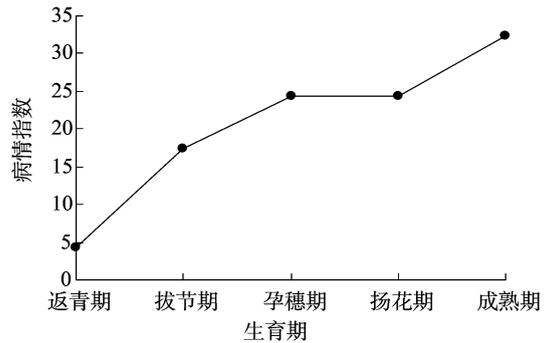


图2 不同生育期小麦茎基腐病的病情指数

2.2 小麦返青期根际土壤微生物的数量分析

由表1可知,返青期患病小麦植株根际土壤与健康小麦植株根际土壤中的微生物数量有显著差异。小麦返青期健康小麦根际土壤中的细菌数量明显比患病小麦根际土壤中的细菌数量多,健康植株根际土壤中的细菌数量为 4.64×10^6 CFU/g,患病植株根际土壤中的细菌数量为 3.23×10^6 CFU/g;患病小麦根际土壤中的真菌数量明显比健康小麦根际土壤中的真菌数量多,健康小麦根际土壤中的真菌数量为 1.67×10^3 CFU/g,患病小麦根际土壤中的真菌数量为 3.51×10^3 CFU/g;健康小麦根际土壤中放线菌的数量明显比患病小麦根际土壤中放线菌的数量多,健康小麦根际土壤中放线菌的数量为 1.32×10^3 CFU/g,患病小麦根际土壤中放线菌的数量为 1.06×10^3 CFU/g。

表1 小麦返青期根际土壤微生物的数量

| 处理 | 细菌数量 ($\times 10^6$ CFU/g) | 真菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) | 放线菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 健康植株根际土壤 | 4.64a | 1.67b | 1.32a |
| 患病植株根际土壤 | 3.23b | 3.51a | 1.06b |

注:同列数据后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著,下表同。

2.3 小麦拔节期根际土壤微生物的数量分析

由表2可知,拔节期患病小麦植株根际土壤与健康小麦植株根际土壤中的微生物数量有显著差异。小麦拔节期健康植株根际土壤中的细菌数量明显比患病植株根际土壤中的细菌数量多,健康植株根际土壤中的细菌数量为 14.35×10^6 CFU/g,患病植株根际土壤中的细菌数量为 10.12×10^6 CFU/g;患病植株根际土壤中的真菌数量明显比健康植株根际土壤中的真菌数量多,患病植株根际土壤中的真菌数量为 5.98×10^3 CFU/g,健康植株根际土壤中的真菌数量为 3.74×10^3 CFU/g;健康植株根际土壤中放线菌的数量明显比患病植株根际土壤中放线菌的数量多,健康植株根际土壤中放线菌的数量为 5.12×10^3 CFU/g,患病植株根际土壤中放线菌的数量为 4.18×10^3 CFU/g。

表2 小麦拔节期根际土壤微生物的数量

| 处理 | 细菌数量 ($\times 10^6$ CFU/g) | 真菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) | 放线菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 健康植株根际土壤 | 14.35a | 3.74b | 5.12a |
| 患病植株根际土壤 | 10.12b | 5.98a | 4.18b |

2.4 小麦孕穗期根际土壤微生物的数量分析

由表3可知,孕穗期患病小麦植株根际土壤与健康小麦植株根际土壤中的微生物数量有显著差异。小麦孕穗期健康植株根际土壤中的细菌数量明显比患病植株根际土壤中的细菌数量多,健康植株根际土壤中的细菌数量为 32.69×10^6 CFU/g,患病植株根际土壤中的细菌数量为 19.79×10^6 CFU/g;患病植株根际土壤中的真菌数量明显比健康植株根际土壤中的真菌数量多,患病植株根际土壤中的真菌数量为 11.26×10^3 CFU/g,健康植株根际土壤中的真菌数量为 8.62×10^3 CFU/g;健康植株根际土壤中放线菌的数量明显比患病植株根际土壤中放线菌的数量多,健康植株根际土壤中放线菌的数量为 13.78×10^3 CFU/g,患病植株根际土壤中放线菌的数量为 11.56×10^3 CFU/g。

表3 小麦孕穗期根际土壤微生物的数量

| 处理 | 细菌数量 ($\times 10^6$ CFU/g) | 真菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) | 放线菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 健康植株根际土壤 | 32.69a | 8.62b | 13.78a |
| 患病植株根际土壤 | 19.79b | 11.26a | 11.56b |

2.5 小麦扬花期根际土壤微生物的数量分析

由表4可知,扬花期患病小麦植株根际土壤与健康小麦植株根际土壤中的微生物数量有显著差异。小麦扬花期健康植株根际土壤中的细菌数量明显比患病植株根际土壤中的细菌数量多,健康植株根际土壤中的细菌数量为 50.78×10^6 CFU/g,患病植株根际土壤中的细菌数量为 36.68×10^6 CFU/g;患病植株根际土壤中的真菌数量明显比健康植株根际土壤中的真菌数量多,患病植株根际土壤中的真菌数量为 14.27×10^3 CFU/g,健康植株根际土壤中的真菌数量为 10.21×10^3 CFU/g;健康植株根际土壤中放线菌的数量明显比患病植株根际土壤中放线菌的数量多,健康植株根际土壤中放线菌的数量为 28.44×10^3 CFU/g,患病植株根际土壤中放线菌的数量为 22.67×10^3 CFU/g。

表4 小麦扬花期根际土壤微生物的数量

| 处理 | 细菌数量 ($\times 10^6$ CFU/g) | 真菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) | 放线菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 健康植株根际土壤 | 50.78a | 10.21b | 28.44a |
| 患病植株根际土壤 | 36.68b | 14.27a | 22.67b |

2.6 小麦成熟期根际土壤微生物的数量分析

由表5可知,成熟期患病小麦植株根际土壤与健康小麦植株根际土壤中的微生物数量存在显著差异。小麦成熟期健康植株根际土壤中的细菌数量明显比患病植株根际土壤中的细菌数量多,健康植株根际土壤中的细菌数量为 35.14×10^6 CFU/g,患病植株根际土壤中的细菌数量为 28.95×10^6 CFU/g;患病植株根际土壤中的真菌数量明显比健康植株根际土壤中的真菌数量多,患病植株根际土壤中的真菌数量为 11.17×10^3 CFU/g,健康植株根际土壤中的真菌数量为 9.56×10^3 CFU/g;健康植株根际土壤中放线菌的数量明显比患病植株根际土壤中放线菌的数量多,健康植株根际土壤中放线菌的数量为 21.56×10^3 CFU/g,患病植株根际土壤中放线菌的数量为 19.79×10^3 CFU/g。

表5 小麦成熟期根际土壤微生物的数量

| 处理 | 细菌数量 ($\times 10^6$ CFU/g) | 真菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) | 放线菌数量 ($\times 10^3$ CFU/g) |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 健康植株根际土壤 | 35.14a | 9.56b | 21.56a |
| 患病植株根际土壤 | 28.95b | 11.17a | 19.79b |

2.7 细菌种群数量在小麦不同时期的变化动态

在小麦的不同生育期对植株根际土壤细菌的数量进行分析,由图3可以看出,在健康植株根际土壤中,小麦从返青期到扬花期土壤中的细菌数量逐渐增加,并在扬花期达到高峰,而后呈下降趋势,在小麦返青期、拔节期、孕穗期和扬花期的细菌数量分别为 4.64×10^6 、 14.35×10^6 、 32.69×10^6 、 50.78×10^6 CFU/g,从扬花期到成熟期土壤中细菌数量逐渐减少,成熟期下降至 35.14×10^6 CFU/g;在患病植株根际土壤中,在小麦返青期、拔节期、孕穗期和扬花期的细菌数量分别为 3.23×10^6 、 10.12×10^6 、 19.79×10^6 、 36.68×10^6 CFU/g,从扬花期到成熟期土壤中细菌数量逐渐减少,成熟期下降到 28.95×10^6 CFU/g。健康植株根际土壤中的细菌数量明显比患病植株根际土壤中的细菌数量多,且健康植株根际土壤中的细菌数量与患病植株根际土壤中的细菌数量在小麦的5个生育期中的变化动态有着相同的规律,即先升后降。

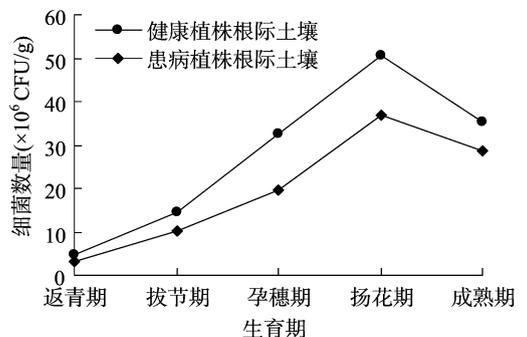


图3 细菌种群数量在小麦不同生育期的变化动态

2.8 真菌种群数量在小麦不同时期的变化动态

在小麦的不同生育期对植株根际土壤真菌的数量进行分析,由图4可以看出,健康植株根际土壤中,小麦从返青期到孕穗期植株根际土壤中的真菌种群数量逐渐增加,并在孕穗期达到高峰,从返青期到拔节期真菌的种群数量增长缓慢,从拔节期到孕穗期增幅较明显,而后呈下降趋势,即从孕穗期到成熟期植株根际土壤真菌种群数量逐渐下降,在小麦返青期、拔节期和孕穗期的真菌数量分别为 1.67×10^3 、 3.74×10^3 、 10.21×10^3 CFU/g,从孕穗期到成熟期土壤中真菌数量逐渐减少,在小麦扬花期、成熟期分别下降为 9.56×10^3 、 8.62×10^3 CFU/g;患病植株根际土壤中,小麦从返青期到孕穗期植株根际土壤中的真菌种群数量逐渐增加,并在孕穗期达到高峰,从返青期到拔节期真菌的种群数量增长缓慢,从拔节期到孕穗期增幅较明显,而后呈下降趋势,即从孕穗期到成熟期植株根际土壤中真菌的种群数量逐渐下降。在小麦返青期、拔节期和孕穗期真菌的数量分别为 3.51×10^3 、 5.98×10^3 、 14.27×10^3 CFU/g,从孕穗期到成熟期土壤中真菌数量逐渐减少,在扬花期、成熟期分别下降到 11.26×10^3 、 11.17×10^3 CFU/g。健康植株根际土壤中真菌的数量明显比患病植

株根际土壤中真菌的数量少,且健康植株根际土壤中的真菌数量与患病植株根际土壤中的真菌数量在小麦的5个生育期中的变化动态有着相同的规律,即先升后降。

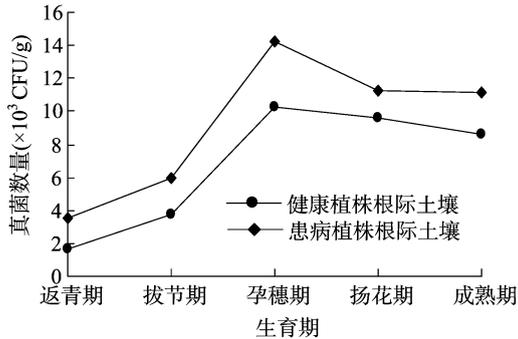


图4 真菌种群数量在小麦不同生育期的变化动态

2.9 放线菌种群数量在小麦不同时期的变化动态

在小麦的不同生育期对土壤放线菌的数量进行分析,由图5可以看出,在健康植株根际土壤中,小麦从返青期到扬花期土壤中的放线菌数量逐渐增加,并在扬花期达到高峰,而后呈下降趋势。在小麦返青期、拔节期、孕穗期和扬花期放线菌的数量分别为 1.32×10^3 、 5.12×10^3 、 13.78×10^3 、 28.44×10^3 CFU/g,从扬花期到成熟期土壤中放线菌的数量逐渐减少,在成熟期下降至 21.56×10^3 CFU/g;在患病植株根际土壤中,在小麦返青期、拔节期、孕穗期和扬花期放线菌的数量分别为 1.06×10^3 、 4.18×10^3 、 11.56×10^3 、 22.67×10^3 CFU/g,从扬花期到成熟期土壤中放线菌的数量逐渐减少,在成熟期下降到 19.79×10^3 CFU/g。健康植株根际土壤中的放线菌数量明显比患病植株根际土壤中的放线菌数量多,健康植株根际土壤中的放线菌数量与患病植株根际土壤中的放线菌数量在小麦各生育期的变化动态有着相同的规律,即先升后降。

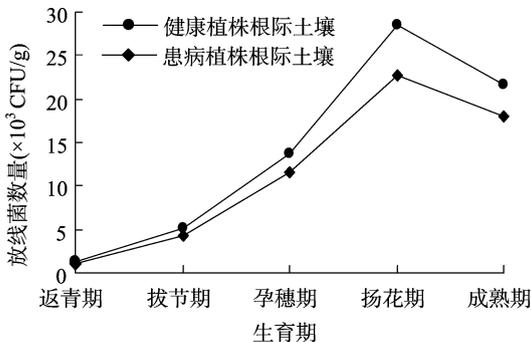


图5 放线菌种群数量在小麦不同生育期的变化动态

3 结论与讨论

在小麦生产上茎基部的病害发生较为普遍,通过对试验田块进行取样调查与分析,进一步明确了土壤中根际微生物对小麦茎基腐病的影响程度,并初步明确了麦田患病植株根际土壤与健康植株根际土壤细菌、真菌、放线菌的数量及其数量的变化对小麦茎基腐病发病率的影响。本研究在同一块农田中分别对患病植株根际土壤与健康植株根际土壤中微生物数量及茎基腐病病害的发生进行了系统调查,明确了根际土壤中真菌的种群数量越多,小麦茎基腐病的发生越严重。

在本研究中,患病植株根际土壤中细菌和放线菌的数量

少,且高峰期出现在扬花期,而真菌的数量较多,高峰期出现在孕穗期;健康植株根际土壤中微生物数量则相反,细菌和放线菌数量较多,真菌数量较少,高峰期与患病植株根际土壤高峰期出现时间一致。这表明细菌和放线菌是有利于作物健康生长的生防菌和抑制病害流行的拮抗菌,而小麦茎基腐病主要是由根际土壤真菌引起的,因此患病植株根际土壤中真菌种群数量较多。

研究表明,健康植株根际土壤中真菌数量相对较少,放线菌、细菌数量相对较多;患病植株根际土壤真菌数量相对较多,放线菌、细菌数量相对较少,且2种根际土壤微生物数量差异达到显著水平。本研究中患病植株根际土壤中真菌数量相对较多,小麦茎基腐病的发生也比较严重;而健康植株根际土壤中,细菌和放线菌数量较多且细菌和放线菌是土壤中重要的生防菌或拮抗菌,并被广泛地应用于植物病害的生物防治中,较多的细菌和放线菌可能抑制小麦茎基腐病菌的生长而成为小麦茎基腐病发病较轻的原因之一。

本研究结果表明患病植株根际土壤中细菌、放线菌的种群数量较少,而真菌的种群数量较多。小麦茎基腐病是一种以土壤传播为主的真菌性病害。随着种植制度的改革,高产品种的推广和水、肥、密度的增加,小麦茎基腐病的危害日趋严重。小麦茎基腐病菌的寄主范围广,除侵染小麦以外,还可侵染玉米、水稻、谷子、高粱等。随着免耕、少耕、秸秆还田等种植制度的推广,土壤中真菌种群数量增长,小麦茎基腐病的发生也逐渐加重。

目前,对于小麦茎基腐病的防治尚缺乏有效的抗病品种,主要通过化学防治,不仅造成严重的化学污染,而且容易导致病原菌产生抗性。因此,寻找可以代替化学防治的安全有效的防治策略是小麦生产中有待解决的重要问题,利用植物内生细菌对病害进行生物防治,不仅可以克服化学防治的不足,更重要的是它能在小麦体内定植,生防效果较稳定且具有重要的理论意义和应用前景。

参考文献:

- [1] 周海峰,杨云,牛亚娟,等. 小麦茎基腐病的发生动态与防治技术[J]. 河南农业科学,2014,43(5):114-117.
- [2] Burgess L W, Backhouse D, Summerell B A, et al. Crown rot of wheat [M]. Paul: Aps Press, 2001: 271-294.
- [3] 李伟,陈莹,张晓祥,等. 小麦茎基腐病病原菌组成及其致病力研究[J]. 麦类作物学报,2011,31(1):170-175.
- [4] Li H L, Yuan H B. First report of *Fusarium pseudograminearum* causing crown rot of wheat in Henan, China[J]. Plant Disease, 2012, 96(7):1065.
- [5] 陈厚德,王彰明,袁树忠,等. 小麦茎基腐病的发生特点及其对产量的影响[J]. 扬州大学学报(自然科学版),2001,4(4):43-46.
- [6] 李冬梅,曹克强,王爱英,等. 河北省小麦根病发生现状及致病病原种类调查[J]. 河北农业大学学报,2001,24(3):38-42.
- [7] Klein T A, Burgess L W, Ellison F W. The incidence of crown rot in wheat, barley and triticale when sown on two dates[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1989, 29(4):559-563.
- [8] Wallwork H. Cereal root and diseases [M]. Adelaide: Sardi-Grdc Press, 1996: 26-31.

虫网阻隔、黄板诱虫、高温闷棚等为主的物理防控措施;以推广应用印楝素、苦参碱、鱼藤酮等生物农药为主的生物防控措施;以推广噻嗪酮、啶虫脒等高效、低毒、低残留化学农药为主的化学防控措施,实现蔬菜绿色生产。充分发挥省(市、区)、地市、县(市、区)等各级示范区的示范引领作用,把绿色防控技术示范区打造成技术集成、创新和培训基地,通过在病虫害发生主要时期举行现场观摩会并进行集中培训,普及绿色防控技术,提高防治技术到位率,促进蔬菜种植园区蔬菜生产质量安全和农业增效农民增收^[15-16]。

5 设施蔬菜病虫害绿色防控技术应用前景展望

近年来,消费者对蔬菜品质、营养、功能等方面的要求越来越高。2019年中央“一号文件”,再次聚焦生态农业,提出要大力发展绿色优质农产品生产,推动农业由增产导向转向提质导向。2015年,农业农村部提出了《到2020年农药使用量零增长行动方案》,旨在推进农业发展方式转变,有效控制农药使用量,保障农业生产安全,农产品质量安全和生态环境安全,促进农业可持续发展。江苏省紧紧围绕农业供给侧结构性改革,推进农业高质量发展,满足人们对绿色优质农产品日益增长的需求,依托绿色防控示范区建设,大力推进设施蔬菜病虫害绿色防控技术集成创新与产业化推广。

大力发展绿色优质农产品基地和推广绿色食品认证,是实现农业提质增效、助推乡村振兴的“最强动力”。设施蔬菜病虫害绿色防控,就是以绿色生态为基础,以实现蔬菜的绿色安全生产为目标,改变以往单纯依赖化学防治的观念,大幅度减少化学农药的使用量,从源头上减少污染和农药残留,提高蔬菜质量水平;降低病虫害的抗性,保护和利用病虫害天敌,实现病虫害的可持续治理^[15]。

总之,无论是从出口、国内消费需求来看,还是从现代农业发展趋势和我国经济社会发展来看,设施蔬菜病虫害绿色防控技术符合当今时代人们生活的需要,是持续控制蔬菜病虫害、保障蔬菜生产安全的重要手段,是促进蔬菜标准化生产、提升蔬菜质量安全水平的必然要求,是降低农药使用风险、保护生态环境的有效途径。因此,江苏省有必要在设施蔬菜病虫害绿色防控技术集成创新与产业化推广、政策支持、监

管体系等方面,为设施蔬菜病虫害绿色防控技术健康发展创造良好的社会环境。

参考文献:

- [1] 豆亚红. 设施蔬菜病虫害发生特点及应对措施[J]. 西北园艺(蔬菜), 2013(6): 40-41.
- [2] 樊平声, 陈 罡, 冯伟民, 等. 江苏省设施蔬菜病虫害综合防治技术[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(10): 189-191.
- [3] 夏敬源. 大力推进农作物病虫害绿色防控技术集成创新与产业化推广[J]. 中国植保导刊, 2010, 30(10): 5-9.
- [4] 张心宁. 设施蔬菜病虫害绿色防控技术[J]. 上海蔬菜, 2014(6): 70-71.
- [5] 张 丹. 设施蔬菜病虫害发生特点及绿色防控技术[J]. 中国瓜菜, 2017, 30(4): 55-57.
- [6] 冯伟民, 沙国栋, 何循宏, 等. 江苏省蔬菜防虫网覆盖栽培的生产现状及技术途径[J]. 江苏农业科学, 2009(6): 218-220.
- [7] 王晓青, 郑建秋, 周春江, 等. 北京市蔬菜病虫害全程绿色防控技术体系及应用[J]. 中国蔬菜, 2013(21): 25-29.
- [8] 濮小勇. 江苏省南京市江宁区蔬菜病虫害绿色防控技术探索[J]. 农业灾害研究, 2016, 6(6): 57-59, 61.
- [9] 尹 涵, 郭 霜, 杨 龙, 等. 长江流域设施蔬菜生产中适用的高温闷棚技术[J]. 长江蔬菜, 2018(14): 25-28.
- [10] 陈学新. 21世纪我国害虫生物防治研究的进展、问题与展望[J]. 昆虫知识, 2010, 47(4): 615-625.
- [11] 王安佳, 张开心, 梅向东, 等. 昆虫性信息素及其类似物干扰昆虫行为的机理和应用研究进展[J]. 农药学报, 2018, 20(4): 425-438.
- [12] 田子华, 吴佳文, 朱先敏. 江苏省推进绿色防控与统防统治融合的做法与发展思路[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(1): 76-78.
- [13] 王道洋, 洪文英, 吴燕君. 农作物病虫害绿色防控技术应用现状与对策[J]. 杭州农业与科技, 2014(5): 13-15.
- [14] 王进明, 李振谋. 靖远县设施蔬菜病虫害绿色防控技术应用现状与对策[J]. 农业科技与信息, 2015(16): 57-58, 60.
- [15] 曾衍德. 抓住机遇 顺势而上 努力开创全国农作物病虫害绿色防控工作新局面[J]. 中国农技推广, 2018, 34(4): 3-6.
- [16] 秦玉金, 刘学儒, 杨 进. 扬州市蔬菜病虫害绿色防控制约因素分析及对策[J]. 上海农业科技, 2011(5): 125-126.
- [17] Maarit R, Heiskanen I, Wallenius, et al. Extraction and purification of DNA in rhizosphere soil samples for PCR-DGGE analysis of bacteria consortia [J]. Journal of Microbiological Methods, 2001, 45(3): 155-165.
- [18] 徐瑞富, 陆宁海, 杨 蕊, 等. 土壤类型及生育时期对小麦根际土壤微生物数量的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(12): 75-78.
- [19] 陆宁海, 徐瑞富, 吴利民, 等. 不同培养基对小麦纹枯病菌生长繁殖及致病力的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(2): 262-263, 283.
- [20] 向万胜, 吴金水, 肖和艾, 等. 土壤微生物的分离、提取与纯化研究进展[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 453-456.
- [21] 张 鹏, 霍 燕, 周森平, 等. 小麦禾谷镰孢菌茎基腐病抗源的筛选与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 431-435.
- [22] 孙海燕, 李 琦, 杜文珍, 等. 不同杀菌剂拌种防治小麦全蚀病研究[J]. 植物保护, 2012, 38(3): 155-158, 175.

(上接第116页)

- [9] Klein T A, Burgess L W, ellison F W. The incidence and spatial patterns of wheat plants infected by *Fusarium graminearum* group1 and the effect of crown rot on yield[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1991, 42(3): 399-407.
- [10] Paulitz T C, Smiley R W, Cook R J. Insights into the prevalence and management of soilborne cereal pathogens under direct seeding in the Pacific Northwest, U. S. A. [J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 2002, 24(4): 416-428.
- [11] Verrell A, Moore K J, Backhouse D, et al. Water and Nitrogen affect the incidence and severity of crown rot in wheat[M]. Tamworth: Nsw Agriculture Press, 2003: 63-64.
- [12] Sparrow D H, Graham R D. Susceptibility of zinc-deficient wheat plants to colonization by *Fusarium graminearum* Schw. group1 [J]. Plant and Soil, 1988, 112(2): 261-266.