

玉米木霉穗腐病接种方法及玉米新品种的抗性分析

那明慧¹, 赵睿杰¹, 陈晓旭¹, 王作英¹, 高增贵²

(1. 丹东农业科学院, 辽宁 凤城 118100; 2. 沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110161)

摘要: 穗腐病是玉米的重要病害之一。近年来,由木霉 *Trichoderma* spp. 引起的穗腐病逐年加重。抗病玉米品种的选育和利用是控制穗腐病的经济、安全和有效措施。连续3年(2020–2022年)比较分析花丝喷雾法、花丝通道注射法、子粒注射法、牙签法等接种方法对玉米木霉穗腐病抗性鉴定效果。结果表明,花丝通道注射法发病强度适中,能使不同品种在人工接种后表现出不同水平的抗性反应,较适用于玉米抗木霉穗腐病鉴定接种,是一种比较理想、容易操作的接种方法。2021–2022年鉴定的玉米新品种中,对木霉穗腐病表现高抗、抗性、中抗、感病和高感的品种分别占2.6%、13.6%、26.0%、44.4%和13.4%。

关键词: 玉米;木霉穗腐病;接种;抗性鉴定

中图分类号: S435.131

文献标识码: A

Analysis of the Inoculation Method of *Trichoderma* Ear Rot and the Resistance of New Maize Varieties

NA Ming-hui¹, ZHAO Rui-jie¹, CHEN Xiao-xu¹, WANG Zuo-ying¹, GAO Zeng-gui²

(1. Dandong Academy of Agricultural Sciences, Fengcheng 118100;

2. Plant Protection College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: Ear rot is a serious disease of maize. The ear rot caused by *Trichoderma* spp. is increasing year by year in China. The development and utilization of resistant cultivars is the most economical, safe, and effective method for controlling ear rot. Over the past three years(2020–2022), four methods of resistance identification have been compared, including silk spraying, silk channel injection, kernel injection, and the two toothpicks method. The results showed that the silk channel injection method had moderate disease intensity, which could make different varieties show different levels of resistance responses after artificial inoculation. Silk channel injection was a desired and easy-to-operate inoculation method, which was conducive to the natural expansion and infection of pathogens. During 2021–2022, 2.6%, 13.6%, 26.0%, 44.4%, and 13.4% of new maize varieties were highly resistant, resistant, moderately resistant, susceptible and highly susceptible to *Trichoderma* ear rot, respectively.

Key words: Maize; *Trichoderma* ear rot; Inoculation; Resistance screening

玉米穗腐病是玉米生产中普遍发生且危害严重的一种真菌病害,田间发病造成的产量损失一般为5.0%~10.0%,一些感病品种高达50.0%以上。因玉米穗腐病致病菌类型复杂、侵染途径多变且发生于

玉米生长中后期,导致病害防治困难,化学药剂和生物制剂均难以达到理想的防控效果。鉴于穗腐病发生和危害的严重性,我国抗玉米穗腐病品种的选育越来越受到重视。国家进行新品种审定时,对不同生态区高感某种特定病害的品种有清晰的审定限制条件。《主要农作物品种审定标准》中明确规定,国家新审定的玉米品种在东北中晚熟春玉米区等生态区对高感穗腐病的品种实行一票否决制,即田间自然发病及人工接种均未达到高感可进行审定,以避免因品种严重发病而造成重大的生产损失。玉米品种对穗腐病抗性鉴定以拟轮枝镰孢穗腐病和禾谷镰

录用日期: 2023-03-03

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0300307, 2017YFD0300704, 2016YFD0300704)

作者简介: 那明慧(1985-),主要从事玉米抗病鉴定以及生物防治研究。E-mail: 174942296@qq.com

王作英为本文通信作者。

E-mail: wangzuoying_1965@163.com

孢穗腐病为主,玉米穗腐病由多种病原菌引起^[1-4],易受环境影响,鉴定品种对其他穗腐病抗性如何则未知。

近年来,由木霉菌 *Trichoderma* spp. 引起的玉米木霉穗腐病逐年加重,一旦发病就能引起整个果穗子粒霉变、腐烂、变质、发芽,影响玉米产量和品质,危害人畜健康,成为玉米全程机械化收获的重要障碍。木霉菌通过多种途径传播,包括气流、土壤、病残体、昆虫及种子带菌等,田间防治的操作难度较大。木霉菌具有繁殖速度较快的特性,木霉穗腐病一旦发生即可能引起整穗发病。木霉穗腐病田间防治困难,目前,无针对性的有效防控手段。选育和推广抗穗腐病玉米品种,是控制玉米穗腐病的最经济有效措施,科学的接种方法和鉴定评价体系是筛选抗穗腐病品种的重要途径。田间病害调查和新品种抗病鉴定表明,不同品种间存在明显的抗性差异,抗病品种具有显著降低病害发生率、减轻产量损失的作用^[5]。

目前,我国未见木霉穗腐病的抗性鉴定研究报道。穗腐病发病程度受环境因素影响大,本文通过在不同环境条件,采用不同接种方法鉴定玉米对木霉穗腐病的抗性表现,筛选出效果稳定、发病充分的接种方法,为大规模开展玉米品种抗木霉穗腐病鉴定提供科学方法,为开展玉米木霉穗腐病抗性遗传、抗性基因挖掘和抗病育种及优良品种的抗性改良提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

绿色木霉 *Trichoderma viride* Pers. ex Fries Tv7、哈茨木霉 *Trichoderma harzianum* Rifai Th35,由沈阳农业大学植物保护学院提供。2020-2022年,选用100份杂交组合(由丹东农业科学院玉米所提供),每年每份材料种植4行,行长5.0 m,行距60 cm,每行21株,每行采用1种接种方法,每株仅接种第一个雌穗,选用抗、感病对照分别是X178、B73,每种接种方法的对照品种设2次重复。

1.2 接种方法

接种时期为玉米吐丝后4~7 d,全天均可接种。接种鉴定田同常规化管理。将Tv7、Th35接入经高压灭菌的马铃薯葡萄糖培养液(PD)中,在25℃、自然光条件下120 r/min振荡培养5 d。双层纱布过滤培养物获得分生孢子悬浮液,用无菌水将孢子浓度调至 2×10^6 个/mL后,将两种病原菌按照1:1比例混合后即可用于接种。

花丝喷雾法:将配制好的病菌分生孢子悬浮液用高压喷雾器均匀喷在玉米花丝上,直至孢子悬浮液滴落,使花丝均匀沾上病菌悬浮液。

花丝通道注射法:选用可进行连续定量注射的注射器,将注射器吸液管置于病菌分生孢子悬浮液中,金属注射针管从雌穗顶端上方的花丝通道部位侧边插入到花丝通道中间,以不破坏穗轴及花丝为准,定量注入2 mL接种液。

子粒注射法:选用尖锐金属器具在雌穗中部偏下位置钻孔,后将2 mL孢子悬浮液注入伤口中。

牙签法:将灭菌牙签均匀铺在马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA)平板上,在平板上接种木霉菌,5 d后,病菌布满牙签,先在雌穗中部偏下位置钻孔,伤口内放入两根带有木霉的牙签^[6-14]。

1.4 玉米穗腐病病情分级

按照《玉米抗病虫性鉴定技术规范 NY/T 1248.8-2016》9级分级标准,1级:发病面积占雌穗总面积0~1%;3级:发病面积占雌穗总面积2%~10%;5级:发病面积占雌穗总面积11%~25%;7级:发病面积占雌穗总面积26%~50%;9级:发病面积占雌穗总面积51%~100%。

待玉米成熟后进行病情调查,并记录调查数据。计算每份鉴定材料雌穗的平均病级,并依据平均级别确定该鉴定材料对穗腐病的抗性,抗性划分标准:平均病级 ≤ 1.5 时,为高抗(HR);平均病级达1.6~3.5时,为抗病(R);平均病级达3.6~5.5时,为中抗(MR);平均病级达5.6~7.5时,为感病(S);平均病级达7.6~9.0时,为高感(HS)。

1.5 玉米新品种对木霉穗腐病抗性鉴定

2021、2022年对东华北中晚熟区、辽宁省地区玉米新品种(2021年760份,2022年811份)进行抗木霉穗腐病鉴定。接种时期为玉米吐丝后4~7 d,每份材料接种10株,采用花丝通道注射法接种,每株仅接种第一个雌穗,待玉米成熟后进行病情调查,并记录调查数据。

1.6 数据处理与分析

采用Microsoft Excel 2010对抗性鉴定的表型数据进行分析与处理,采用spss对100份组合使用不同方法的抗穗腐病鉴定结果进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同方法接种木霉鉴定结果

同一品种的4种不同接种方法之间发病程度差异较大。花丝喷雾法发病较轻,子粒注射法、牙签法发病过重。花丝通道注射法发病比较充分,接种后

表现出不同水平的抗性反应,且方法简单易掌握,适合接种玉米木霉穗腐病。

采用花丝喷雾法接种玉米木霉穗腐病,2020年表现高抗、抗、中抗、感、高感的组合占比分别为71%、14%、6%、6%、3%,X178表现为高抗(病级1.2、1.0),B73表现为抗病(病级2.4、3.5);2021年表现高抗、抗、中抗、感、高感的组合占比分别为52%、23%、15%、9%、1%,X178表现为高抗(病级1.4、1.2),B73表现为中抗、感病(病级3.6、5.8);2022年表现高抗、

抗、中抗、感的组合占比分别为82%、7%、9%、2%,X178表现为高抗(病级1.0、1.4),B73表现为中抗、抗病(病级4.6、3.2)。采用花丝喷雾法大部分组合表现为高抗及抗病水平,极少数组合达到高感水平。对3年鉴定结果进行差异显著性分析,2020、2021年间鉴定结果无差异,2022年与2020、2021年鉴定结果差异显著,不同年份间玉米对木霉穗腐病的抗性表现存在一定差异,说明使用花丝喷雾法受环境影响较大,接种木霉穗腐病后发病不充分且不稳定。

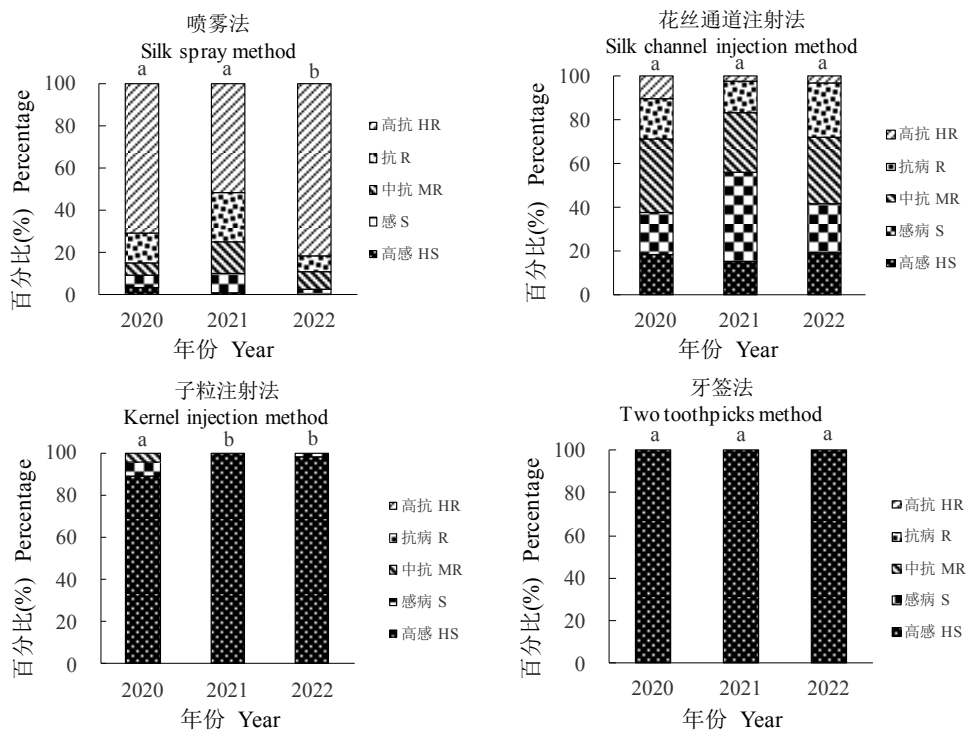


图1 不同方法接种玉米木霉穗腐病调查

Fig.1 Results of Trichoderma ear rot in maize inoculated by different methods

花丝通道注射法接种玉米木霉穗腐病,2020年表现高抗、抗、中抗、感、高感的组合占比分别为10%、19%、33%、20%、18%,X178表现为抗病(病级1.6、1.9),B73表现为高感(病级8.1、8.4);2021年表现高抗、抗、中抗、感、高感的组合占比分别为2%、15%、27%、41%、15%,X178表现为抗病(病级2.2、2.6),B73表现为高感(病级8.5、8.8);2022年表现高抗、抗、中抗、感和高感的组合占比分别为3%、25%、30%、23%、19%,X178表现为抗病(病级1.9、2.4),B73表现为高感(病级8.8、8.2)。对玉米抗木霉穗腐病的鉴定结果进行差异显著性分析,3年间的鉴定结果差异不显著,表明采用花丝通道注射法在不同年份间玉米对木霉穗腐病的抗感差异表现明显的抗性评价结果差异较小。同一品种在不同环境下使用花丝通道注射法接种后,抗性表现差异不大,说明此

方法接种效果稳定,该方法适用于玉米抗木霉穗腐病接种鉴定。

子粒注射法接种玉米木霉穗腐病,2020年表现中抗、感、高感组合占比分别为4%、7%、89%,X178表现为高感(病级8.2、9.0),B73表现为高感(病级9.0);2021年所有组合的抗性表现均达到高感级别,X178表现为高感(病级8.4、7.8),B73表现为高感(病级9.0、8.8);2022年表现感、高感组合占比分别为2%、98%,X178表现为高感(病级7.9、8.6),B73表现为高感(病级8.8、9.0)。对3年玉米抗木霉穗腐病的鉴定结果进行差异显著性分析,2021、2022年鉴定结果差异不显著,2020年与2021、2022年差异显著。使用子粒注射法接种木霉穗腐病后,大部分玉米组合对木霉的抗性集中在高感级别,表明采用子粒注射法导致发病过重。因此,该方法不适宜玉米

抗木霉穗腐病鉴定。

牙签法接种玉米木霉穗腐病,2020–2022年所有组合均表现为高感,2020年X178表现为高感(病级8.2、9.0);2021年X178表现为高感(病级8.5、7.8);2022年X178表现为感病及高感(病级7.5、8.0),B73所有抗性表现均为高感(病级9.0)。对3年玉米抗木霉穗腐病的鉴定结果进行差异显著性分析,3年间的鉴定结果差异不显著。采用牙签法接种后发病过重的原因在于接种时形成的创伤组织较大,同时牙签携带的孢子及菌丝数量较大,创伤组织为木霉的繁殖扩散提供足够营养,牙签法接种后发病过于严重,发病过重无法鉴定玉米组合是否具有抗病性。因此,该方法不适宜玉米抗木霉穗腐病鉴定。

2.2 新育成品种对木霉穗腐病的抗性状况

2021、2022年,采用花丝通道注射法分别对760、811份玉米新品种进行抗木霉穗腐病鉴定。结果表明,没有对木霉穗腐病表现免疫的玉米品种,不同品种间抗性差异明显,2021年760份玉米新品种表现高抗、抗、中抗、感病和高感的有26、124、211、321和78份,分别占总数量的3.4%、16.3%、27.8%、42.2%和10.3%;2022年811份玉米新品种表现高抗、抗、中抗、感病和高感的有14、89、196、378和134份,占总数量的1.7%、11.0%、24.2%、46.6%和16.5%。两年间感病、高感数量超过总数的一半,2022年高抗、抗病、中抗品种较2021年所占比例均有所下降,感病及高感比例有所上升。

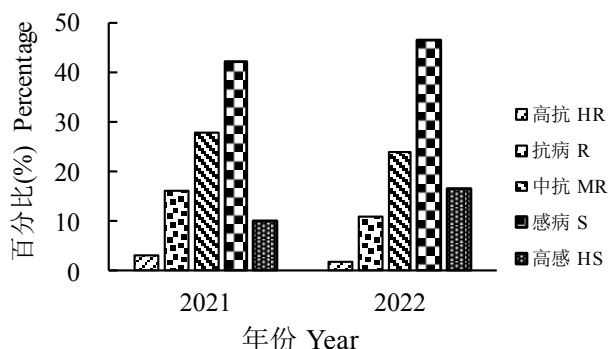


图2 2021–2022年具有不同抗性的育成品种所占比例

Fig.2 The ratio of maize hybrids with different resistance levels during 2021–2022

3 结论与讨论

穗腐病是玉米生长中后期的重要病害,影响玉米的产量和品质,是制约我国玉米安全生产的重要因素。国内外大量生产实践表明,利用抗性品种是防治玉米病害最经济有效的措施。玉米穗腐病病原种类组成复杂,其优势致病茵因不同年份、不同地区的种植条件、气候条件和种植品种的选择有所差异。我国玉米穗腐病的致病茵主要包括禾谷镰孢 *Fusarium graminearum*、拟轮枝镰孢 *F. verticillioides*、青霉 *Penicillium* spp.、曲霉 *Aspergillus* spp. 和木霉 *Trichoderma* spp. 等^[16–21]。国内穗腐病抗性鉴定以禾谷镰孢复合种与拟轮枝镰孢为主,木霉和其他病原茵引起的穗腐病未引起重视。

玉米穗腐病是一种复杂病害,可通过气传、种传、土传进行传播,病原茵侵染玉米穗部的途径主要有3种方式,一是病原茵通过植株的输导组织由根部或者茎部传到穗部,这种侵染方式穗底部先发病,进而向顶端发展;二是通过玉米子粒的伤口侵入,一般情况下是由鸟类、虫类的吸食或者受到机械损伤

造形成伤口,病原茵由创伤伤口进入穗部进行侵染扩散;三是病原茵由花丝通道,进入玉米穗部侵染花丝及子粒,进一步侵染穗轴。花丝喷雾法、花丝通道注射法模拟病原茵通过花丝侵染玉米果穗。在本试验中,采用花丝喷雾法时每株玉米接种量不便于控制,不利于病菌侵入与扩展,发病不稳定不充分,容易对抗性评价结果造成一定误差;牙签法、子粒注射法模拟农事操作引起的破损,自然条件下害虫或鸟等对果穗造成损伤后,病原茵通过伤口侵染扩散,子粒注射法、牙签法对穗部内外组织损伤较大,穿刺直至穗轴形成的创伤组织利于病原茵的侵染扩散生长,接种木霉茵后玉米组合的抗性表现为感病及高感,牙签法接种玉米木霉穗腐病全部达到高感,同时抗病对照X178达到感病或高感,发病过重不利于区分抗感品种间的差异。玉米吐丝后4~7d,使用花丝通道法接种玉米木霉穗腐病发病充分且稳定,适宜接种木霉穗腐病。花丝通道注射法接种时不破坏玉米花丝、穗轴,同时此法便于定量控制接种量,操作方法简单、稳定、快捷,可为生产中接种玉米木霉穗腐病及品种抗性鉴定提供支持。2021–2022年,

参加抗性鉴定的玉米新品种中,不同品种对木霉穗腐病抗性差异较大,没有对木霉穗腐病完全免疫的品种,表现高抗及抗病的数量较少,中抗以上的品种所占比例呈下降趋势,感病和高感品种占比较高。

玉米穗腐病接种鉴定的各个步骤直接影响植株的抗性表达程度和表达真实性,接种时期和接种部位的选择会直接影响玉米品种的抗性鉴定结果。马秉元等发现,在玉米乳熟期通过子粒注射法进行玉米穗腐病抗性鉴定使品种间抗性差异较明显。王丽娟等在玉米吐丝2~3周后采用双牙签法接种穗腐病,发病程度重于花丝通道法。段灿星等连续3年通过花丝通道法及果穗注射(创伤)法对690份(丰富遗传背景的代表性玉米种质)进行(拟轮枝镰孢与禾谷镰孢穗腐病精准)抗性评价,并对玉米抗病虫性鉴定技术规范第8部分-镰孢穗腐病(NYT 1248.8-2016)进行细化和完善,花丝通道注射法在吐丝3~5 d或花丝长度达5~10 cm时进行接种,与子粒注射法在玉米吐丝10 d后接种,两种方法鉴定结果一致性高。贾娇等发现,使用子粒注射法在玉米吐丝10~15 d时,接种禾谷镰孢穗腐病发病稳定,抗感差异明显,鉴定结果准确^[21]。上述研究表明,不同种植地区及不同育种应选择合适方法及适宜时期进行接种鉴定。

近几年,穗腐病已成为玉米生产上的突出问题,本研究仅选用玉米木霉穗腐病病原菌进行玉米品种抗病性评价,对玉米穗腐病其他病原菌的抗性有待于进一步研究。本文仅在吐丝期进行玉米木霉穗腐病接种方法的筛选,在其他生长阶段采用何种方法接种鉴定仍需进一步完善,以便能更加真实反应出品种的抗性水平。

参考文献:

- 胡颖雄,刘玉博,王慧,等.玉米穗腐病抗性遗传与育种研究进展[J].玉米科学,2021,29(2):171-178.
HU Y X, LIU Y B, WANG H, et al. Research progress on ear rot resistant genetics and breeding in maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2021, 29(2): 171-178. (in Chinese)
- 段灿星,王晓鸣,宋凤景,等.玉米抗穗腐病研究进展[J].中国农业科学,2015,48(11):2152-2164.
DUAN C X, WANG X M, SONG F J, et al. Advances in research on maize resistance to ear rot[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(11): 2152-2164. (in Chinese)
- DUAN C X, QIN Z H, YANG Z H, et al. Identification of pathogenic *Fusarium* spp. causing maize ear rot and potential mycotoxin production in China[J]. Toxins, 2016, 8: 186. DOI: 10.3390/toxins8060186.
- 段灿星,崔丽娜,夏玉生,等.玉米种质资源对拟轮枝镰孢与禾谷镰孢穗腐病的抗性精准鉴定与分析[J].作物学报,2022,48(9): 2155-2167.
DUAN C X, CUI L N, XIA Y S, et al. Precise characterization and analysis of maize germplasm resources for resistance to *Fusarium* ear rot and *Gibberella* ear rot[J]. Acta Agronomica Sinica, 2022, 48(9): 2155-2167. (in Chinese)
- 马秉元,李亚玲,龙书生,等.玉米穗腐病接种技术及品种抗病性鉴定研究[J].植物保护学报,1999,26(2):121-124.
MA B Y, LI Y L, LONG S S, et al. Inoculation technique of corn kernel or ear rot and identification of variety resistance[J]. Acta Phytophylacica Sinica, 1999, 26(2): 121-124. (in Chinese)
- NY/T 1248.8-2016.玉米抗病虫性鉴定技术规范第8部分:镰孢穗腐病[S].北京:中国农业出版社,2017.
- 张小飞,邹成佳,崔丽娜,等.西南地区玉米穗腐病病原分离鉴定及接种方法研究[J].西南农业学报,2012,25(6):2078-2082.
ZHANG X F, ZOU C J, CUI L N, et al. Identification of pathogen causing maize ear rot and inoculation technique in Southwest China [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2012, 25(6): 2078-2082. (in Chinese)
- 王丽娟,徐秀德,刘志恒,等.玉米抗镰刀菌穗腐病接种方法及抗病资源筛选研究[J].植物遗传资源学报,2007,8(2):145-148.
WANG L J, XU X D, LIU Z H, et al. Inoculation technique and screening maize germplasm resistance to *Fusarium* ear rot[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2007, 8(2): 145-148. (in Chinese)
- 段灿星,王晓鸣,武小菲,等.玉米种质和新品种对腐霉茎腐病和镰孢穗腐病的抗性分析[J].植物遗传资源学报,2015,16(5): 947-954.
DUAN C X, WANG X M, WU X F, et al. Analysis of maize accessions resistance to *Pythium* stalk rot and *Fusarium* ear rot[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16(5): 947-954. (in Chinese)
- 段灿星,朱振东,武小菲,等.玉米种质资源对六种重要病虫害的抗性鉴定与评价[J].植物遗传资源学报,2012,13(2): 169-174.
DUAN C X, ZHU Z D, WU X F, et al. Screening and evaluation of maize germplasm for resistance to five diseases and Asian corn borer[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(2): 169-174. (in Chinese)
- 段灿星,曹言勇,董怀玉,等.玉米种质资源抗腐霉茎腐病和镰孢茎腐病精准鉴定[J].中国农业科学,2022,55(2):265-279.
DUAN C X, CAO Y Y, DONG H Y, et al. Precise characterization of maize germplasm for resistance to *Pythium* stalk rot and *Gibberella* stalk rot[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2022, 55(2): 265-279. (in Chinese)
- 段灿星,董怀玉,李 晓,等.玉米种质资源大规模多年多点多病害的自然发病抗性鉴定[J].作物学报,2020,46(8): 1135-1145.
DUAN C X, DONG H Y, LI X, et al. A large-scale screening of maize germplasm for resistance to multiple diseases in multi-plot demonstration for several years under natural condition[J]. Acta Agronomica Sinica, 2020, 46(8): 1135-1145. (in Chinese)
- STĘPIEŃ Ł, GROMADZKA K, CHEŁKOWSKI J, et al. Diversity and mycotoxin production by *Fusarium temperatum* and *Fusarium subglutinans* as causal agents of pre-harvest *Fusarium* maize ear rot in Poland[J]. Journal of Applied Genetics, 2019, 60(1): 113-121.
- 渠清,李丽娜,刘俊,等.我国部分常用玉米种质资源对镰

- 孢菌病害的抗性评价[J]. 中国农业科学, 2019, 52(17): 2962 - 2971 .
- QU Q, LI L N, LIU J, et al. Resistance evaluation of some commonly used maize germplasm resources to *Fusarium* diseases in China [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2019, 52(17): 2962-2971. (in Chinese)
- [15] 王晓鸣, 王振营. 中国玉米病虫害图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018 .
- [16] BALCONI C, BERARDO N, ELLI S L, et al. Evaluation of ear rot (*Fusarium verticillioides*) resistance and fumonisin accumulation in Italian maize inbred lines[J]. Phytopathol Mediterr, 2014, 53(1): 14-26.
- [17] JIANG B W, WANG D Y, HANG J R, et al. First report of corn ear rot caused by *Fusarium asiaticum* in China[J/OL]. Plant Disease, 2022. DOI: 10.1094/PDIS-08-22-1934-PDN.
- [18] SHANG G F, YU H, YANG J, et al. First report of *Fusarium miscanthi* causing ear rot on maize in China[J/OL]. Plant Disease, 2021. 105(5): 1565. DOI: 10.1094/PDIS-10-20-2182-PDN
- [19] MARTINA S, MASSIMO P, MARIA L G, et al. First report of *Trichoderma afroharzianum* causing seed rot on maize in Italy[J/OL]. Plant Disease, 2022. DOI: 10.1094/PDIS-12-21-2697-PDN.
- [20] CHAVÉZ-DÍAZ I F, CRUZ-CÁRDENAS C I, SANDOVAL-CANCIÑO G, et al. Seedling growth promotion and potential biocontrol against phytopathogenic *Fusarium* by native rhizospheric *Pseudomonas* spp. strains from Amarillo Zamorano maize landrace[J/OL]. Rhizosphere, 2022, 24: 100601. DOI:10.1016/j.rhizosph. 2022.100601.
- [21] 贾 娇, 张 伟, 孟玲敏, 等. 玉米禾谷镰孢穗腐病抗性鉴定接种方法比较[J]. 玉米科学, 2022, 30(5): 149-155 .
- JIA J, ZHANG W, MENG L M, et al. Comparison of two inoculation methods for resistance of *Fusarium graminearum* ear rot[J]. Journal of Maize Sciences, 2022, 30(5):149-155. (in Chinese)

(责任编辑:姜媛媛)