

# 美国玉米自交系对 4 种病原茎腐病的 抗性鉴定及遗传多样性分析

金柳艳<sup>1</sup>, 李明顺<sup>2</sup>, 王志伟<sup>3</sup>, 石洁<sup>1</sup>, 郭宁<sup>1</sup>, 刘树森<sup>1</sup>, 张海剑<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>河北省农林科学院植物保护研究所, 保定 071000; <sup>2</sup>中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; <sup>3</sup>保定职业技术学院, 保定 071000)

**摘要:** 对外引玉米种质进行抗病鉴定是对其充分利用并选育抗病品种的基础和前提。本研究于 2017-2018 年连续 2 年采用人工接种技术评价了 149 个美国自交系对分别由禾谷镰孢(*Fusarium graminearum*)、拟轮枝镰孢(*Fusarium verticillioides*)、层出镰孢(*Fusarium proliferatum*)和芒孢腐霉(*Pythium aristosporum*) 4 种病原菌引起的茎腐病的抗性表现, 并选择 30 个抗性较好的与 6 个骨干自交系进行遗传多样性分析。结果表明, 149 个美国自交系中, 对禾谷镰孢、拟轮枝镰孢、层出镰孢和芒孢腐霉表现中抗及以上抗性的自交系分别有 62 个、44 个、41 个和 54 个, 其中对 4 种茎腐病全部表现高抗的自交系有 23 个, 全部表现中抗及以上抗性的自交系有 32 个, 对 3 种镰孢菌茎腐病全部表现高抗的自交系有 27 个; 所有供试材料中, 88 个自交系对 4 种茎腐病的抗性表现一致, 61 个自交系对 4 种茎腐病的抗性存在差异; 共筛选出 20 条多态性引物, 每个引物可检测出 5~11 个等位基因, 平均等位变异数为 7.7 个, 聚类分析将 36 个材料划分为 6 个类群, 其中 2FACC、J8608、黄早四分别被单独聚为一类, 剩余自交系被划分为 3 个类群, 分别包含自交系数为 26、5 和 2, 第 I 类群又分为 3 个亚群。本研究结果明确了外引美国自交系对不同病原菌引起的玉米茎腐病的抗性差异, 为抗病育种中抗源的选择提供参考。

**关键词:** 玉米; 美国自交系; 茎腐病; 抗性鉴定; 遗传多样性

## Resistance Identification and Genetic Diversity Analysis of American Maize Inbred Lines to Four Pathogenic Stalk Rot Diseases

JIN Liu-yan<sup>1</sup>, LI Ming-shun<sup>2</sup>, WANG Zhi-wei<sup>3</sup>, SHI Jie<sup>1</sup>, GUO Ning<sup>1</sup>, LIU Shu-sen<sup>1</sup>, ZHANG Hai-jian<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Hebei Academy of Agriculture and Forestry Institute of Plant protection, Baoding 071000; <sup>2</sup>Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; <sup>3</sup>Baoding Vocational and Technical College, Baoding 071000)

**Abstract:** Unlocking disease resistance to exotic maize germplasm is the basis and premise for the fully utilization of germplasm and breeding of resistant varieties. In this study, resistance evaluation of 149 American inbred lines to maize stalk rots induced by four different pathogens, including *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum* and *Pythium aristosporum*, were conducted by artificial inoculation in continuous two years from 2017 to 2018. And, 30 resistant materials and six backbone inbred lines were selected for genetic diversity analysis. The results showed that among the 149 American inbred lines, 62, 44, 41, and 54 materials exhibited moderate resistance (MR) or higher resistance levels to maize stalk rots caused by *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum* and *P. aristosporum*, respectively. There were 23 inbred lines showing high resistance (HR) for all four stalk rots, 32 inbred lines showing MR or higher resistance levels for all four stalk rots, and 27 inbred lines showing HR for three *Fusarium* stalk rots. Among the tested materials, 88 inbred lines showed the same level of resistance to all four stalk rots, 61 inbred lines had different resistance to all four

收稿日期: 2019-04-04 修回日期: 2019-04-15 网络出版日期: 2019-06-13

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20190404002>

第一作者研究方向为玉米抗病育种及抗病种质筛选, E-mail: jinliuyan216@163.com

通信作者: 石洁, 研究方向为玉米品种抗病虫性评价及病虫害综合防治, E-mail: shij99@163.com

基金项目: 国家现代农业(玉米)产业技术体系(CARS-02); 河北省农林科学院现代农业科技创新工程项目(2019-4-1B-4)

**Foundation project:** China agriculture research system(CARS-02), Modern agricultural science and technology innovation project of Hebei academy of agricultural and forestry sciences(2019-4-1B-4)

stalk rots. Twenty polymorphic primers were screened, and 5~11 alleles were detected with each primer, and the average allelic variation was 7.7. Thirty-six materials were divided into 6 groups by cluster analysis, Among them, 2FACC, J8608 and Huangzaosi were separately clustered into three groups, and the other inbred lines were divided into three groups, each group consisting of 26, 5 and 2 inbred lines, and the first group was further divided into three subgroups. The results of this study clarified the differences in resistance of exotic American inbred lines to maize stalk rot caused by different pathogens, and provided a reference for the selection of resistant sources in resistance breeding.

**Key words:** maize (*Zea mays* L.); American inbred lines; stalk rot; resistance identification; genetic diversity

玉米茎腐病是我国玉米生产上的一种主要病害,在各玉米主产区普遍发生,尤其在黄淮海夏玉米区,茎腐病发病率常年约 10% 左右<sup>[1]</sup>,条件适宜时发病率更高,例如 2014 年河南省、2017 年安徽北部玉米茎腐病大发生,造成 90% 以上玉米品种发病,部分品种发病率达 100%<sup>[2-3]</sup>。研究表明,茎腐病频繁发生的原因主要有 2 点,一是目前生产上推广的主栽品种以感病品种居多,加之秸秆还田、少耕或免耕等栽培模式的推广,造成田间病原菌的数量不断增加,使我国茎腐病呈加重发生的趋势<sup>[4]</sup>;二是茎腐病不是由单一病原菌引起,其种群组成及优势种群在不同区域间、年度间均存在动态变化<sup>[5]</sup>,这为抗病品种的选育增加了难度,因此引进、选育和推广针对多种病原的抗病品种迫在眉睫。2012 年从美国农业部 USDA-ARS 引进了 160 份解密的商业自交系,对该批材料的配合力表现以及遗传关系进行了研究<sup>[6]</sup>,但对玉米茎腐病的抗性水平尚不明确。为探明这些材料对茎腐病的抗性,本试验采用人工接种的方法,对其进行了针对多种致病菌的抗性鉴定与评价。

玉米茎腐病的致病菌目前已知的有 20 余种<sup>[7]</sup>,国外多报道由镰孢菌(*Fusarium* spp.)引起<sup>[8]</sup>,中国研究者普遍认为茎腐病主要由镰孢菌、腐霉菌(*Pythium* spp.)或者二者复合侵染引起<sup>[9-10]</sup>。在不同的玉米种植区,茎腐病的致病菌也会存在差异,东北地区<sup>[11]</sup>、河北省<sup>[12]</sup>、河南省<sup>[13]</sup>和陕西关中地区<sup>[14]</sup>镰孢菌的出现频率较高,而在广西、广东、湖南、浙江和海南地区,腐霉菌的出现频率较高<sup>[15-16]</sup>。其中镰孢菌属中分离频率较高的有禾谷镰孢(*F.graminearum*)、拟轮枝镰孢(*F.verticillioides*)、层出镰孢(*F.proliferatum*)、木贼镰孢(*F.equiseti*)、尖孢镰孢(*F.oxysporum*)、腐皮镰孢(*F.solani*)、藤仓镰孢(*F.fujikuroi*)等<sup>[17-18]</sup>;腐霉菌主要包括芒孢腐霉

(*P.aristosporum*)、瓜果腐霉(*P.aphanidermatum*)、肿囊腐霉(*P.inflatum*)、禾生腐霉(*P.graminicola*)、棘腐霉(*P.acanthicum*)、孤雌腐霉(*P.amasculinum*)和寡雄腐霉(*P.oligandrum*)等<sup>[19-20]</sup>。玉米茎腐病不仅病原菌种群组成复杂,而且大多是由多种病原菌复合侵染造成的<sup>[18]</sup>。刘树森等<sup>[21]</sup>对黄淮海夏玉米区茎腐病样进行鉴定,检测到的主要病原菌属为镰孢菌属和腐霉菌属,其中镰孢菌属中拟轮枝镰孢、禾谷镰孢和层出镰孢分离频率较高;腐霉菌属的优势种为芒孢腐霉,且 67% 的样本中可以检测到 2 种(含)以上病原菌。而中国在玉米种质资源抗病性鉴定时,大多针对单一菌种进行鉴定<sup>[22-23]</sup>,极少数会选择 2 种病原菌进行鉴定<sup>[24-25]</sup>,筛选出的抗性材料仅对 1~2 种病原菌表现抗性,由于病原菌优势种在不同区域间、年度间存在变化,若遇到其他病原菌大发生,可能仍会表现感病,从而给玉米生产带来损失。本研究选取黄淮海夏玉米区玉米茎腐病分离频率较高的 4 种病原菌:禾谷镰孢、拟轮枝镰孢、层出镰孢和芒孢腐霉,分别对引进的美国玉米自交系进行茎腐病抗性鉴定,旨在明确试验材料对不同病原菌引起的玉米茎腐病的抗性,为抗病品种的选育提供信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为 149 个美国自交系,由中国农业科学院作物科学研究所优质抗逆育种课题组提供。齐 319、掖 478 为抗、感对照材料。

用于接种的病原菌为禾谷镰孢、拟轮枝镰孢、层出镰孢和芒孢腐霉,为本实验室于 2014-2017 年黄淮海普查期间从玉米茎腐病株上分离获得,经过单孢纯化培养后,进行形态与分子鉴定,每种病原菌选择 3 个强致病力菌株用于扩繁接菌

鉴定。

## 1.2 田间种植及接种调查

**1.2.1 田间种植** 试验设年度间2次重复,2017-2018年连续2年对供试自交系进行茎腐病抗性鉴定,于保定试验基地种植。分为4个接种圃:禾谷镰孢、拟轮枝镰孢、层出镰孢和芒孢腐霉。每个接种圃中的自交系顺序排列,每个自交系种植4行,每50行设置1组抗感对照,行长5m,行距0.6m,种植密度为5000株/667m<sup>2</sup>,3叶期定苗,确保每行至少留苗25株。每个自交系2行接种病原菌,2行作为空白对照,接种等量灭菌水。

**1.2.2 田间接菌** 接菌前1周分别对4种病原菌扩繁。禾谷镰孢和芒孢腐霉在扩繁时,首先将菌株转入PDA平板培养基,培养3d后转入液体培养基中,28℃、180r/min振荡培养4d,以双层纱布过滤培养物并获得孢子悬浮液。拟轮枝镰孢、层出镰孢扩繁时,先将菌株转入PDA平板培养基中,待菌长满平板后,以灭菌的吸头将孢子梗上的孢子刮下,用无菌水冲洗菌落,再用2层灭菌纱布进行过滤,得到孢子悬浮液,4℃条件下保存。接种前用无菌水将4种病原菌的孢子悬浮液配制成浓度为 $2 \times 10^6$ 孢子/mL。接种时期为玉米开花后1~2周内,采用玉米茎基部打孔注射的方法接种。

**1.2.3 调查** 玉米进入乳熟后期逐株剖秆调查每株的抗性表现,注射的茎节全部被病原菌感染变成褐色或黑褐色甚至扩展到其他茎节,或茎节变软,剖开髓部可见髓部空松,即为发病株。计算每个自交系接种4种病原菌的发病株率,依据发病株率,对其进行病情级别划分<sup>[26]</sup>。1级:发病株率0~5.0%,高抗(HR);3级:发病株率5.1%~10.0%,抗病(R);5级:发病株率10.1%~30.0%,中抗(MR);7级:发病株率30.1%~40.0%,感病(S);9级:发病株率40.1%~100%,高感(HS)。对2年鉴定结果进行比较,若2年结果不一致,以发病较重年份的鉴定结果为准。

## 1.3 ISSR 标记分析

根据田间鉴定结果,从中选择30个抗性较好的自交系和我国生产应用较多的6个骨干自交系(郑58、昌7-2、Mo17、丹340、B73、黄早四)进行遗传多样性分析。采用CTAB法提取各自交系3~4

叶期叶片的DNA,采用ISSR分子标记技术,从100条引物中筛选出20条多态性引物,引物由上海生工生物工程股份有限公司合成。PCR扩增反应体系为(25μL):2×Taq PCR Master Mix 12.5μL;上下游引物(10μmol/L)各1.5μL;模板DNA(50ng/μL)1.5μL,ddH<sub>2</sub>O补足至25μL。反应程序为94℃5min,95℃1min,56℃退火30s(因引物而定),72℃延伸1min,35个循环;72℃终延伸10min,4℃保存。PCR产物用1.5%的琼脂糖凝胶电泳进行检测。

## 1.4 数据处理

统计扩增条带带型时,相同迁移率位置上,有带记为“1”,无带记为“0”,缺失记为“9”。利用NTSYS 2.0软件中的UPGMA法对其进行聚类分析并绘制树状聚类图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同玉米自交系对茎腐病的抗性

149个美国自交系对4种病原茎腐病的抗性结果见表1。不同自交系对4种病原菌的抗性存在一定差异(表2),对禾谷镰孢、拟轮枝镰孢、层出镰孢、芒孢腐霉表现高抗的自交系分别有35个、32个、32个和34个,表现抗病的自交系分别有6个、2个、0个和2个,表现中抗的自交系分别有21个、10个、9个和18个,表现感病的自交系分别有6个、5个、9个和10个,表现高感的自交系分别有80个、100个、98个和85个。其中对禾谷镰孢、拟轮枝镰孢、层出镰孢、芒孢腐霉表现中抗及以上抗性的自交系数分别有62个、44个、41个和54个,说明试验材料对禾谷镰孢表现抗性的自交系最多,其次是芒孢腐霉,最后为拟轮枝镰孢和层出镰孢。对4种病原菌均表现高抗的自交系有23个,占总数的15.44%,分别为LH150、740、LH65、S8326、2369、WIL900、WIL500、E8501、PHM57、PHN73、2FACC、PHW51、BCC03、FBLA、LH128、LH181、LH208、LH213、PHJ89、PHN66、LH214、PHR30、ML606(表1),对4种病原菌均表现中抗及以上抗性的自交系有32个,占总数的21.48%,其中对3种镰孢菌均表现高抗的自交系有27个,占总数的18.12%(表1)。对照材料齐319与掖478分别表现稳定的高抗和高感,说明本试验数据可靠。

表 1 149 个自交系对 4 种病原茎腐病的抗性

Table 1 Resistance of 149 American inbred lines to four pathogenic stalk rot

名称	禾谷镰孢	拟轮枝镰孢	层出镰孢	芒孢腐霉	名称	禾谷镰孢	拟轮枝镰孢	层出镰孢	芒孢腐霉
Name	<i>F.graminearum</i>	<i>F.verticillioides</i>	<i>F.proliferatum</i>	<i>P.aristosporum</i>	Name	<i>F.graminearum</i>	<i>F.verticillioides</i>	<i>F.proliferatum</i>	<i>P.aristosporum</i>
LH150	HR	HR	HR	HR	PHN47	—	HS	HS	HS
PHW17	HS	HS	S	S	PHR32	HS	HS	HS	HS
NS701	S	HS	HS	HS	PHT60	HS	S	S	MR
78371A	R	HS	HS	HR	1538	HS	HS	HS	HS
FBHJ	HS	HS	HS	HS	WIL900	HR	HR	HR	HR
PB80	MR	HS	S	S	CR14	HS	HS	HS	HS
MBPM	MR	HS	MR	MR	WIL500	HR	HR	HR	HR
IBB15	HS	HS	HS	HS	L135	HS	HS	HS	HS
IBC2	HS	HS	HS	HS	L139	HS	HS	HS	HS
PHK29	HR	HS	MR	HR	J8606	R	MR	MR	HR
PHK05	HS	HS	HS	HS	W8555	HS	HS	HS	HS
PHR25	HS	HS	HS	MR	E8501	HR	HR	HR	HR
PHV78	MR	HS	HS	MR	PHJ31	HR	HR	MR	MR
740	HR	HR	HR	HR	PHJ33	MR	HS	HS	HS
787	MR	HR	HR	MR	PHJ70	HS	HS	HS	HS
790	R	HS	HS	HS	PHJ75	HS	HS	MR	HS
793	HS	HS	S	HS	PHK35	HS	HS	HS	HS
W8304	HR	MR	HR	HR	PHM10	HS	HS	HS	HS
PHK42	MR	HS	HS	S	PHM57	HR	HR	HR	HR
PHK76	S	MR	S	S	PHN29	HS	HS	HS	HS
PHN11	HS	HS	HS	HS	PHN37	HS	HS	HS	HS
PHT77	HS	MR	MR	MR	PHN73	HR	HR	HR	HR
PHV63	R	HS	HS	HR	PHN82	HS	HS	HS	HS
PHW65	HS	HS	S	S	PHP55	HS	HS	HS	HS
PHT55	MR	HS	HS	MR	PHP60	HR	HS	HR	HR
LH65	HR	HR	HR	HR	PHR62	HS	HS	HS	HS
LH149	HS	HS	HS	HS	PHT22	HS	HS	HS	HS
NS501	HS	HS	HS	HS	PHV37	HR	R	MR	HR
OQ603	HS	HS	HS	HS	PHW03	HS	HS	HS	HS
H8431	HS	HS	HS	HS	PHW20	HR	HR	HR	MR
S8324	HS	HS	HS	MR	PHW43	HS	HS	HS	HS
S8326	HR	HR	HR	HR	2FACC	HR	HR	HR	HR
11430	HS	HS	HS	HS	LH195	HR	HR	HR	HS
2369	HR	HR	HR	HR	LH205	HS	HS	HS	HS
87916W	HS	HS	HS	S	LH127	HS	HS	HS	HS
HB8229	HS	HS	HS	HS	LH163	HS	HS	HS	HS
6M502	HS	HS	HS	HS	LH196	HS	S	HS	MR
IBB14	HS	HS	HS	HS	LH206	MR	HS	S	R
2MA22	MR	HS	HS	HS	LH220H	MR	HS	HS	HS
MBST	HS	HS	HS	HS	LH160	HS	HS	HS	HS
78551S	HS	HS	HS	HS	LH190	HS	HS	HS	HS
PHM49	HS	MR	HS	HR	LH194	HS	HS	HS	S
PHR47	MR	HS	HS	S	LH202	HS	HS	HS	HS
PHT10	HR	HS	HS	HS	RS710	HS	MR	HS	HS
PHW52	MR	HS	HS	R	LH192	MR	HS	HS	MR
PHH93	HS	HS	HS	HS	LH193	S	S	HS	HS

表 1 (续)

名称	禾谷镰孢	拟轮枝镰孢	层出镰孢	芒孢腐霉	名称	禾谷镰孢	拟轮枝镰孢	层出镰孢	芒孢腐霉
Name	<i>F.graminearum</i>	<i>F.verticillioides</i>	<i>F.proliferatum</i>	<i>P.aristosporum</i>	Name	<i>F.graminearum</i>	<i>F.verticillioides</i>	<i>F.proliferatum</i>	<i>P.aristosporum</i>
PHJ65	MR	S	HS	HS	F118	HR	S	MR	MR
PHN34	MR	HR	HR	S	LIBC4	HS	HS	HS	S
PHP76	R	HS	HS	HS	83IBI3	HS	HS	HS	MR
PHV07	MR	MR	HS	MR	LH214	HR	HR	HR	HR
PHW51	HR	HR	HR	HR	911	HS	HS	S	HS
BCC03	HR	HR	HR	HR	912	MR	HS	HS	HS
FBLA	HR	HR	HR	HR	LH222	HS	HS	HS	HS
6F629	HS	HS	HS	HS	ICI193	HS	HS	HS	HS
6M502A	HS	HS	HS	HS	ICI441	MR	HS	HS	MR
NL001	HS	HS	HS	HS	ICI740	HR	HR	HR	HS
LH128	HR	HR	HR	HR	ICI893	HS	HS	HS	HS
LH181	HR	HR	HR	HR	CS405	HS	HS	HS	HS
LH208	HR	HR	HR	HR	MQ305	HS	HS	HS	HS
LH212H	HS	HS	HS	HS	NQ508	MR	R	HR	HR
LH213	HR	HR	HR	HR	OQ101	HS	HS	HS	HS
Lp215D	HR	HR	—	HR	OQ403	HS	HS	HS	HS
PHJ89	HR	HR	HR	HR	OS602	HS	HS	HS	HS
PHJ90	HS	HS	HS	HS	PHBA6	HS	HR	HR	MR
PHK93	HS	HS	HS	HS	PHGG7	HS	HS	HS	HS
PHM81	HS	HS	HS	HS	PHP85	HS	HS	HS	HS
PHN66	HR	HR	HR	HR	PHPR5	HS	HS	HS	HS
PHR55	MR	HS	HS	HS	PHR30	HR	HR	HR	HR
PHR58	MR	MR	S	HS	PHT73	HS	HS	HS	HS
PHW30	R	MR	HS	HS	PHV53	HR	HR	MR	HR
29MBZ2	HS	HS	HS	HS	PHWG5	S	MR	HS	HS
MBUB	S	HS	HS	HS	CS608	S	HS	HS	HS
LH215	HS	HS	HS	MR	904	HS	HS	HS	HS
LH209	HS	HS	HS	HS	ML606	HR	HR	HR	HR
31BZ2	HS	HS	HS	HS					

HR: 高抗; R: 抗病; MR: 中抗; S: 感病; HS: 高感。“—”表示缺失的数据。下同

HR: High resistane, R: Resistane, MR: Miderate resistane, S: Susceptibility, HS: High susceptibility. “—” means the missing date. The same as below

表 2 149 个美国自交系对 4 种病原茎腐病的抗性统计

Table 2 Statistics on resistance of 149 American inbred lines to four pathogenic stalk rot

抗性	禾谷镰孢		拟轮枝镰孢		层出镰孢		芒孢腐霉	
	<i>F.graminearum</i>		<i>F.verticillioides</i>		<i>F.proliferatum</i>		<i>P.aristosporum</i>	
Resistance	自交系数数量	比例 (%)	自交系数数量	比例 (%)	自交系数数量	比例 (%)	自交系数数量	比例 (%)
	Number of inbred lines	Ratio	Number of inbred lines	Ratio	Number of inbred lines	Ratio	Number of inbred lines	Ratio
高抗 HR	35	23.49	32	21.48	32	21.48	34	22.82
抗 R	6	4.03	2	1.34	0	0.00	2	1.34
中抗 MR	21	14.09	10	6.71	9	6.04	18	12.08
感 S	6	4.03	5	3.36	9	6.04	10	6.71
高感 HS	80	53.69	100	67.11	98	65.77	85	57.05

对禾谷镰孢和层出镰孢茎腐病鉴定时,各有 1 个自交系未获得结果

One inbred line din' t get the result, when identifying *F.graminearum* and *F.proliferatum*

## 2.2 试验材料对 4 种病原菌的抗性比较

同一自交系对不同病原菌的抗性存在差异,对 4 种病原菌抗性表现一致的自交系有 88 个,占总数的 59.06%,这些自交系对 4 种病原菌抗性没有差异,例如 LH150 对 4 种病原茎腐均表现高抗,IBC2 均表现高感。61 个自交系对 4 种病原茎腐病抗性存在差异,占总数的 40.94%,51 个自交系对 3 种镰孢菌的抗性存在差异,占总数的 34.23%。其中对 4 种病原菌抗性表现最多相差 1 级的自交系有 12 个,如 NS701 对禾谷镰孢表现感病,对其他 3 种病原菌表现高感;对 4 种病原菌抗性表现最多相差 2 级的自交系有 35 个,如 PB80 对禾谷镰孢表现中抗,对芒孢腐霉和层出镰孢表现感病,对拟轮枝镰孢

表现高感;对 4 种病原菌抗性表现最多相差 3 级的自交系有 7 个;最多相差 4 级的自交系有 7 个,如 ICI740 对禾谷镰孢、拟轮枝镰孢、层出镰孢表现高抗,对芒孢腐霉表现高感。

## 2.3 抗性材料的遗传多样性分析

根据茎腐病鉴定结果,选择对 4 种病原茎腐病均表现中抗及以上抗性的自交系 30 个,以 6 个我国玉米育种的骨干自交系为参照,进行遗传多样性分析(表 3),图 1 为 ISSR 引物 811 扩增结果。从 100 条 ISSR 引物中筛选出 20 条多态性引物,共扩增出清晰条带 166 条,多态性条带 154 条,多态性条带比率为 92.77%。单个引物可检测出 5~11 条等位基因,每条多态性引物检测出的等位变异数平均为 7.7 个。

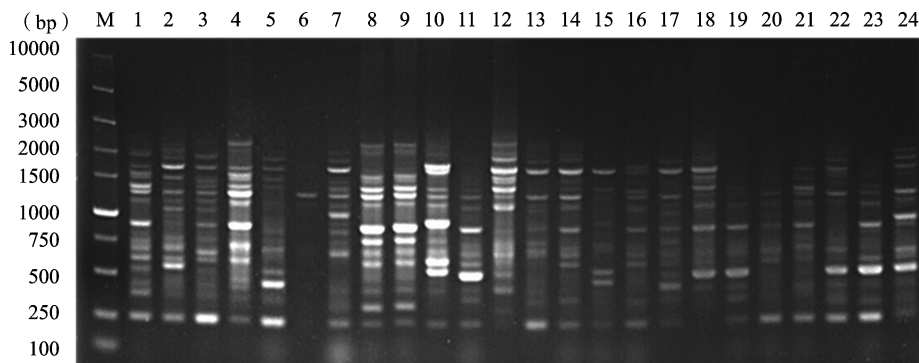
表 3 20 条 ISSR 引物在 36 个自交系中的遗传多态性

Table 3 The genetic diversity of 20 ISSR loci among the 36 maize inbreds

引物 Primer	序列 Sequence(5'-3')	退火温度 (°C) Tm	扩增条带数 Number of amplified bands	多态性条带 Number of polymorphic bands	多态性百分率 (%) Percent polymorphism
807	(AG) <sub>8</sub> T	48	9	9	100.00
811	(GA) <sub>8</sub> C	49	11	11	100.00
812	(GA) <sub>8</sub> A	49	9	9	100.00
816	(CA) <sub>8</sub> T	52	7	6	85.71
825	(AC) <sub>8</sub> T	53	9	9	100.00
826	(AC) <sub>8</sub> C	54	11	11	100.00
827	(AC) <sub>8</sub> G	56	9	9	100.00
834	(AG) <sub>8</sub> YT	50	8	8	100.00
835	(AG) <sub>8</sub> YA	56	10	10	100.00
836	(AG) <sub>8</sub> YA	48.5	6	4	66.67
840	(GA) <sub>8</sub> YT	51	10	10	100.00
841	(GA) <sub>8</sub> YC	50	10	8	80.00
842	(GA) <sub>8</sub> YG	55	6	5	83.33
855	(AC) <sub>8</sub> YT	47	5	3	60.00
856	(AC) <sub>8</sub> YA	49	9	9	100.00
859	(TG) <sub>8</sub> RC	60	6	6	100.00
861	(ACC) <sub>6</sub>	62.5	9	8	88.89
864	(ATG) <sub>6</sub>	51	7	6	85.71
866	(CTC) <sub>6</sub>	63	7	7	100.00
873	(GACA) <sub>4</sub>	53	8	6	75.00
总计 Total			166	154	92.77
均值 Average			8.3	7.7	92.77

利用 UPGMA 法将 30 个抗性自交系和 6 个骨干自交系进行聚类分析(图 2)。在遗传相似系数为 0.59 时,被划分为 6 个类群,2FACC、黄早四、J8608 分别被单独聚为一类,即第 II、第 V、第 VI 类群,说明这 3 个自交系与其他自交系的亲缘关系较远,剩余 33 个自交系被划分到第 I、第 III 和第 IV 类群。第 I 类群又可划分为 3 个亚群,第 I-1 亚群

包括郑 58、B73 在内的 15 个自交系;第 I-2 亚群包括 Mo17 在内的 5 个自交系;第 I-3 亚群为混合亚群,包括 6 个自交系,分别为 FBLA、PHN66、LH208、PHR30、PHW20、PHV37。第 III 类群包括昌 7-2 在内的 5 个自交系,分别为:2369、昌 7-2、LH181、Lp215D、LH213;第 IV 类群将 ML606 与丹 340 聚为一类,二者之间的亲缘关系还有待进一步研究。



M: Marker, 1: 787, 2: ML606, 3: LH214, 4: NQ508, 5: PHJ31, 6: PHJ89, 7: 740, 8: PHN73, 9: LH65, 10: S8326, 11: W8304, 12: E8501, 13: FBLA, 14: PHM57, 15: LH208, 16: PHN66, 17: PHR30, 18: 2FACC, 19: PHV37, 20: PHW20, 21: BCC03, 22: PHW51, 23: LH128, 24: LH181

图1 引物 811 对其中 24 个自交系的扩增结果  
Fig.1 The amplification of 24 inbred lines by primer 811

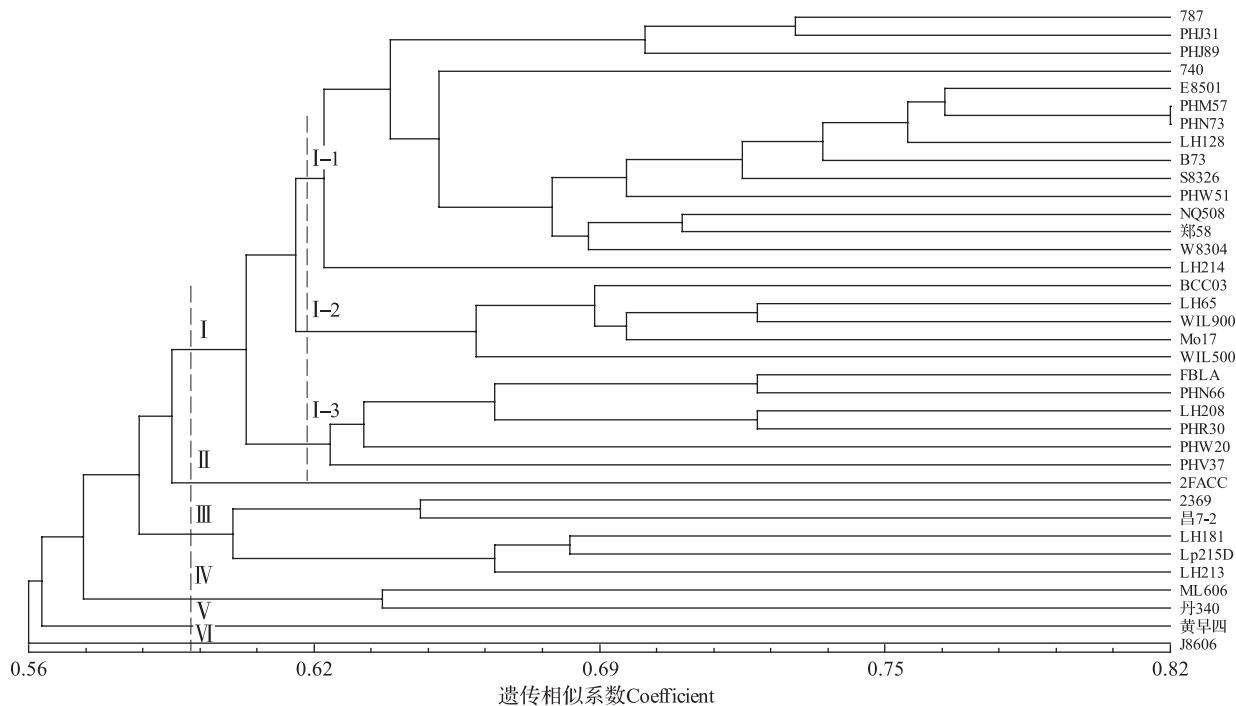


图2 36 个自交系的 ISSR 聚类图  
Fig.2 ISSR cluster map of 36 inbred lines

### 3 讨论

茎腐病是我国玉米的主要病害,在玉米品种审定时,对茎腐病表现高感的品种作为一票否决处理,2009-2013 年期间所有参加国家玉米区试的品种中,因高感茎腐病而停试的品种占 18.90%<sup>[5]</sup>,因此对茎腐病的抗性水平已经成为考察优良玉米品种的必要指标。本试验对 149 个美国自交系进行茎腐病抗性鉴定,分别接种黄淮海夏玉米区 4 种茎腐病优势病原菌,初步筛选出高抗 4 种茎腐病病原菌的自交系 24 个,占总数的 16.11%,筛选出中抗及

以上抗性的自交系 32 个,占总数的 21.48%,表明美国自交系蕴藏着较为丰富的茎腐病抗性资源。本研究选用 ISSR 标记技术对 30 个抗性自交系进行分类群的划分。ISSR 分子标记具有多态性好、稳定性高、简单快速、成本低等优点,是一种发展范围较广的分子标记<sup>[27]</sup>。程春明等<sup>[28]</sup>、赵欣欣等<sup>[29]</sup>、王寒玉等<sup>[30]</sup>采用 ISSR 分子标记对玉米种质进行亲缘关系分析,聚类结果大部分与系谱相吻合,因此 ISSR 分子标记在一定程度上可应用于遗传关系的划分。本研究结果中,聚类结果与种质系谱有较好的一致性,仅个别自交系的划分与血缘存在差异,如自交系

2369 属于瑞德群, 却与昌 7-2 聚为一类, 740 与 S8236 含有 Mo17 血缘, 却与 B73、郑 58 聚为一类, 可能与选系的方向、试验材料的数量较少等因素有关; 有 17 个种质被划分到兰卡斯特和瑞德种群, 说明来自美国的兰卡斯特、瑞德种群中具有相对较丰富的茎腐病抗源, 与宋燕春等<sup>[31]</sup>研究结论一致, 可以考虑在抗病育种中优先利用, 为抗病遗传和抗病品种的选育提供有价值的参考。本研究中 40.94% 的自交系对不同病原茎腐病的抗性存在差异, 不仅表现在镰孢菌和腐霉菌间, 如 ICI740 对 3 种镰孢菌表现高抗, 对腐霉菌表现高感, 而且表现在不同镰孢菌间, 如本试验中 34.23% 的自交系对 3 种镰孢菌的抗性存在差异。由于茎腐病病原众多, 优势病原菌易受环境影响而发生变化, 如近几年黄淮海夏玉米区拟轮枝镰孢和层出镰孢的分离频率明显提高<sup>[21]</sup>, 因此在筛选抗性种质时, 若要准确评价试验材料对茎腐病的抗性, 应选择几种主要病原菌接种, 以保证筛选出的多抗性种质经得起环境条件的检验。多项研究一致认为禾谷镰孢是玉米茎腐病的优势致病菌<sup>[10-11]</sup>, 因此研究人员对禾谷镰孢开展了大量工作<sup>[32]</sup>, 在抗性种质筛选时一般也只接种禾谷镰孢, 筛选的自交系大多对禾谷镰孢的抗性较好, 对其他病原菌的抗性较差。人工接种作为抗病鉴定的必要手段, 其科学性直接关系到鉴定结果的准确性。玉米茎腐病抗性鉴定时, 应用较多的接种方法为根际埋菌法和茎基部注射法<sup>[33]</sup>。李春霞等<sup>[34]</sup>对 2 种方法进行接种效果的比较, 发现 2 种接种方法差异不显著。根际埋菌法在杂交种抗病性评价中应用广泛, 评价标准依据发病率分为 5 个级别, 分别用高抗、抗、中抗、感、高感表示, 效果接近田间自然发病的实际情况, 缺点是发病严重程度易受土壤中拮抗菌和其他致病菌以及环境条件的影响, 年度间鉴定结果差异较大, 且存在发病率低的问题<sup>[35]</sup>。茎基部注射法, 基本排除了土壤微生物的影响, 受环境影响较小, 适用于种质资源对多个病原菌的抗性评价。对茎基部注射法的评价尚没有统一的标准, Keller 等<sup>[36]</sup>根据接种节间的变色面积, 将评价标准划分为 5 个等级, 李春霞等<sup>[34]</sup>根据中毒线的长度将调查标准划分为 4 个等级, 调查单株等级并计算群体病情指数, 通过数值间的比较来明确种质间的抗性差异, 评价方式没有通过抗感评价表示直观。因此本研究选择茎基部注射法接种, 调查发病率并通过分级评价来表示材料的抗性, 最终将 149 个自交系划分为 5 个抗性级别, 每个抗性级别均包含一定数量的自交系,

且提高了调查效率。在对种质材料进行茎腐病抗性鉴定时, 部分研究认为几种病原菌混合接种效率更高<sup>[37]</sup>。在本研究中, 腐霉菌和镰孢菌间存在拮抗作用, 陈绍江等<sup>[38]</sup>研究认为腐霉是弱寄生菌, 定殖生长能力弱于镰孢菌, 在腐霉菌落上, 镰孢菌仍可以生长, 但是在镰孢菌落上, 腐霉菌则不能生长。晋齐鸣等<sup>[39]</sup>研究认为镰孢菌和腐霉菌对玉米有不同的侵染机制, 而 3 种镰孢病原菌间是否存在拮抗作用还需要进一步研究。目前 4 种病原菌混合后对玉米植株的侵染机制不清, 因此为了准确鉴定玉米种质的抗性, 本研究选择了对每个病原菌单独接种综合评价的方法。

#### 参考文献

- [1] 马传禹, 姚丽珊, 杜腓利, 徐明良. 玉米抗茎腐病研究进展. 玉米科学, 2018, 26(2): 131-137  
Ma C Y, Yao L S, Du F L, Xu M L. Advanced resistance and genetic research for maize stalk rot. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(2): 131-137
- [2] 王良发, 徐国举, 张守林, 张金奎, 卢瑞乾, 李长建, 王海军, 李凤章. 对 25 个玉米品种的茎腐病抗性分析和产量损失评估. 玉米科学, 2015, 23(6): 12-17  
Wang L F, Xu G J, Zhang S L, Zhang J K, Lu R Q, Li C J, Wang H J, Li F Z. Analysis of the resistance to stalk rot and yield loss evaluation of 25 maize varieties. Journal of Maize Sciences, 2015, 23(6): 12-17
- [3] 宫栋材. 皖北地区玉米茎腐病的发生及防治. 现代农业科技, 2018, (7): 132-133  
Gong D C. Occurrence and control of corn stalk rot in northern Anhui province. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2018, (7): 132-133
- [4] 吴之涛, 杨克泽, 马金慧, 张英英, 任宝仓. 玉米茎基腐病研究进展. 安徽农业科学, 2018, 46(2): 5-7  
Wu Z T, Yang K Z, Ma J H, Zhang Y Y, Ren B C. Research progress on stalk rot of maize. Anhui Agricultural sciences, 2018, 46(2): 5-7
- [5] 段灿星, 王晓鸣, 武小菲, 杨知还, 宋风景, 赵立萍, 孙素丽, 朱振东. 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. 植物遗传资源学报, 2015, 16(5): 947-954  
Duan C X, Wang X M, Wu X F, Yang Z H, Song F J, Zhao L P, Sun S L, Zhu Z D. Analysis of maize accessions resistance to Pythium stalk rot and Fusarium ear rot. Journal of Plant Genetic Resources, 2015, 16(5): 947-954
- [6] 陈淑萍, 岳海旺, 谢俊良, 卜俊周, 彭海成, 魏建伟, 王雪征, 庞建周. 80 份美国解禁玉米自交系与先玉 335 亲本配合力试验分析. 玉米科学, 2018, 26(21): 30-34  
Chen S P, Yue H W, Xie J L, Bu J Z, Peng H C, Wei J W, Wang X Z, Pang J Z. Analysis of combining ability on 80 declassified American maize inbred lines with xianyu 335 parents in the north of Huang-huai-hai region. Journal of Maize Sciences, 2018, 26(21): 30-34
- [7] Munkvold G P, White D G. Compendium of corn diseases



- (4th edition). St. Paul, Minnesota, USA: American Phytopathological Society Press, 2016: 72-81
- [8] MacDonald M V, Chapman R. The incidence of *Fusarium moniliforme* on maize from central America, Africa and Asia during 1992-1995. *Plant Pathology*, 1997, 46(1): 112-125.
- [9] 石明亮, 黄小兰, 陆虎华, 郝德荣, 陈国清, 周广飞, 张振良, 程玉静, 孙权星, 冒宇翔, 薛林. 玉米抗茎腐病研究进展及其鉴定与育种方法探讨. *江苏农业科学*, 2017, 45(4): 1-4  
Shi M L, Huang X L, Lu H H, Hao D R, Chen G Q, Zhou G F, Zhang Z L, Cheng Y J, Sun Q X, Mao Y X, Xue L. Advances in research on resistance to stalk rot of maize and its identification and breeding method. *Jiangsu Agriculture Science*, 2017, 45(4): 1-4
- [10] 徐书法, 陈捷, 高增贵, 邹庆道, 纪明山, 刘海南. 中国玉米茎基腐病和穗腐病研究进展. *植物病理学报*, 2006, 36(3): 193-203  
Xu S F, Chen J, Gao Z G, Zou Q D, Ji M S, Liu H N. Maize stalk rot and ear rot in China. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2006, 36(3): 193-203
- [11] 盖晓彤. 玉米茎腐病与穗腐病致病镰孢菌侵染途径及其致病力差异研究. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018  
Gai X T. Studies on the Infection pathway and Pathogenic Difference of *Fusarium* from stalk rot and ear rot on maize. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2018
- [12] 罗畔池, 张成和, 刘爱国, 王月恋, 张小青, 孔令晓, 霍志清, 刘庆义. 玉米茎腐病原及栽培与发病关系. *华北农学报*, 1993, 8(S): 110-114  
Luo P C, Zhang C H, Liu A G, Wang Y L, Zhang X Q, Kong L X, Huo Z Q, Liu Q Y. Studies on the pathogen of maize stalk rot and the relationship between maize cultivation and development of the disease. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 1993, 8(S): 110-114
- [13] 张丹丹. 河南省玉米茎基腐病病原菌种类鉴定及致病性测定. 郑州: 河南农业大学, 2010  
Zhang D D. Identification of the pathogens and pathogenicity of maize stalk rot in Henan province. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2010
- [14] 马秉元, 李亚玲, 段双科. 陕西省关中地区玉米青枯病病原菌及其致病性的研究. *植物病理学报*, 1985, 15(3): 150-152  
Ma B Y, Li Y L, Duan S K. Studies on pathogen of corn stalk rot and its pathogenicity in middle Shaanxi. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1985, 15(3): 150-152
- [15] 王晓鸣, 吴全安, 刘晓娟, 马国忠. 寄生玉米的6种腐霉及其致病性研究. *植物病理学报*, 1994, 24(4): 343-346  
Wang X M, Wu Q A, Liu X J, Ma G Z. Study on six kinds of *pythium* parasitic to maize and their pathogenicity. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1994, 24(4): 343-346
- [16] 张培坤, 李石初. 玉米青枯病病原分离及防治试验. *植物保护*, 1998, 24(3): 21-23  
Zhang P K, Li S C. Isolation and control of corn stalk rot pathogen. *Plant Protection*, 1998, 24(3): 21-23
- [17] 周欢欢, 严雳, 王对平, 雍太文, 龚国淑, 尚静, 杨文钰, 常小丽. 四川省套作玉米茎腐病致病镰孢菌的分离与鉴定. *四川农业大学学报*, 2018, 36(5): 598-604  
Zhou H H, Yan L, Wang D P, Yong T W, Gong G S, Shang J, Yang W Y, Chang X L. Identification of *Fusarium* species causing maize stalk rot in maize soybean relay intercropping pattern in Sichuan province. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2018, 36(5): 598-604
- [18] 单柳颖. 引起玉米茎腐病的镰孢菌的分离鉴定与多样性分析. 北京: 中国农业科学院, 2017  
Shan L Y. Identification and diversity analysis of *Fusarium* Spp. causing maize stem rot disease. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017
- [19] 张艺铭. 山东省玉米青枯病病原鉴定及生防菌株和化学药剂的筛选. 泰安: 山东农业大学, 2016  
Zhang Y M. Pathogen identification of corn stalk rot in Shandong and screening of antagonistic bacteria and effective agrochemicals. Taian: Shandong Agricultural University, 2016
- [20] 汤蒙蒙. 黄淮地区玉米茎基腐病病原菌鉴定及防治技术研究. 郑州: 河南农业大学, 2016  
Tang M M. Identification of pathogens and the control technology of corn stalk rot in Huanghuai Area. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2016
- [21] 刘树森, 马红霞, 郭宁, 石洁, 张海剑, 孙华, 金戈. 黄淮海夏玉米主产区茎腐病主要病原菌及优势种分析. *中国农业科学*, 2019, 52(2): 262-272  
Liu S S, Ma H X, Guo N, Shi J, Zhang H J, Sun H, Jin G. Analysis of main pathogens and dominant species of maize stalk rot in the main summer maize producing areas of Huang-huai-hai. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52(2): 262-272
- [22] 杨洋, 陈国康, 郭成, 张炜, 孙素丽, 王晓鸣, 朱振东, 段灿星. 玉米种质资源抗腐霉茎腐病鉴定. *作物学报*, 2018, 44(8): 1256-1260  
Yang Y, Chen G K, Guo C, Zhang W, Sun S L, Wang X M, Zhu Z D, Duan C X. Identification of maize germplasm for resistance to *Pythium* stalk rot. *Acta Agronomica Sinica*, 2018, 44(8): 1256-1260
- [23] 崔智博, 陶焯, 王丽娟, 刘培斌, 董怀玉. 玉米种质对镰孢菌茎腐病的表型抗性鉴定. *辽宁农业科学*, 2019(1): 75-77  
Cui Z B, Tao Y, Wang L J, Liu P B, Dong H Y. Identification of phenotypic resistance of maize germplasm to *Fusarium* stalk rot. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2019(1): 75-77
- [24] 苏俊, 张瑞英. 玉米自交系抗茎腐病的鉴定研究. *玉米科学*, 1993, 1(1): 71-73, 81  
Su J, Zhang R Y. Study on identification of stalk rot of maize inbred lines. *Journal of Maize Sciences*, 1993, 1(1): 71-73, 81
- [25] 石秀琴, 王富荣. 玉米品种对茎腐病抗性鉴定. *山西农业科学*, 1998(4): 60-63  
Shi X Q, Wang F R. Identification of resistance to stalk rot in maize varieties. *Journal of Shanxi Agriculture Sciences*, 1998(4): 60-63
- [26] 王晓鸣, 戴法超. 玉米病虫害田间手册. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 103  
Wang X M, Dai F C. Field manual of corn pests and diseases. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2001: 103
- [27] 罗海燕, 陈业渊. ISSR分子标记及其应用. *安徽农学通报*, 2008, 14(19): 45-46, 27  
Luo H Y, Chen Y Y. ISSR molecular markers and its using. *Anhui Agriculture Science Bulletin*, 2008, 14(19): 45-46, 27
- [28] 程春明, 石云素, 宋燕春, 黎裕, 王天宇. ISSR分子标记技术在分析玉米自交系遗传关系研究中的适用性. *植物遗传资源学报*, 2005, 6(2): 172-177

- Cheng C M, Shi Y S, Song Y C, Li Y, Wang T Y. Suitability of ISSR markers in analysis of genetic relationships among maize inbred lines. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2005, 6(2): 172-177
- [29] 赵欣欣, 崔克艳, 刘光涛, 于运国, 杨伟光. 玉米自交系的 ISSR 聚类分析. *吉林农业大学学报*, 2009, 31(2): 131-134  
Zhao X X, Cui K Y, Liu G T, Yu Y G, Yang W G. Cluster analysis of maize inbred lines based on ISSR. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2009, 31(2): 131-134
- [30] 王寒玉, 杜艳伟, 李萍, 张喜文, 朱晶莹, 赵晋锋, 余爱丽. 40 份玉米自交系的 ISSR 遗传多样性分析. *生物技术进展*, 2010, 38(7): 11-15  
Wang H Y, Du Y W, Li P, Zhang X W, Zhu J Y, Zhao J F, Yu A L. Genetic relationship of 40 maize inbred lines based on ISSR. *Current Biotechnology*, 2010, 38(7): 11-15
- [31] 宋燕春, 裴二芹, 石云素, 王天宇, 黎裕. 玉米重要自交系的肿瘤腐霉茎腐病抗性鉴定与评价. *植物遗传资源学报*, 2012, 13(5): 798-802  
Song Y C, Pei E Q, Shi Y S, Wang T Y, Li Y. Identification and evaluation of resistance to stalk rot (*Pythium inflatum matthews*) in important inbred lines of maize. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13(5): 798-802
- [32] 贺娟, 何鹏飞, 赵正龙, 吴毅歆, 康志钰, 何月秋. 云南省玉米茎基腐病病原镰孢菌的种群结构研究. *玉米科学*, 2017, 25(4): 135-143  
He J, He P F, Zhao Z L, Wu Y X, Kang Z Y, He Y Q. Population structure of *Fusarium* pathogen of corn stalk rot in Yunnan province. *Journal of Maize Sciences*, 2017, 25(4): 135-143
- [33] 何婧. 玉米茎腐病病原菌分离鉴定与镰孢菌群体遗传多样性研究. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2010
- He J. Isolation and identification of causal agents of maize stalk rot and genetic diversity analysis of *Fusarium* SPP. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2010
- [34] 李春霞, 苏俊, 龚士琛, 朱锡章, 李国良, 扈光辉, 王明泉. 玉米茎腐病接种方法的研究. *玉米科学*, 2001, 9(2): 72-74  
Li C X, Su J, Gong S C, Zhu X Z, Li G L, Hu G H, Wang M Q. Study on inoculated methods of corn stalk rot. *Journal of Maize Sciences*, 2001, 9(2): 72-74
- [35] 孙淑琴, 杨秀荣, 田涛. 玉米茎腐病抗性鉴定接种方法研究. *天津农业科学*, 2012, 18(4): 160-162  
Sun S Q, Yang X R, Tian T. Study on inoculation method of corn stalk rot resistance identification. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2012, 18(4): 160-162
- [36] Keller N P, Bergstrom G C. Developmental predisposition of maize to anthracnose stalk rot. *Plant Disease*, 1988, 72: 977-980
- [37] 孔令晓, 罗畔池. 玉米茎腐病接种技术及抗病性鉴定效果. *华北农学报*, 1994, 9(5): 105-108  
Kong L X, Luo P C. Studies on inoculation techniques of pathogens and resistance identification of corn stalk rot. *Acta Agriculturae Boreall-Sinica*, 1994, 9(5): 105-108
- [38] 陈绍江, 宋同明, 吴全安. 玉米青枯病病原腐霉对其伴生镰孢菌的影响. *植物病理学报*, 1997, 27(3): 251-256  
Chen S J, Song T M, Wu Q A. Effect of *Pythium* of maize bacterial wilt on its associated *Fusarium*. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1997, 27(3): 251-256
- [39] 晋齐鸣, 潘顺法, 姜晶春, 卢宗志. 玉米茎腐病病原菌致病性及侵染规律的研究. *玉米科学*, 1995, 3(2): 74-78  
Jin Q M, Pan S F, Jiang J C, Lu Z Z. Study on regularity of infection and pathogenicities of pathogenic fungi of corn stalk rot. *Journal of Maize Science*, 1995, 3(2): 74-78

## 欢迎订阅 2020 年《草业学报》

《草业学报》由中国科协技术协会主管, 中国草学会、兰州大学主办, 国内外公开发行的高级学术期刊。主要报道国内外草业科学及其相关领域, 如畜牧学、农学、林学、经济学等领域的高水平理论研究和科技创新成果, 发表国内外草业领域创新性的研究论文, 刊载学术价值较高的草业科学专论、综述、评论等, 探讨草业发展的新理论与新构思, 是草业新秀成长的园地, 推动草业科学发展的论坛。其读者对象主要是从事农林牧渔、园林绿化、生态环境、国土资源等领域的科研管理及教学等专业人员。

本刊入编全国中文核心期刊, 荣获“百强报刊”, “百种中国杰出学术期刊”, “中国精品科技期刊”, “中国科技论文在线优秀期刊一等奖”。本刊为中国科学引文数据库 (CSCD) 核心期刊, 中国科技论文统计源期刊, 英国 CABI 文摘数据库来源期刊, 《中国生物学文摘》中国生物学文摘数据库收录期刊, 中国核心期刊 (遴选) 数据库收录期刊, 《中国学术期刊 (光盘版)》全文收录期刊, 《万方数据—数字化期刊群》入网期刊。

月刊, 大 16 开本, 定价 25 元, 全年 300 元。国内邮发代号: 54-84, 全国各地邮局均可订阅, 若错过订期, 可在本编辑部直接办理订阅。邮发代号: 54-84; 国内刊号: CN 62-1105/S; 国际统一刊号: ISSN 1004-5759。

地址: 兰州市兰州大学一分部《草业学报》编辑部

邮编: 730020

电话: 0931-8913494

网址: <http://cyxb.magtech.com.cn>

E-mail: [cyxb@lzu.edu.cn](mailto:cyxb@lzu.edu.cn)