

亚洲玉米螟与串珠镰孢菌复合侵染 对玉米产量损失的影响

宋立秋^{1,2} 魏利民³ 王振营^{1*} 何康来¹ 丛斌²

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; 2. 沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110161; 3. 河北保定职业技术学院, 保定 071051)

摘要: 在玉米吐丝、灌浆和乳熟期, 以亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) 为试虫, 以串珠镰孢菌 *Fusarium verticillioides* 为供试菌种, 研究玉米雌穗不同发育期亚洲玉米螟与串珠镰孢菌复合侵染对玉米产量的影响。结果表明: 串珠镰孢菌与玉米螟复合侵染危害后玉米雌穗穗长缩短、籽粒数减少、穗粒腐病加重, 使得玉米的产量性状发生改变, 导致玉米产量和品质下降; 接虫处理和复合处理均以玉米吐丝期对玉米产量构成因素影响最大, 吐丝期复合处理单穗损失率为 40.84%, 在灌浆和乳熟期分别为 27.92% 和 11.10%; 在单独接菌条件下以灌浆期危害最重, 单穗损失率为 6.62%, 而在吐丝和乳熟期分别为 4.13% 和 0.65%。

关键词: 玉米; 亚洲玉米螟; 串珠镰孢菌; 复合侵染; 产量损失

Effect of infestation by the Asian corn borer together with *Fusarium verticillioides* on corn yield loss

Song Liqiu^{1,2} Wei Limin³ Wang Zhenying^{1*} He Kanglai¹ Cong Bin²

(1. State Key Lab for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, Liaoning Province, China; 3. Baoding Vocational and Technical College, Baoding 071051, Hebei Province, China)

Abstract: Effect of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée), and *Fusarium verticillioides* infestation on the corn yield was investigated. The corn ears were inoculated with neonate larvae of Asian corn borer, *F. verticillioides*, respectively, or Asian corn borer larvae and *F. verticillioides* together at silking, blister and milk stage of corn ear development. Results showed that it resulted in the corn ear length shortened, the number of the corn seed decreased and the ear rot became more serious, and also other corn yield components were affected, such as the number per row, 100-seed weight yield of single ear, when inoculated with Asian corn borer neonate larvae and *F. verticillioides*, separately or together. The yield of single ear significantly decreased at silking stage, with 40.84%, 27.92% and 11.10% at blister and milk stage, respectively, when inoculated with the *O. furnacalis* neonate larvae and the *F. verticillioides* together. However, the yield of single ear significantly decreased at blister stage, with 6.62%, 4.13% and 0.65% at silking, milk stages, respectively, when inoculated with the *F. verticillioides* only.

Key words: corn; *Ostrinia furnacalis*; *Fusarium verticillioides*; infestation together; yield loss

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD08A06), 现代农业产业技术体系建设专项资金资助

作者简介: 宋立秋, 女, 1983年生, 硕士研究生, 研究方向为玉米害虫综合治理, email: silverbell@126.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: wangzy61@yahoo.com.cn, Tel: 010-62815945

收稿日期: 2009-04-16

玉米穗腐病(maize ear rot),又称玉米穗粒腐病(maize ear and kernel rot),是一种世界性玉米病害。从玉米吐丝期到收获期均可发病,造成严重的产量损失^[1]。引起玉米穗腐病的病原菌有20余种,主要有串珠镰孢菌 *Fusarium verticillioides*、禾谷镰孢菌 *F. graminearum*、青霉菌 *Penicillium* sp. 和曲霉菌 *Aspergillus* sp. 等。国内对主要致病菌研究的结果基本一致,认为串珠镰孢菌是其主要病原菌。吉林省穗腐病发病率达13.79%、串珠镰孢菌分离频率为53.35%^[2];河北省穗腐病发病率5%~30%、串珠镰孢菌的病情指数为26.8^[3];陕西省串珠镰孢菌的病情指数为22.9~48.4、分离频率为42.58%^[4];1998—1999年四川省穗腐病发病率为10%~40%,串珠镰孢菌的分离频率为39.1%^[5]。与国外关于穗腐病病原菌的研究结果类似^[6]。

镰孢菌可以通过花丝通道或者由虫害引起的伤口侵染玉米果穗,国外研究发现有多种昆虫可以作为串珠镰孢菌的传播介体,如欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis* (Hbn.)^[7]、西南玉米螟 *Diatraea grandiosella* (Dyar)^[8]、美洲棉铃虫 *Helicoverpa zea* (Boddie)^[9] 和西花蓟马 *Frankliniella occidentalis*^[10] 等。国内报道能够引起玉米穗腐病的害虫主要是亚洲玉米螟 *O. furnacalis* (Guenée) (ACB)。夏志红等^[11] 通过两年的研究发现:玉米螟对穗部的危害是造成玉米穗腐病发生的最主要途径,占侵入的80%以上;石洁等^[12] 报道黄淮海夏玉米穗期螟害严重,除直接造成产量损失外,还加重了玉米穗腐病的发生。目前我国有关玉米穗腐病的发生与害虫危害关系的研究较少,且仅限于田间调查和对接种后螟害与穗腐病发病率的调查,而关于亚洲玉米螟与串珠镰孢菌复合侵染对玉米产量损失的影响尚未见报道,作者在前人研究基础上对亚洲玉米螟与串珠镰孢菌复合侵染引起的玉米产量损失进行测定。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:用无琼脂半人工饲料饲养的孵化后不超过12h的亚洲玉米螟初孵幼虫^[13]。所有虫源均来自同一品系的亚洲玉米螟。

供试玉米:郑单958,种植于中国农业科学院植物保护研究所廊坊中试基地。于2008年4月29日播种(春播),每小区54m²(6m×9m),行距60cm,株距25cm,每区15行,每行15~18株。生长期不

施用任何农药,其它管理同大田。

供试菌种:串珠镰孢菌,由河北省农林科学院植物保护研究所玉米综防课题组提供,分离自田间典型穗腐病果穗,并提纯鉴定。菌种采用镰孢菌产孢培养基培养。

1.2 方法

1.2.1 田间接种:分别在玉米雌穗生长的吐丝、灌浆、乳熟3个不同时期接种,接种时选取生长发育一致的植株。试验设接亚洲玉米螟初孵幼虫、串珠镰孢菌、串珠镰孢菌与玉米螟复合接种及空白对照,共4个处理,每处理4次重复,每重复25株。致病菌的接种采用花丝喷雾法。初孵幼虫分别接于果穗顶端花丝上和果穗着生节叶腋处,每株玉米接30~50头亚洲玉米螟初孵幼虫。

1.2.2 产量损失的测定:玉米完熟后按照小区收获装袋,自然风干后测量不同小区(处理及对照)玉米的穗长、行粒数、百粒重,并测定单穗重。为保证面积以及测产株数的一致性,处理与对照均选用20株测产^[14-16]。

1.2.3 数据分析:试验数据采用统计软件SAS进行ANOVA单因素方差分析,处理间差异显著性以最小差数法(LSD)检验。

2 结果与分析

2.1 玉米雌穗不同发育期不同接种处理对玉米穗腐病发病程度的影响

玉米雌穗不同发育期,均以复合侵染对玉米穗腐病发生程度影响最大。吐丝期和灌浆期,各处理间发病率和病情指数与对照差异显著,以吐丝期复合侵染发病率最高,可达98%。灌浆期复合侵染病情指数最大,为51.28。乳熟期不同处理间发病率显著高于对照,单独接虫和接菌处理与对照间的病情指数差异不显著,与复合侵染差异显著。相同处理条件下,吐丝、灌浆期发病程度重于乳熟期(表1)。

2.2 玉米雌穗不同发育期不同接种处理对玉米产量构成因素的影响

在玉米吐丝、灌浆和乳熟期接种,各处理单穗损失率与对照比差异均达显著水平。其中吐丝期复合接种和接虫处理对产量影响最大,分别为40.84%和31.22%;灌浆期复合接种和接虫处理次之,分别为27.92%和26.05%;乳熟期复合接种和接虫处理产量损失率最小,分别为11.10%和4.09%。复合处理对玉米产量构成因素影响最大,接虫处理次之,

表 1 玉米不同生育期接种处理与玉米穗腐病发生的关系

Table 1 Effects of different inoculations on occurrence of corn ear rot at silking, blister and milk stage of ear development

处理 Treatment	吐丝期 Silking stage		灌浆期 Blister stage		乳熟期 Milk stage	
	发病率(%)	病情指数	发病率(%)	病情指数	发病率(%)	病情指数
	Incidence	Index	Incidence	Index	Incidence	Index
复合侵染 ACB larvae together with <i>F. verticillioides</i>	98.00 ± 1.15a	47.92 ± 2.29a	92.00 ± 2.31a	51.28 ± 2.43a	92.00 ± 2.31a	31.57 ± 4.47a
接菌 <i>F. verticillioides</i> only	67.00 ± 1.00b	36.60 ± 1.36b	62.00 ± 7.02b	27.67 ± 4.08c	54.00 ± 2.83b	19.02 ± 0.54b
接虫 ACB larvae only	51.00 ± 1.91c	33.00 ± 0.38b	57.00 ± 2.30b	39.00 ± 0.82b	36.00 ± 2.31c	16.27 ± 1.28b
对照 CK	28.00 ± 5.89d	14.67 ± 1.96c	28.00 ± 5.89c	14.67 ± 1.96d	28.00 ± 5.89c	14.67 ± 1.96b

注:表中数据为平均值 ± SE,数据后不同字母表示在 5% 水平上差异显著。Note: Data in the table are mean ± SE, different letters differ significantly at $P < 0.05$ by ANOVA.

接菌处理影响最小。雌穗不同发育期接种对玉米产量构成因素的影响不同,吐丝和灌浆期接种危害重于乳熟期(表 2)。

吐丝期接菌处理与对照相比,平均单穗重差异不显著,在构成产量的几个因素中,仅穗长显著低于对照,是导致接菌处理单穗产量损失的主要原因。但接虫和复合侵染与对照和接菌处理在单穗重上差异显著,玉米穗长、行粒数、百粒重均显著低于其它两处理,尤其是复合侵染的平均穗长为 16.93 cm,比对照降低了 12.64%,并显著低于其它各处理。此外,复合侵染的单穗产量显著低于单独接虫处理,在构成产量的几个因素中,穗长降低是导致其差异

的主要原因。

灌浆期接菌处理和对照的单穗重差异显著,其中穗长显著低于对照。接虫和复合侵染与对照和接菌处理的单穗重差异显著,其穗长、百粒重均显著低于对照和接菌处理,接虫和复合侵染间的单穗损失率差异不显著,复合侵染的行粒数显著低于接虫处理,但并未导致单穗重出现显著差异。

在乳熟期各处理中,接虫和接菌处理的单穗损失率无显著差异,复合侵染与其它各处理间存在显著差异。构成产量的几个因素中,接菌、接虫和复合侵染的穗长、百粒重间无显著差异,表明在乳熟期行粒数降低是造成产量损失差异的关键因素。

表 2 玉米雌穗不同发育期不同处理对玉米产量构成因素的影响

Table 2 Effects of different inoculations on the corn yield component at silking, blister and milk stage of ear development

处理 Treatment	雌穗发育期 Different stages of ear development	穗长(cm) Ear length	行粒数(粒)	百粒重(g)	单穗重(g)	单穗损失率(%)
			No. kernels per row	Weight of 100-seed	Weight per ear	Yield loss per ear
接菌 <i>F. verticillioides</i> only	吐丝期 Silking stage	18.65 ± 0.10b	41.20 ± 0.56a	31.78 ± 1.65a	202.05 ± 7.92a	4.13 ± 1.64c
	灌浆期 Blister stage	18.55 ± 0.22b	40.45 ± 0.51ab	31.52 ± 1.46a	197.00 ± 4.56b	6.62 ± 0.28b
	乳熟期 Milk stage	18.58 ± 0.22b	41.90 ± 0.57a	32.19 ± 0.56ab	209.40 ± 4.92a	0.65 ± 0.17b
接虫 ACB larvae only	吐丝期 Silking stage	17.65 ± 0.19c	37.85 ± 0.24b	25.47 ± 1.11b	144.98 ± 2.17b	31.22 ± 1.27b
	灌浆期 Blister stage	17.65 ± 0.34c	39.25 ± 0.29b	27.19 ± 0.50b	155.70 ± 1.91c	26.05 ± 2.42a
	乳熟期 Milk stage	18.13 ± 0.08b	40.60 ± 0.14ab	31.83 ± 1.15ab	202.20 ± 2.77b	4.09 ± 0.24b
复合侵染 ACB larvae together with <i>F. verticillioides</i>	吐丝期 Silking stage	16.93 ± 0.14d	37.90 ± 0.51b	22.87 ± 1.79b	124.70 ± 1.38c	40.84 ± 0.98a
	灌浆期 Blister stage	17.43 ± 0.17c	36.90 ± 0.45c	24.83 ± 1.39b	152.00 ± 2.30c	27.92 ± 0.86a
	乳熟期 Milk stage	18.48 ± 0.33b	39.77 ± 0.22b	30.75 ± 0.31b	181.80 ± 2.71c	11.10 ± 3.44a
对照 CK		19.38 ± 0.17a	42.25 ± 1.06a	34.01 ± 1.54a	211.00 ± 4.67a	0.00 ± 0.00d

注:表中数据为平均值 ± SE,数据后不同字母表示在 5% 水平上差异显著。Note: Data in the table are mean ± SE, different letters differ significantly at $P < 0.05$ by ANOVA.

3 讨论

本研究结果表明,螟害的介导加重玉米穗腐病

的发生。玉米雌穗相同发育期不同接种处理,以复合侵染对穗腐病发生及玉米产量构成因素影响最大,接虫处理次之,接菌处理影响最小。顾成玉等^[17]提出,

二代区玉米单株每增加1头亚洲玉米螟幼虫产量损失3.38%。Munkvold等^[18]报道,镰刀菌引起的穗腐病的发生与欧洲玉米螟幼虫对玉米雌穗的危害成正相关。潘惠康等^[19]认为,在玉米穗腐病流行年份,感病和抗病玉米的产量损失最大可达87.5%和21%。本研究中,亚洲玉米螟与玉米穗腐病复合侵染造成玉米籽粒明显减少、霉变加重,影响了玉米雌穗和籽粒的生长发育,使玉米产量构成因素发生改变,进而导致产量损失。因此,控制穗期亚洲玉米螟的危害是减轻玉米穗腐病发生的重要措施。

玉米雌穗不同发育期相同接种处理中,吐丝、灌浆期发病程度及玉米产量损失重于乳熟期,这可能与气候因素有关。玉米吐丝、灌浆期廊坊地区平均温度在25~30℃之间,而且降雨较少。Reid等^[20]报道,高温、干燥的气候适合串珠镰孢菌的生长,利于穗腐病发病。加之,吐丝、灌浆期玉米籽粒水分大,呈清浆状态,有利于病菌的侵染扩展,而乳熟期籽粒结构比较紧密,形成机械抗性,不利于病菌的扩展,发病轻。Calvin等^[21]提出,不同玉米品种在雌穗不同发育期受虫害后减产程度不同,即减产程度与玉米生理成熟期相关,因此,适时早播、早收可以减轻玉米穗腐病的发生。

构成玉米产量的几个因素中,穗长缩短是导致玉米产量损失的主要因素。大多数学者认为穗长对玉米产量起正效应,对产量的贡献最大^[22]。李文德等^[23]报道,一代亚洲玉米螟危害使玉米雌穗穗长减1.3~4cm,产量损失率为19.4%~23.5%,本研究再次证明了这一结论。

参考文献(References)

- [1] 任金平. 玉米穗腐病研究进展. 吉林农业科学, 1993(3): 39-43
- [2] 任金平, 吴新兰, 庞志超. 玉米穗腐病研究初报. 玉米科学, 1993, 1(4): 75-79
- [3] 孔令晓, 罗畔池. 玉米穗粒腐病接种技术研究. 植物保护, 1996, 22(2): 22-23
- [4] 马秉元, 龙书生, 李多川, 等. 陕西省玉米穗粒腐病的病原菌鉴定及各分离菌分布频率. 西北农业大学学报, 1995, 23(增刊): 98-103
- [5] 陈晓娟, 文成敬. 四川省玉米穗腐病研究初报. 西南农业大学学报, 2002, 24(1): 21-23
- [6] Schjoth J E, Tronsmo A M, Sundheim L. Resistance to *Fusarium verticillioides* in 20 Zambian maize hybrids. Journal of Phytopathology, 2008, 156: 470-479
- [7] Alma A, Lessio F, Reyneri A, et al. Relationships between *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) feeding activity, crop technique and mycotoxin contamination of corn kernel in northwestern Italy. International Journal of Pest Management, 2005, 51(3): 165-173
- [8] Williams W P, Windham G L, Buckley P M, et al. Southwestern corn borer damage and aflatoxin accumulation in conventional and transgenic corn hybrids. Field Crops Research, 2005, 91: 329-336
- [9] Clements M J, Campbell K W, Maragos C M, et al. Influence of Cry1Ab protein and hybrid genotype on fumonisin contamination and *Fusarium* ear rot of corn. Crop Science, 2003, 43: 1283-1293
- [10] Farrar J J, Davis R M. Relationship among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. Phytopathology, 1991, 81: 661-666
- [11] 夏志红, 潘惠康, 张新兰, 等. 玉米穗腐病与蛀穗螟虫发生的关系. 华北农学报, 1995, 10(1): 88-91
- [12] 石洁, 王振营, 何康来. 黄淮海地区夏玉米病虫害发生趋势与原因分析. 植物保护, 2005, 31(5): 63-65
- [13] 宋彦英, 周大荣, 何康来, 等. 亚洲玉米螟无琼脂半人工饲料的研究与应用. 植物保护学报, 1999, 26(4): 324-328
- [14] 李金堂, 傅俊范, 严雪瑞, 等. 玉米弯孢菌叶斑病时间流行动态分析及产量损失测定. 沈阳农业大学学报, 2006, 7(6): 835-839
- [15] 梅丽艳, 李志勇, 郭梅. 玉米弯孢菌叶斑病产量损失测定及药剂防治. 玉米科学, 2003, 11(2): 93-95
- [16] 刘亚臣, 丛斌, 韩冰, 等. 辽宁省春玉米主要病虫害为害损失之研究. 中国农学通报, 2006, 22(6): 297-300
- [17] 顾成玉, 梁艳春, 张广芝. 黑龙江省玉米螟为害玉米产量损失的研究. 植物保护学报, 1989, 16(4): 265-268
- [18] Munkvold G P, Hellmich R L, Rice L G. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. Plant Disease, 1999, 83(2): 130-138
- [19] 潘惠康, 张新兰. 玉米穗腐病导致产量损失的品种和气候因素分析. 华北农学报, 1992, 7(4): 99-103
- [20] Reid L M, Nicol R W, Ouellet T, et al. Interaction of *Fusarium graminearum* and *F. moniliforme* in maize ears: disease progress, fungal biomass, and mycotoxin accumulation. Phytopathology, 1999, 89(11): 1028-1037
- [21] Calvin D D, Wetch S M, Poston F L. Evaluation of a management model for second generation European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) for use in Kansas. Journal of Economic Entomology, 1988, 81(1): 335-343
- [22] 李泉木, 王振华, 金益, 等. 玉米穗部性状与产量的相关分析. 国外农学: 杂粮作物, 1999, 19(3): 26-27
- [23] 李文德, 陈素馨, 秦建国. 亚洲玉米螟危害蛀孔在春玉米上的分布及其与产量损失的关系. 植物保护, 2002, 28(6): 25-28