

郑晓娟,刘树森,孙 华,等. 玉米镰孢根腐病田间抗性评价体系的建立[J]. 江苏农业科学,2025,53(3):121-127.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.03.016

# 玉米镰孢根腐病田间抗性评价体系的建立

郑晓娟,刘树森,孙 华,郭 宁,张海剑,石 洁

(河北省农林科学院植物保护研究所/河北省农业有害生物综合治理工程技术研究中心/农业农村部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室,河北保定 071000)

**摘要:**为简单高效评价玉米品种对根腐病的抗性水平,建立了品种对镰孢根腐病田间抗性评价体系。首先以根埋法人工接种禾谷镰孢根腐病的玉米品种为研究对象,在 5 叶期调查各品种发病情况,以病情指数为指标对品种进行聚类分析,并根据结果进行抗性分级,建立田间抗性评价体系。利用该体系评价品种对拟轮枝镰孢、层出镰孢和尖孢镰孢 3 种根腐病的抗性水平,验证该体系在镰孢根腐病上的普适性。结果表明,通过聚类分析结果可将玉米镰孢根腐病抗性划分为如下级别:病情指数 $\leq 15.0$ ,高抗(HR);病情指数为 15.1~20.0,抗病(R);病情指数为 20.1~25.0,中抗(MR);病情指数为 25.1~34.9,感病(S);病情指数 $\geq 35.0$ ,高感(HS)。86 份主栽品种中,高抗禾谷镰孢根腐病品种 24 份,占总品种的 27.9%;抗性品种 17 份,占 19.8%;中抗品种 15 份,占 17.4%;感病品种 26 份,占 30.2%;高感品种 4 份,占 4.7%。86 份主栽品种针对其他 3 种根腐病的抗性水平结果表明,对拟轮枝镰孢表现高抗的品种占 23.3%,对层出镰孢表现高抗的品种占 12.8%,对尖孢镰孢表现高抗的品种占 24.4%,品种间抗感差异明显。以上结果说明,本研究建立的玉米根腐病田间抗性评价体系是切实可行的,准确地评价并确定了玉米主栽品种对不同根腐病的抗性水平,可为玉米选育根腐病抗性资源和大批量筛选抗性品种提供参考依据。

**关键词:**玉米;镰孢根腐病;抗性评价体系;聚类分析;病情指数

**中图分类号:**S435.131.4<sup>+</sup>9 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)03-0121-07

玉米根腐病是由多种病原菌单独或者复合侵染根系(含胚轴)引起的病害,其已报道的致病病原菌有 40 余种,镰孢菌为其中一种重要的病原菌。玉米从种子发芽到收获均可被病原菌侵染发病。在玉米 3~6 叶期症状表现最为明显,此时植株根数目较少,根系(含胚轴)受害后直接引起地上部叶片黄化甚至枯死<sup>[1-3]</sup>。6 叶后玉米根系发育较快,成株后多达 50~200 条,主要分布于距离植株 0~20 cm 的位置<sup>[4]</sup>,部分根系受害并不能引起地上组织表现严重症状,因此该病在 6 叶后发生具有很高的隐蔽性。根系是营养的吸收器官,发生根腐病后直接影响水分和养分的吸收,进而影响到产量<sup>[5]</sup>,刘树森等的研究表明,病害达 5 级时产量损失为 50%<sup>[6]</sup>。

2008—2009 年该病在黄淮海夏玉米主产区普遍发生,使玉米大面积减产,严重时减产高达 100%<sup>[7-8]</sup>。因病原菌为土壤寄居菌,并可在玉米全生育期侵染发病,所以根腐病的防治一直是个难题,目前多采用化学药剂种子包衣的方式防治,其防治效果在 62.99%~84.53%<sup>[9]</sup>,尚未达满意程度。因此,培育和筛选抗病品种是从根本上解决玉米根腐病的发生和减产的最经济有效的方法<sup>[10]</sup>,而筛选抗病品种首先要建立高效精准的田间抗性评价体系。

品种的抗性评价体系一般包含 2 个部分,一部分是病情严重度分级,另一部分是品种抗性评价分级。在玉米根腐病病情严重度分级研究中,传统做法是依据根部发病严重程度分级<sup>[11]</sup>,该方法在调查时需挖出根系观察发病情况,较为繁琐且不利于后期试验开展。2022 年笔者所在团队根据苗期地上部症状制定更方便简洁的玉米苗期根腐病地上部严重度分级标准<sup>[6]</sup>。品种抗性评价分级多采用系统聚类分析法进行分级,金武等利用大豆耐密性综合评价数值对供试品种进行聚类分析建立其抗性评价方法<sup>[12]</sup>;杨柳等根据甘蔗的营养和品质指标进行聚类分析建立了种质资源鉴定和筛选方法<sup>[13]</sup>;冯

收稿日期:2024-01-03

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-02);  
河北省重点研发计划(编号:22326513D)。

作者简介:郑晓娟(1992—),女,河北邯郸人,硕士,助理研究员,主要从事玉米抗病育种及抗病种质筛选研究。E-mail:15188729310@163.com。

通信作者:石 洁,硕士,研究员,主要从事玉米品种抗病虫性评价及病虫害综合防治研究。E-mail:shij99@163.com。

月利用接种病毒病的 41 份烟草材料,以病情指数和抗性指数为指标进行聚类分析划分等级,确定其抗性水平及建立田间抗性评价体系<sup>[14]</sup>;王泽平等通过调查甘蔗梢腐病的病情指数,对其进行系统聚类,建立田间抗性评价标准<sup>[15]</sup>;支旭欣等利用病情指数进行聚类分析划分抗性等级,建立紫花苜蓿镰刀菌根腐病抗性鉴定标准<sup>[16]</sup>。目前,仅有 1 个地方标准规定玉米抗镰孢根腐病鉴定技术<sup>[17]</sup>,但需挖出根部进行鉴定,未见关于玉米根腐病地上部分抗性评价标准的研究报道。本研究通过人工接种禾谷镰孢病原菌到主栽玉米品种根部引发根腐病,依据地上部症状分级并计算各品种的病情指数,利用系统聚类法对病情指数进行分类,建立品种抗性评价体系,并采用 86 份主栽玉米品种对拟轮枝镰孢根腐病、层出镰孢根腐病和尖孢镰孢根腐病发病情况进行验证。田间抗性评价体系的建立对抗性资源及品种的筛选、选育和推广种植具有重要的意义<sup>[18-19]</sup>。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为来自于河北、河南、山东的主栽玉米品种,共 86 份(表 1),以齐 319 为抗病对照材料,掖 478 为感病对照材料。禾谷镰孢病原菌、拟轮枝镰孢病原菌、层出镰孢病原菌和尖孢镰孢病原菌均来自于笔者所在实验室从玉米根腐病株上分离鉴定所得的强致病力菌株。

1.2 方法

1.2.1 接种体准备 在超净工作台将培养 3 ~ 7 d 的 4 种菌株转入液体培养基中,在 28 ℃、180 r/min 的摇床中振荡培养 4 d,采用 2 层纱布过滤,制成 2 × 10<sup>6</sup> 个/mL 孢子悬浮液。同时,制作玉米粒培养基。在 400 g/袋的玉米粒培养基中加入 10 mL 的孢子悬浮液,混匀,在 28 ℃ 的培养室培养 10 d。

1.2.2 田间种植 试验设年度间重复 2 次,2020—2021 年连续 2 年对供试品种进行根腐病抗性鉴定,于河北保定试验基地种植。田间种植设禾谷、拟轮枝、层出和尖孢镰孢病圃,每个病圃设 1 组抗感对照,种植密度为 67 500 株/hm<sup>2</sup>,行长 5.0 m,行距 0.6 m,在当地播种时间进行开沟播种,每穴 2 粒并在沟壑中均匀撒施接种体,接种体用量为每 10 m 接种 400 g,最后覆盖土壤并压实。

1.2.3 病害分级和调查方法 在玉米 5 叶期调查

表 1 86 份参试品种

序号	名称	序号	名称
1	邢玉 381	44	现代 59
2	中农大 633	45	丰德存玉 11
3	中农大 675	46	京品 450
4	中农大 688	47	郑单 6386
5	中农大 628	48	洛玉 2020
6	中农大 678	49	丰德存玉 22
7	冀玉 903	50	郑单 6122
8	冀玉 757	51	珲玉 830
9	冀玉 604	52	豫单 888
10	兰德玉 13	53	豫单 188
11	邯玉 1604	54	秋乐 618
12	邯玉 16	55	新玉 158
13	明天 99	56	成玉 828
14	蠡玉 128	57	豫单 138
15	万盛 103	58	隆平 392
16	蠡玉 178	59	新单 65
17	蠡单 20	60	国禾 918
18	正弘 689	61	豫丰 98
19	博玉 108	62	连胜 2025
20	富中 1562	63	金来 918
21	合玉 966	64	丰乐 312
22	宿单 608	65	农华 221
23	浚单 1618	66	ND1602
24	京科 927	67	豫单 903
25	京科 999	68	汶单 307
26	MC812	69	登海 518
27	衡玉 7182	70	津玉 17
28	衡玉 1702	71	奥原 7 号
29	九衡 517	72	浚单 1668
30	衡玉 7188	73	华鲁 9X
31	豫单 885	74	登海 653
32	衡玉 321	75	鲁单 9169
33	新单 101	76	MC612
34	漯玉 18	77	MC278
35	陕单 803	78	京农科 828
36	郑单 901	79	京农科 736
37	NK718	80	潍玉 8 号
38	ND633	81	衡玉 9 号
39	郑单 6095	82	宁研 519
40	祥农 16	83	宁研 503
41	北青 340	84	中单 153
42	豫禾 196	85	中垦玉 561
43	郑玉 857	86	花良 57

根腐病发生情况,逐株参照刘树森等的分级标准<sup>[6]</sup>定级,计算每份品种的病情指数,计算公式为:病情

指数 =  $\Sigma(\text{病株数} \times \text{该病级株数}) / (\text{总病株数} \times \text{最高级数}) \times 100$ 。

1.3 数据处理

利用 DPS 7.05 处理试验数据,采用欧氏距离组内联接法进行聚类分析,利用 Microsoft Excel 2021 软件统计试验数据并进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 抗性级别的划分

86 份玉米主栽品种禾谷镰孢根腐病抗性鉴定结果见表 2。对病情指数进行聚类分析,由图 1 可知,聚类系数在 0.0 ~ 44.5 之间;当聚类系数为 8.00 时,玉米品种分为 6 类,第 I 类病情指数在 11.1 ~ 15.2 之间,共 25 份品种,占总品种的 29.1%;第 II 类品种病情指数为 15.8 ~ 18.9,共 14 份品种,占总品种的 16.3%;第 III 类品种病情指数为 19.4 ~ 24.9,共 18 份品种,占总品种的 20.9%;第 IV 类品种病情指数为 26.5 ~ 33.3,共 25 份品种,

占总品种的 29.1%;第 V 类品种病情指数为 36.5 ~ 38.6,共 3 份品种,占总品种的 3.5%;第 VI 类病情指数为 55.6,1 份品种,占总品种的 1.1%。抗病对照齐 319 的病情指数为 11.1,聚在第 I 类;感病对照掖 478 的病情指数为 26.4,聚在第 IV 类。根据上述结果,玉米品种对禾谷镰孢根腐病抗性划分为以下 5 个级别:病情指数  $\leq 15.0$ ,高抗(HR);病情指数为 15.1 ~ 20.0,抗病(R);病情指数为 20.1 ~ 25.0,中抗(MR);病情指数为 25.1 ~ 34.9,感病(S);病情指数  $\geq 35.0$ ,高感(HS)。抗感鉴定对照品种分别为齐 319,高抗(HR);掖 478,感病(S)。

以此划分 86 份主栽品种,其中,抗性水平为中抗以上品种有 56 份,占 65.1%,表现较好的品种有:中农大 688、邯玉 1604、邯玉 16、合玉 966、宿单 608、京科 999、MC812 等,感病及高感品种有 30 份,表明这些品种在生产上存在发生禾谷镰孢根腐病的风险。

表 2 86 个主栽品种对 4 种病原菌根腐病的抗性结果

名称	禾谷镰孢根腐病		拟轮枝镰孢根腐病		层出镰孢根腐病		尖孢镰孢根腐病	
	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级
邢玉 381	26.8	S	29.9	S	30.8	S	41.5	HS
中农大 633	26.8	S	27.5	S	35.8	HS	32.3	S
中农大 675	23.3	MR	37.3	HS	26.2	S	37.3	HS
中农大 688	11.1	HR	11.1	HR	11.1	HR	14.8	HR
中农大 628	26.7	S	22.9	MR	18.1	R	25.7	S
中农大 678	25.2	S	14.2	HR	12.4	HR	12.2	HR
冀玉 903	33.3	S	37.5	HS	18.5	R	35.7	HS
冀玉 757	30.0	S	31.6	S	25.9	S	31.1	S
冀玉 604	33.3	S	41.8	HS	21.2	MR	15.6	R
兰德玉 13	18.5	R	22.2	MR	13.4	HR	5.8	HR
邯玉 1604	11.1	HR	11.1	HR	26.7	S	35.6	HS
邯玉 16	11.1	HR	15.4	R	19.0	R	15.9	R
明天 99	38.6	HS	25.5	S	25.5	S	27.5	S
蠡玉 128	26.8	S	28.1	S	21.6	MR	19.3	R
万盛 103	30.0	S	34.6	S	21.9	MR	21.2	MR
蠡玉 178	26.3	S	34.5	S	20.5	MR	13.7	HR
蠡单 20	31.1	S	34.4	S	15.6	R	16.7	R
正弘 689	55.6	HS	34.4	S	17.5	R	13.2	HR
博玉 108	20.3	MR	29.6	S	18.1	R	14.3	HR
富中 1562	36.5	HS	41.0	HS	17.8	R	28.9	S
合玉 966	11.1	HR	12.9	HR	14.0	HR	14.6	HR
宿单 608	11.1	HR	14.0	HR	20.8	MR	31.0	S
浚单 1618	18.1	R	27.2	S	18.5	R	15.3	R
京科 927	33.3	S	35.7	HS	21.8	MR	17.5	R

表 2(续)

名称	禾谷镰孢根腐病		拟轮枝镰孢根腐病		层出镰孢根腐病		尖孢镰孢根腐病	
	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级
京科 999	11.1	HR	11.5	HR	17.3	R	18.3	R
MC812	11.1	HR	12.0	HR	14.2	HR	14.0	HR
衡玉 7182	11.1	HR	12.0	HR	17.7	R	38.1	HS
衡玉 1702	11.9	HR	11.5	HR	12.8	HR	17.1	R
九衡 517	11.1	HR	11.9	HR	14.6	HR	13.0	HR
衡玉 7188	11.1	HR	27.1	S	12.0	HR	13.1	HR
豫单 885	33.3	S	29.3	S	27.4	S	21.9	MR
衡玉 321	28.0	S	31.9	S	15.1	R	21.1	MR
新单 101	16.4	R	21.2	MR	26.3	S	25.9	S
漂玉 18	17.8	R	31.0	S	16.1	R	23.2	MR
陕单 803	29.4	S	26.5	S	14.7	HR	20.5	MR
郑单 901	30.4	S	31.9	S	22.5	MR	22.2	MR
NK718	20.0	R	22.8	MR	18.3	R	12.5	HR
ND633	11.1	HR	27.5	S	16.7	R	20.4	MR
郑单 6095	17.3	R	31.6	S	19.5	R	22.2	MR
祥农 16	15.8	R	25.9	S	38.7	HS	16.3	R
北青 340	13.3	HR	32.2	S	20.4	MR	22.6	MR
豫禾 196	14.8	HR	24.6	MR	31.9	S	18.5	R
郑玉 857	20.5	MR	22.7	MR	33.3	S	18.3	R
现代 59	16.4	R	31.4	S	20.4	MR	32.6	S
丰德存玉 11	18.5	R	29.1	S	25.9	S	12.9	HR
京品 450	21.2	MR	25.4	S	26.4	S	20.4	MR
郑单 6386	24.4	MR	23.7	MR	29.2	S	19.3	R
洛玉 2020	24.9	MR	22.8	MR	32.2	S	25.6	S
丰德存玉 22	23.8	MR	32.8	S	34.4	S	19.9	R
郑单 6122	27.0	S	24.8	MR	33.9	S	16.2	R
辉玉 830	27.5	S	27.5	S	32.8	S	14.7	HR
豫单 888	28.1	S	28.5	S	28.0	S	25.4	S
豫单 188	23.7	MR	27.3	S	32.7	S	18.2	R
秋乐 618	22.2	MR	28.5	S	32.1	S	44.0	HS
新玉 158	22.8	MR	24.9	MR	33.3	S	24.9	MR
成玉 828	21.6	MR	25.1	S	25.3	S	19.7	R
豫单 138	26.3	S	27.5	S	35.0	HS	16.9	R
隆平 392	11.1	HR	11.9	HR	32.8	S	14.1	HR
新单 65	18.5	R	29.8	S	32.8	S	23.6	MR
国禾 918	30.4	S	23.2	MR	33.3	S	21.9	MR
豫丰 98	32.4	S	32.3	S	33.3	S	23.7	MR
连胜 2025	20.2	MR	25.8	S	32.1	S	11.8	HR
金来 918	12.5	HR	12.8	HR	23.9	MR	17.8	R
丰乐 312	36.8	HS	30.2	S	29.6	S	16.0	R
农华 221	12.4	HR	11.5	HR	23.5	MR	16.7	R
ND1602	17.3	R	35.0	HS	17.3	R	14.0	HR
豫单 903	18.1	R	30.0	S	18.9	R	15.0	HR
汶单 307	27.8	S	19.3	R	23.2	MR	22.9	MR

表 2(续)

名称	禾谷镰孢根腐病		拟轮枝镰孢根腐病		层出镰孢根腐病		尖孢镰孢根腐病	
	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级
登海 518	18.9	R	34.4	S	15.8	R	13.0	HR
津玉 17	30.0	S	38.0	HS	32.5	S	19.3	R
奥原 7 号	27.8	S	27.5	S	27.4	S	16.5	R
浚单 1668	11.1	HR	12.0	HR	27.2	S	18.8	R
华鲁 9X	24.4	MR	37.8	HS	22.5	MR	18.3	R
登海 653	11.1	HR	11.1	HR	21.4	MR	11.9	HR
鲁单 9169	11.1	HR	14.1	HR	19.8	R	18.2	R
MC612	16.7	R	34.4	S	25.0	MR	16.1	R
MC278	19.9	R	36.1	HS	19.9	R	16.5	R
京农科 828	11.1	HR	11.5	HR	16.5	R	17.7	R
京农科 736	11.1	HR	11.5	HR	15.8	R	12.3	HR
潍玉 8 号	12.0	HR	11.9	HR	30.4	S	22.9	MR
衡玉 9 号	11.5	HR	11.1	HR	13.1	HR	12.9	HR
宁研 519	24.9	MR	34.3	S	17.5	R	15.8	R
宁研 503	15.2	R	33.8	S	14.0	HR	16.8	R
中单 153	21.1	MR	35.5	HS	19.1	R	17.9	R
中垦玉 561	28.5	S	32.2	S	37.0	HS	22.5	MR
花良 57	18.5	R	28.3	S	31.6	S	35.5	HS

注:HR 表示高抗;R 表示抗病;MR 表示中抗;S 表示感病;HS 表示高感。

2.2 抗性评价体系在其他镰孢根腐病上的应用

由表 3 可知,抗病对照齐 319 和感病对照掖 478 对拟轮枝镰孢根腐病、层出镰孢根腐病、尖孢镰孢根腐病 3 种病的病情指数分别为 12.2、13.3、14.9 和 28.0、28.6、33.8,表明该评价体系也可应用于以上 3 种镰孢根腐病。

黄淮海玉米主栽品种对 3 种根腐病的抗性鉴定结果,由表 2 和图 2 可知,对拟轮枝镰孢根腐病表现高抗的品种有 20 份,包括中农大 688、中农大 678、邯玉 1604、合玉 966 等,占 23.3%;抗病品种有 2 份,占 2.3%;中抗品种有 11 份,占 12.8%;感病品种有 43 份,占 50.0%;高感品种有 10 份,占 11.6%。对层出镰孢根腐病表现高抗的品种有 11 份,包括兰德玉 13、衡玉 7188、陕单 803 和衡玉 9 号等,占 12.8%;抗病品种有 24 份,占 27.9%;中抗品种有 15 份,占 17.4%;感病品种有 32 份,占 37.2%;高感品种有 4 份,占 4.7%。对尖孢镰孢根腐病表现高抗的品种有 21 份,包括丰德存玉 11、隆平 392、蠡玉 178 和京农科 736 等,占 24.4%;抗病品种有 31 份,占 36.1%;中抗品种有 17 份,占 19.8%;感病品种有 10 份,占 11.6%;高感品种有 7 份,占 8.1%。

在 86 份主栽品种中,有 10 份品种对这 3 种根腐病抗性水平一致,为中农大 688(HR)、中农大 678(HR)、冀玉 757(S)、邯玉 16(R)、明天 99(S)、合玉 966(HR)、MC812(HR)、九衡 517(HR)、豫单 888(S)和衡玉 9 号(HR),表明大多数品种对不同镰孢引起的根腐病的抗性存在差异。对 3 种根腐病均表现高抗的品种有:中农大 688、中农大 678、合玉 966、MC812、九衡 517 和衡玉 9 号等 6 份品种。

3 结论与讨论

玉米根腐病是由单种病原菌和多种复合菌感染引起,据报道,其病原菌包括镰孢菌、腐霉菌、蠕孢菌和丝核菌等 40 多种真菌,其中,镰孢菌为玉米根腐病常见病原菌之一<sup>[19-26]</sup>。Okello 等在玉米根腐病分离得到 8 种镰孢菌,其中禾谷镰孢根腐病病菌为常见病原菌<sup>[27]</sup>;Andrés 等确定玉米根腐病强致病菌为禾谷镰孢根腐病病菌<sup>[28]</sup>;Okello 等利用接种试验确定禾谷镰孢根腐病病菌为重要致病菌<sup>[29]</sup>;贾娇等对玉米根腐病样品进行分离,确定禾谷镰孢菌分离率较高<sup>[30]</sup>。笔者所在研究团队经多年在黄淮海地区调查和分离玉米根腐病病原菌,确定禾谷镰孢菌为主要病原菌之一。因此,本研究以禾谷镰孢

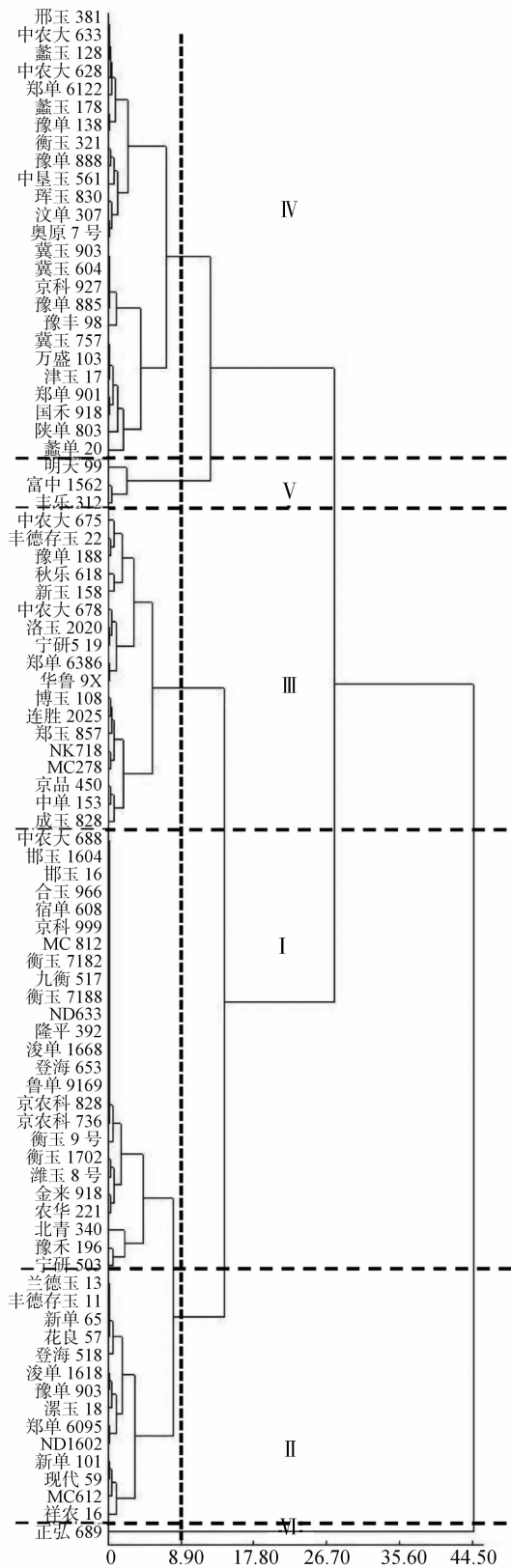


图1 玉米禾谷镰孢根腐病病情指数的聚类结果

根腐病为对象,建立玉米根腐病田间抗性评价体系,并应用此体系评价主栽品种对其他镰孢菌的玉米根腐病的抗性。

表3 对照材料的抗性评价结果

病害类型	齐 319		掖 478	
	病情指数	抗性等级	病情指数	抗性等级
拟轮枝镰孢根腐病	12.2	HR	28.0	S
层出镰孢根腐病	13.3	HR	28.6	S
尖孢镰孢根腐病	14.9	HR	33.8	S
禾谷镰孢根腐病(CK)	11.1	HR	26.4	S

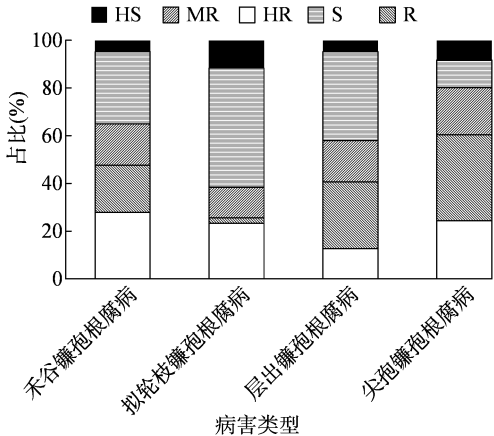


图2 86个主栽品种对4种病原菌根腐病的抗性结果

筛选抗性资源和准确的评价玉米品种的抗病性在育种和生产中的重要性毋庸置疑。国内外学者对玉米根腐病抗性品种有一些报道,国内仅吉林、甘肃等地区对玉米根腐病抗性资源进行了筛选<sup>[11]</sup>,缺乏黄淮海地区玉米根腐病抗性资源筛选方面的研究,本研究应用玉米根腐病的抗性评价体系对黄淮海玉米主栽品种进行3种根腐病抗性资源筛选,共筛出高抗拟轮枝镰孢根腐病、层出镰孢根腐病、尖孢镰孢根腐病品种分别为20、11、21份,分别占总品种的23.3%、12.8%、24.4%,其中仅7份品种高抗水平一致,表明不同品种对不同病原菌根腐病抗性存在差异,同时也说明玉米根腐病病原菌复杂性与品种抗性基因密切相关,在做抗性育种方面研究时更应侧重于多种优良抗性基因相结合的育种模式。品种抗性差异与遗传背景和特性有一定关系,这方面的研究需进一步验证。本研究结果首次对黄淮海地区玉米主栽品种进行不同病原菌根腐病的抗性筛选,为下一步抗性资源育种提供参考。

本研究玉米根腐病田间抗性评价体系以禾谷镰孢根腐病为对象,利用病情指数和聚类法相结合的方法建立抗性评价体系,并应用此体系对其他3种根腐病进行抗性资源筛选与评价。经验证,应用此评价体系,在进行大量挖掘高抗和免疫玉米根腐

病资源时,可简单、准确和快速地筛选抗性品种和资源,进一步为生产上玉米抗性育种和根腐病防治提供依据。

#### 参考文献:

- [1] 石 洁,王振营. 玉米病虫害防治彩色图谱[M]. 北京:中国农业出版社,2011.
- [2] 袁秀云,谢慧玲,彭云玲. 玉米苗枯病发病规律的初步研究[J]. 河南农业大学学报,2004,38(3):323-325.
- [3] Liu S S, Guo N, Ma H X, et al. First report of root rot caused by *Bipolaris zeicola* on maize in Hebei Province[J]. Plant Disease, 2021;105(8):2247.
- [4] 赵秉强,张福锁,李增嘉,等. 套作夏玉米根系数量与活性的空间分布及变化规律[J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(1):81-86.
- [5] 金 嵘. 影响玉米镰孢根腐病发生关键因子分析及对产量损失评估[D]. 长春:吉林农业大学,2023.
- [6] 刘树森,孙 华,石 洁,等. 基于地上部症状的玉米根腐病分级及严重程度与农艺性状的关系[J]. 中国农业科学,2022,55(20):3939-3947.
- [7] 宋朝玉,张继余,张清霞,等. 玉米苗枯病的发生与研究进展[J]. 玉米科学,2007,15(增刊1):137-139.
- [8] 纪利景,孔令晓,王连生,等. 河北省玉米苗期根腐病调查及其病原初探[C]. 植物保护科技创新与发展:中国植物保护学会 2008 年学术年会论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2008.
- [9] 郭 宁,张 丽,靳昌霖,等. 吡啶醚菌酯及其混配组合对玉米根腐病的防治效果[J]. 中国植保导刊,2022,42(4):74-76,112.
- [10] 郭 成,郭满库,魏宏玉,等. 玉米种质资源对丝轴团散黑粉菌的抗性筛选[J]. 植物保护学报,2016,43(2):343-344.
- [11] 贾 娇,苏前富,孟玲敏,等. 2016 年吉林省玉米根腐病发生调查和主栽品种对根腐病的抗性评价[C]. 植保科技创新与农业精准扶贫:中国植物保护学会 2016 年学术年会论文集. 北京:中国农业科学技术出版社,2016.
- [12] 金 武,万明月,李 俊,等. 大豆耐密植品种评价方法的建立及耐密种质的筛选[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(4):1004-1015.
- [13] 杨 柳,王智能,沈石妍,等. 红糖加工型甘蔗种质资源评价与筛选方法的建立[J]. 植物遗传资源学报,2021,22(2):532-539.
- [14] 冯 月. 不同烟草品种(系)苗期对马铃薯 Y 病毒(PVY)胁迫的生理响应及抗性鉴定[D]. 延吉:延边大学,2018.
- [15] 王泽平,段维兴,李毅杰,等. 甘蔗梢腐病田间抗性评价体系的建立[J]. 华南农业大学学报,2016,37(3):67-72.
- [16] 支旭欣,张 帆,杨青川,等. 紫花苜蓿镰刀菌根腐病抗病种质资源筛选[J]. 中国草地学报,2022,44(4):104-112.
- [17] 吉林省农业科学院. DB22/T 3557—2022 玉米抗镰孢根腐病鉴定技术规范[S]. 吉林:吉林省市场监督管理局,2022.
- [18] 刘焱琨. 黄淮玉米新品种对六种主要病害的抗性鉴定与评价[D]. 郑州:河南农业大学,2021.
- [19] 栾 奕,白 岩,卢 实,等. “十三五”国家东北春玉米区域试验品种抗病性评价[J]. 作物学报,2023,49(4):1122-1131.
- [20] Mezzalama M, Guarnaccia V, Martino I, et al. First report of *Fusarium commune* causing root and crown rot on maize in Italy[J]. Plant Disease, 2021;105(12):4156.
- [21] Tang X J, Chen S N, Yan X J, et al. First report of *Pythium sylvaticum* causing corn root rot in Northeastern China[J]. Plant Disease, 2020;105(1):231.
- [22] Bonkowski J, Ruhl G, Creswell T. First report of *Exserohilum pedicellatum* causing root rot of corn in Indiana[J]. Plant Disease, 2022,106(1):333.
- [23] Mao W, Carroll R B, Whittington D P. Association of *Phoma terrestris*, *Pythium irregulare*, and *Fusarium acuminatum* in causing red root rot of corn[J]. Plant Disease, 1998,82(3):337-342.
- [24] Al - Ansari M, Finckh M, Deadman M, et al. First report of *Pythium arrhenomanes* associated with root rot of maize (*Zea mays*) in Oman[J]. Journal of Plant Pathology, 2017,99(3):806.
- [25] Lamprecht S C, Tewoldemedhin Y T, Botha W J, et al. *Fusarium graminearum* species complex associated with maize crowns and roots in the KwaZulu - natal Province of South Africa[J]. Plant Disease, 2011,95(9):1153-1158.
- [26] 常 浩,李文学,徐志鹏,等. 甘肃省玉米根腐病致病镰孢菌分离与鉴定[J]. 玉米科学,2022,30(4):184-190.
- [27] Okello P N, Petrović K, Kontz B, et al. Eight species of *Fusarium* cause root rot of corn (*Zea mays*) in south Dakota[J]. Plant Health Progress, 2019,20(1):38-43.
- [28] Andrés A J L, Alonso F R C, Campo R L, et al. Short communication. *Fusarium graminearum* Schwabe, a maize root and stalk rot pathogen isolated from lodged plants in Northwest Spain[J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2004,2(2):249-252.
- [29] Okello P N, Mathew F M. Cross pathogenicity studies show south Dakota isolates of *Fusarium acuminatum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, and *F. subglutinans* from either soybean or corn are pathogenic to both crops[J]. Plant Health Progress, 2019,20(1):44-49.
- [30] 贾 娇,张 伟,孟玲敏,等. 吉林省玉米根腐镰孢菌种类鉴定和防治药剂筛选[J]. 玉米科学,2019,27(5):176-180.