

# 玉米种质资源对六种重要病虫害的抗性鉴定与评价

段灿星, 朱振东, 武小菲, 杨知还, 王晓鸣

(中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程, 北京 100081)

**摘要:**在 2003 - 2005 年间, 对 604 份玉米种质进行了抗弯孢菌叶斑病和玉米螟鉴定, 筛选出抗弯孢菌叶斑病的材料 93 份, 抗玉米螟材料 22 份。2006 - 2009 年间, 对 836 份玉米种质进行了抗大斑病、茎腐病、穗腐病和瘤黑粉病的鉴定与评价, 筛选出一批高抗和多抗的资源。在 836 份资源中, 对大斑病 1、2 和 N 号 3 个生理小种具有抗性的材料均为 50% 左右; 抗茎腐病材料为 41.3%, 高抗和抗性种质分别为 264 和 81 份; 穗腐病高抗和抗性种质分别为 5 和 171 份, 占比为 21.1%; 瘤黑粉病高抗和抗性种质各 261 和 14 份, 占总鉴定材料的 32.9%。上述结果表明抗大斑病、茎腐病和瘤黑粉病的种质资源较为丰富。通过对抗性结果进行对比分析, 发现不同生态区玉米种质的抗性强弱以及抗性多样性存在明显差异, 黑龙江和内蒙古的种质对病虫害的抗性强弱及多样性程度明显高于四川种质。此外, 玉米自交系对病虫害的抗性强弱以及多抗性程度高于农家种。

**关键词:**玉米; 种质资源; 病虫害; 抗性鉴定

## Screening and Evaluation of Maize Germplasm for Resistance to Five Diseases and Asian Corn Borer

DUAN Can-xing, ZHU Zhen-dong, WU Xiao-fei, YANG Zhi-huan, WANG Xiao-ming

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences / National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Beijing 100081)

**Abstract:** Among 604 maize accessions screened in 2003 - 2005, 93 were resistant to *Curvularia* leaf spot and 22 were resistant to Asian corn borer. From 2006 to 2009, 836 maize accessions were identified and evaluated for resistance to northern corn leaf blight, *Pythium* stalk rot, *Fusarium* ear rot and common smut and some of them were highly resistant and multiply resistant. Approximately 50% of maize accessions with resistance to northern corn leaf blight race 1, 2 and N were screened, respectively. 41.3% of accessions were resistant to *Pythium* stalk rot, including 264 highly resistant and 81 resistant. 5 and 171 accessions were highly resistant and resistant to *Fusarium* ear rot, respectively, accounting for 21.1% of total accessions screened. 32.9% of accessions with different resistance to common smut was screened, 261 highly resistant and 14 resistant lines were discovered. Based on the above data, we thought there were relatively abundant maize germplasm with resistance to northern corn leaf blight, *Pythium* stalk rot and common smut. There were differences in resistance level and diversity among maize germplasm from different ecological areas, for instance, there was higher level of resistance and more multiple resistance in germplasm from Heilongjiang province and Inner Mongolia than that from Sichuan province. In addition, there was higher level of resistance and more multiple resistance in maize inbred lines than in landraces.

**Key words:** Maize; Germplasm; Diseases and Asian corn borer; Resistance screening

玉米是我国重要的粮食作物,也是重要的饲料作物、工业原料和能源植物,2003 年以来种植面积连续增长,2010 年达到 3133 万  $\text{hm}^2$ ,2011 年进一步

扩大至 3200 万  $\text{hm}^2$ 。因此,玉米生产的丰歉直接影响到我国粮食安全和农业生产稳定。病虫害是制约玉米高产稳产的重要因素。在我国,玉米生产中发

收稿日期:2011-05-04 修回日期:2011-12-20

基金项目:作物种质资源保护项目(NB05-070401, NB06-070401, NB07-2130135, NB08-2130135 和 NB09-2130135)

作者简介:段灿星,博士,副研究员,主要从事作物种质资源抗病虫研究

通讯作者:王晓鸣,博士,研究员,主要从事作物资源抗病性鉴定、玉米病害等研究。E-mail: wangxm@mail.caas.net.cn

生的病害有 30 余种,虫害达 250 余种,其中发生频率高、危害严重的病虫害有 20 余种,对玉米生产造成了较大影响,每年因各类生物灾害导致玉米产量损失约 1000 万 t<sup>[1]</sup>。

近年来,随着气候变化、耕作制度的改变以及品种的更换,玉米病虫害呈现新的变化,一些病虫害已成为玉米生产的主要限制因子之一。据全国农技推广中心病虫害测报处预测,2011 年全国玉米重大病虫害中等偏重发生,预计发生面积 6870 万 hm<sup>2</sup> 次,同比增加 5%。其中,虫害发生 5000 万 hm<sup>2</sup> 次,同比增加 4.5%;病害发生 1870 万 hm<sup>2</sup> 次,同比增加 8.5%。玉米螟在东北大部地区呈偏重至大发生态势,玉米地下害虫、蚜虫、叶螨在部分地区偏重发生,玉米大斑病在北方春玉米区和西南大部中等发生,局部偏重发生,小斑病在黄淮海地区中等发生,双斑萤叶甲和玉米粗缩病在部分地区呈加重为害趋势。目前,生产上对玉米病虫害的防治主要依靠施用化学农药,但化学防治严重杀伤天敌,加剧环境污染,增强病菌与害虫的抗药性,增加生产成本。实践表明,利用抗性品种是防治病虫害安全、经济、有效的措施。优良的抗性品种能显著减轻作物受害程度,目前,我国已将抗特定病虫害作为玉米育种的一个重要靶向。

玉米大斑病、茎腐病和玉米螟一直是我国玉米生产上的重要病虫害,多次因严重发生而对玉米生产造成重大损失,近年来发生又呈上升趋势,特别是在东北地区,玉米螟连年偏重发生,而大斑病也由于感病品种先玉 335 的大范围种植而再次成为关注的重点病害。弯孢叶斑病、瘤黑粉病和镰孢穗腐病等次要病害目前在局部地区已成为生产上的突出病害。弯孢叶斑病已在东北、华北、西南玉米种植区普遍发生,多数玉米品种都有不同程度的发病,由于该病害发生受气候影响明显,因此近年未形成大流行,但不能排除突发的可能<sup>[2]</sup>。玉米瘤黑粉病已在东北、华北、西北春玉米区和黄淮海夏玉米区普遍发生,由于田间病原菌的积累和品种普遍缺乏抗病性,病害发生呈明显上升趋势,特别是 2003 年,黄淮海夏播区的感病品种数占 44.8%<sup>[3]</sup>。玉米穗腐病是玉米生长后期的重要病害之一,感病品种的发病率高达 50% 以上<sup>[4]</sup>,在秋季多雨的年份,发生更为严重,而随着耕作方式的改变,这种病原菌既可以气传也可以在田间残余秸秆上快速生长的病害有逐年加重趋势,已成为影响玉米生产的突出问题之一。因此,根据生产中病虫害的改变,及时调整在种质资源

中发掘抗病虫资源的目标,是作物种质资源研究与生产结合的需要。基于这种认识,2006 年,在玉米方面,从以往的抗弯孢叶斑病和玉米螟鉴定调整为对腐霉茎腐病、瘤黑粉病、镰孢穗腐病以及大斑病不同小种的抗性鉴定。

优异的抗性资源是进行作物抗病虫育种的基础。在“十五”和“十一五”期间,本课题组对 1440 份玉米种质进行了抗大斑病、弯孢叶斑病、腐霉茎腐病、瘤黑粉病、穗腐病和玉米螟等重要病虫害的鉴定与评价,筛选出一批多抗、优异的玉米种质资源,将为玉米抗病虫育种提供基础材料和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

1440 份鉴定用玉米种质资源由中国农业科学院作物科学研究所提供,均为近年在国家作物种质中期库材料更新中新繁殖入库的材料,由来源于国内 29 个省、直辖市和自治区的种质与从美国、墨西哥等 13 个国家引进的资源构成,包括 816 份自交系材料,618 份农家种,2 份国内群体和 4 份特殊遗传材料(表 1),来源较为广泛,但并非从各地材料中选择出的代表性材料。2003 - 2005 年,对其中 604 份材料进行了抗弯孢叶斑病和玉米螟鉴定;2006 - 2009 年期间,对另外 836 份资源进行了抗大斑病、腐霉茎腐病、瘤黑粉病和镰孢穗腐病鉴定。

表 1 供试玉米材料来源与数量

Table 1 Origin and number of maize germplasm

| 种质来源<br>Origin | 鉴定种质数量<br>No. of accession | 种质来源<br>Origin | 鉴定种质数量<br>No. of accession | 种质来源<br>Origin | 鉴定种质数量<br>No. of accession |
|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| 北京             | 141                        | 山东             | 38                         | 新疆             | 19                         |
| 天津             | 7                          | 河南             | 25                         | 朝鲜             | 2                          |
| 河北             | 59                         | 湖北             | 19                         | 泰国             | 3                          |
| 山西             | 84                         | 湖南             | 9                          | 伊朗             | 1                          |
| 内蒙古            | 131                        | 广东             | 50                         | 法国             | 5                          |
| 辽宁             | 34                         | 广西             | 34                         | 德国             | 4                          |
| 吉林             | 24                         | 四川             | 140                        | 意大利            | 2                          |
| 黑龙江            | 141                        | 贵州             | 68                         | 波兰             | 2                          |
| 上海             | 8                          | 云南             | 35                         | 匈牙利            | 4                          |
| 江苏             | 21                         | 西藏             | 2                          | 前南斯拉夫          | 6                          |
| 浙江             | 5                          | 陕西             | 41                         | 澳大利亚           | 2                          |
| 安徽             | 5                          | 甘肃             | 121                        | 加拿大            | 3                          |
| 福建             | 10                         | 青海             | 3                          | 美国             | 45                         |
| 江西             | 5                          | 宁夏             | 1                          | 墨西哥            | 81                         |

## 1.2 鉴定用病原菌和昆虫

玉米大斑病菌(*Exserohilum turcicum*) 1、2 和 N 号等 3 个生理小种、新月弯孢(*Curvularia lunata*) 的北京、河北、辽宁和吉林 4 个菌系、腐霉茎腐病菌(*Pythium inflatum*)、瘤黑粉菌(*Ustilago zaeae*)、镰孢穗腐病菌(*Fusarium verticillioides*) 由本课题组采集、分离、纯化、培养并保存,玉米螟(*Ostrinia furnacalis*) 卵块购自中国农业科学院植物保护研究所。

## 1.3 玉米抗病虫鉴定圃设置

所有鉴定均在中国农业科学院作物科学研究所北京昌平试验站的抗性鉴定圃进行。由于种质资源抗性鉴定具有材料多、种子量较少的特点,因此抗性鉴定均采用无重复鉴定方式,在鉴定中表现抗性较好的种质,次年采用相同方法进行重复鉴定。

**抗大斑病和弯孢叶斑病鉴定圃:** 每份材料种植行行长 4m,行距 0.65m,保留植株 20~25 株,植株密度为 5000 株/667m<sup>2</sup>,田间正常管理。在玉米大喇叭口末期至抽雄期进行人工喷雾接种,乳熟后期进行抗性调查。

**抗腐霉茎腐病鉴定圃:** 每份材料种植双行,行长 5m,行距 0.65m,每行留 25~30 株,植株密度为 5000 株/667m<sup>2</sup>,田间正常管理。在抽雄初期,采用根际接腐霉菌的方法接种,在乳熟末期调查。

**抗镰孢穗腐病圃:** 每份材料种植双行,行长 6m,每行留 30~35 株,密度为 5000 株/667m<sup>2</sup>,田间正常管理。在玉米吐丝 2 周后,在果穗中部进行带菌牙签扦插接种,子粒成熟后逐株剥穗调查。

**抗瘤黑粉病鉴定圃:** 每份材料单行种植,行长 3m,行距 0.65m,每行留 15~20 株,密度为 5500 株/667m<sup>2</sup>,在苗期(7~8 叶),采用病菌厚垣孢子悬浮液注射茎秆方式接种,7d 后进行第 2 次接种。在玉米灌浆期进行调查。

**抗玉米螟鉴定圃:** 每份材料种植单行,行长 2m,行距 0.65m,每行留 12 株,在大喇叭口中期,将孵化至呈现幼虫黑色头部的玉米螟卵块接入喇叭口中,每株接卵 2 块。接虫 15d 后调查。

## 1.4 抗性鉴定方法及评价标准

鉴定采用人工接种并创造适宜病害发生与害虫为害的环境。具体操作方法及反应分级和抗性评价标准参见王晓鸣等<sup>[1]</sup>编著的《玉米病虫害田间鉴别手册》、有关的农业行业标准<sup>[5-7]</sup>及国内外的相关研究<sup>[8-11]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 对大斑病不同致病小种的抗性鉴定与评价

对 836 份玉米资源进行了抗大斑病鉴定,其中,用 1 号和 N 号小种鉴定种质 836 份,2 号小种鉴定种质 620 份。结果表明,在 836 份种质中,23 份种质对大斑病菌 1 号小种表现高抗,438 份种质表现抗,抗病种质占比为 55.1%;对 N 号小种表现高抗和抗的种质分别为 9 和 438 份,占 53.5%。在 620 份材料对 2 号小种的鉴定中,12 份材料表现高抗,292 份表现为抗,抗病类型材料占总鉴定数的 49.0%。上述鉴定结果表明,玉米资源对 1、2 和 N 号 3 个大斑病菌小种的抗性比例均为 50% 左右,表明目前抗大斑病的资源比较丰富。其中,陇 0207 对 1、2 和 N 号生理小种都表现高抗,种质 HT48、粤 89B-1、9920 和 LY112 高抗 1 号和 N 号小种,遵 90110 高抗 1 号小种,抗 N 号小种。多小种抗性种质是大斑病抗病育种较为理想的抗源。

### 2.2 对弯孢叶斑病的抗性鉴定与评价

在 604 份玉米资源中,未筛选到对强致病力的北京菌株 95-1 表现抗或高抗的材料;共鉴定出 7 份种质对河北菌株 79-1 表现抗病,占鉴定总材料的 1.2%;对辽宁菌株 96-05 表现高抗的种质 1 份(本地白玉米),抗病种质 38 份,合计占比为 6.5%;对吉林菌株表现抗的种质 47 份,占比 7.8%,其中 8 份材料兼抗辽宁菌株,1 份材料(M397)兼抗河北菌株和辽宁菌株,1 份材料(CN5907)兼抗河北菌株和吉林菌株。上述结果表明,目前尚缺乏对弯孢叶斑病强致病力病菌具有较好抗性的资源,同时能够兼抗不同地域的弯孢叶斑病菌株也较少。

### 2.3 对腐霉茎腐病的抗性鉴定与评价

对 836 份玉米材料进行了抗腐霉茎腐病鉴定,共筛选出 264 份高抗种质,占鉴定材料的 31.6%;81 份抗性种质,占总材料的 9.7%。在 264 份高抗材料中,发病率为 0 的有 212 份,包括了 206 份自交系和 6 份农家种,其中重要的育种亲本 X178、黄 C、旅 28、沈 137、沈 135 等也表现出对腐霉茎腐病具有很好的抗性。296 份种质表现为感和高感腐霉茎腐病,195 份表现为中抗。

### 2.4 对穗腐病的抗性鉴定与评价

对 836 份玉米材料进行了抗穗腐病鉴定,共筛选出 5 份高抗种质,占鉴定材料的 0.6%;171 份抗病种质,占比为 20.5%。在高抗穗腐病的种质中有 3 份自交系(沈 137、502、SW-19)和 2 份农家种。中

抗穗腐病种质 388 份,而表现感和高感穗腐病的种质为 176 份。不难发现,目前高抗玉米穗腐病的资源相对匮乏。

### 2.5 对瘤黑粉病的抗性鉴定与评价

对 836 份玉米材料进行了抗瘤黑粉病鉴定,共筛选出 261 份高抗种质,占鉴定材料的 31.2%; 14 份抗性种质,占总材料的 1.67%。高抗种质中,62 份为农家种,占 23.6%; 199 份为自交系,包括 X178、改 8112、E28、丹 340、沈 137、H21、齐 318、鲁原 92、Mo17 等自交系。405 份材料(48.4%)表现为感和高感瘤黑粉病,其中有黄早四、黄野四 3、黄 C 等。

### 2.6 对玉米螟的抗性鉴定与评价

对 604 份玉米资源进行了抗玉米螟鉴定,筛选出抗性材料 22 份,包括 16 份自交系、2 份农家种和 4 份来自墨西哥的群体材料(Pool 17C8、Pool 18C8、Pool 23C19 和 Pool 29C8),抗性种质占总鉴定材料的 3.6%,尚未筛选到高抗玉米螟的资源,表明抗玉米螟种质比较匮乏,需要加以发掘。

### 2.7 兼抗不同病虫害的玉米种质

在大量的鉴定中,发现了一些种质具有抵抗不同病虫害的能力,是未来加以抗性基因研究和多抗性育种应用的重要材料。

种质沈 137 高抗穗腐病、瘤黑粉病和腐霉茎腐病,兼抗大斑病的不同生理小种; X178、库 6-64、2029、T409、8147、育系 1267、育系 503、育系 581、鹿 65、鲁原 92、A091、粤 43-2、48-2、CN165 等 14 份自交系高抗腐霉茎腐病、瘤黑粉病,抗穗腐病,兼抗大斑病的不同小种,其中 X178 还对玉米螟具有一定的抗性; SW-49 高抗穗腐病和瘤黑粉病,兼抗大斑病,中抗腐霉茎腐病; 塘四平头高抗腐霉茎腐病和瘤黑粉病,同时兼抗大斑病的不同小种; 抗玉米螟的 CN5907 兼抗弯孢菌河北株系和吉林菌株; 在 261 份高抗瘤黑粉病的种质中,106 份高抗茎腐病,10 份高抗大斑病。

### 2.8 不同地理来源的种质对病虫害的抗性表现

在 1440 份鉴定种质中,1280 份资源来自于国内 29 个省、市和自治区,160 材料自 13 个不同国家引进。将不同来源的种质对不同类型的病虫害抗性进行了统计和归类,具体见表 2。

表 2 结果表明,从玉米病虫害的抗性资源分析,抗玉米螟和弯孢叶斑病的资源最少,玉米穗腐病的抗性资源也不多,而抗茎腐病和瘤黑粉病的资源则比较丰富。通过对不同地理来源的玉米种质资源的抗性数据进行比较,可以看出,不同地区玉米种质的抗性强弱以及抗性多样性存在明显差异,如鉴定种质

份数基本相同的北京、黑龙江、内蒙古、甘肃和四川等地,黑龙江和内蒙古的种质对病虫害的抗性强弱及多抗性程度明显高于四川种质,同样,河北、广东的玉米种质的抗性多样性明显高于贵州种质。本试验中的引进资源主要来自于美国与墨西哥,相对而言,墨西哥种质对不同病虫害的抗性多样性高于美国种质。

### 2.8 不同类型种质的抗性分析

在 1440 份资源中,自交系材料 816 份,占总鉴定材料的 56.7%; 农家种 618 份,占比为 42.9%; 国内群体 2 份,特殊遗传材料 4 份,分别占总材料的 0.1% 和 0.3%。因此,试验材料主要由自交系和农家种组成。鉴定结果分析见表 3。

通过对比不同类型玉米种质的抗性,发现玉米自交系在对大斑病、腐霉茎腐病、瘤黑粉病、穗腐病和玉米螟的抗性水平以及多抗性程度方面均明显高于农家种,这可能与自交系主要来自于我国各玉米主产区有关,由于各主产区经常发生各种病虫害,在长期的协同进化和选择压力下,玉米种质对一些常发病虫害不断产生抗性。在自交系中,存在着丰富的抗大斑病、腐霉茎腐病和瘤黑粉病的种质资源,然而,不论在自交系还是农家种中,抗玉米螟和弯孢叶斑病的资源都比较有限。有趣的是,对于弯孢叶斑病菌的毒力型辽宁 96-05 和吉林榆树菌株,农家种的抗性表现明显强于自交系,而且所鉴定的 382 份玉米农家种主要来自于西南、西北和华北玉米区以及墨西哥,并非源自发病较重的东北地区。

## 3 讨论

自 20 世纪 80 年代以来,针对不同区域的病虫害,对玉米选育品种以及作为育种基础材料的各种种质资源,我国开展了大量的抗性鉴定工作。而在已发表的鉴定报告中,往往存在一些相同材料(包括自交系和品种)有不同的抗性结果的报道。本研究中也存在一些材料的鉴定结果与以往报道的抗性一致或有差异的情况<sup>[12-13]</sup>。这些抗性鉴定结果间的差异,主要由以下因素所致。(1) 鉴定的玉米材料来源不同。许多自交系在不同的育种家手中都经过了一定的改良,因此同名自交系会存在明显的性状差异,而鉴定者获得材料的途径是不同的。(2) 鉴定者接种用病原菌分离物的差异。不同来源的接种病菌在致病力方面存在差异而导致鉴定材料发病程度的不一致。(3) 不同鉴定工作所处的环境条件缺乏一致性。地域间鉴定环境的差异以及年度间环境的差异也是导致鉴定结果不一致的重要因素。

表 2 不同地理来源的玉米种质对 6 种病虫害的抗性情况

Table 2 Number of maize germplasm from different areas with resistance to five diseases and asian corn borer

| 来源<br>Origin | 数量<br>No. of<br>accession | 大斑病<br>Northern corn leaf blight |    |        |    |        |     | 弯孢叶斑病<br>Curvularia leaf spot |   |           |   |           |    |           |    | 腐霉茎腐病<br>Pythium<br>stalk rot |    | 瘤黑粉病<br>Common<br>smut |   | 穗腐病<br>Ear rot |    | 玉米螟<br>Asian corn<br>borer |    |
|--------------|---------------------------|----------------------------------|----|--------|----|--------|-----|-------------------------------|---|-----------|---|-----------|----|-----------|----|-------------------------------|----|------------------------|---|----------------|----|----------------------------|----|
|              |                           | Race 1                           |    | Race 2 |    | Race N |     | Strain BJ                     |   | Strain HB |   | Strain LN |    | Strain JL |    | HR                            | R  | HR                     | R | HR             | R  | HR                         | R  |
|              |                           | HR                               | R  | HR     | R  | HR     | R   | HR                            | R | HR        | R | HR        | R  | HR        | R  | HR                            | R  | HR                     | R | HR             | R  | HR                         | R  |
| 中国北京         | 141                       | 1                                | 14 | 0      | 13 | 0      | 22  | 0                             | 0 | 0         | 2 | 0         | 0  | 0         | 9  | 14                            | 4  | 12                     | 0 | 1              | 11 | 0                          | 14 |
| 中国天津         | 7                         | 0                                | 7  | 0      | 3  | 0      | 5   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 0                             | 0  | 0                      | 0 | 3              | -  | -                          |    |
| 中国河北         | 58                        | 0                                | 27 | 0      | 21 | 0      | 48  | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 34 | 11                            | 18 | 0                      | 0 | 15             | -  | -                          |    |
| 中国山西         | 84                        | 0                                | 41 | 3      | 24 | 0      | 55  | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 1         | 22 | 7                             | 16 | 0                      | 0 | 10             | 0  | 0                          |    |
| 中国内蒙古        | 131                       | 1                                | 97 | 4      | 74 | 0      | 102 | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 68 | 17                            | 31 | 0                      | 0 | 22             | 0  | 0                          |    |
| 中国辽宁         | 34                        | 0                                | 22 | 1      | 11 | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 1         | 7  | 2                             | 7  | 1                      | 1 | 9              | 0  | 0                          |    |
| 中国吉林         | 24                        | 0                                | 13 | 0      | 11 | 0      | 16  | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 9  | 0                             | 2  | 1                      | 0 | 2              | -  | -                          |    |
| 中国黑龙江        | 141                       | 4                                | 93 | 3      | 72 | 1      | 105 | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 60 | 12                            | 48 | 0                      | 0 | 23             | -  | -                          |    |
| 中国上海         | 8                         | 0                                | 1  | -      | -  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 1  | 0                             | 2  | 0                      | 0 | 1              | 0  | 0                          |    |
| 中国江苏         | 21                        | 0                                | 1  | 0      | 1  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 1  | 0                             | 6  | 0                      | 0 | 3              | 0  | 0                          |    |
| 中国浙江         | 5                         | 0                                | 1  | 0      | 1  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 1  | 0                             | 2  | 0                      | 0 | 1              | -  | -                          |    |
| 中国安徽         | 5                         | 0                                | 1  | 0      | 1  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 2  | 0                             | 4  | 1                      | 0 | 0              | -  | -                          |    |
| 中国福建         | 10                        | 0                                | 3  | 0      | 0  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 3  | 0                             | 5  | 0                      | 0 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 中国江西         | 5                         | 0                                | 1  | -      | -  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 0  | 0                             | 0  | 0                      | 0 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 中国山东         | 38                        | 2                                | 10 | 0      | 6  | 0      | 7   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 1         | 1  | 4                             | 12 | 0                      | 2 | 9              | 0  | 0                          |    |
| 中国河南         | 25                        | 1                                | 9  | 0      | 6  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 2  | 3                             | 6  | 0                      | 0 | 5              | 0  | 0                          |    |
| 中国湖北         | 19                        | 0                                | 4  | 0      | 1  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 1 | 0         | 0  | 0         | 1  | 0                             | 1  | 1                      | 0 | 1              | 0  | 0                          |    |
| 中国湖南         | 9                         | 0                                | 2  | 0      | 1  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 1         | 0  | 0         | 1  | 0                             | 1  | 1                      | 0 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 中国广东         | 50                        | 6                                | 15 | 0      | 2  | 1      | 13  | 0                             | 0 | 0         | 1 | 0         | 0  | 0         | 13 | 10                            | 12 | 0                      | 0 | 17             | 0  | 0                          |    |
| 中国广西         | 34                        | 0                                | 2  | 0      | 0  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 1 | 9         | 0  | 3         | 1  | 0                             | 3  | 0                      | 0 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 中国四川         | 140                       | 0                                | 5  | 0      | 1  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 1 | 0         | 10 | 0         | 6  | 1                             | 0  | 2                      | 1 | 0              | 2  | 0                          | 1  |
| 中国贵州         | 68                        | 1                                | 3  | 0      | 1  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 5  | 0         | 3  | 1                             | 0  | 2                      | 1 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 中国云南         | 35                        | 0                                | 2  | -      | -  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 4         | 0  | 1         | 0  | 0                             | 1  | 0                      | 0 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 中国西藏         | 2                         | 0                                | 1  | -      | -  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 0                             | 0  | 0                      | 0 | 0              | -  | -                          |    |
| 中国陕西         | 41                        | 0                                | 3  | 0      | 0  | 0      | 1   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 1  | 1                             | 5  | 0                      | 0 | 2              | -  | -                          |    |
| 中国甘肃         | 121                       | 7                                | 34 | 1      | 32 | 6      | 24  | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 11 | 2                             | 31 | 3                      | 0 | 17             | 0  | 0                          |    |
| 中国青海         | 3                         | 0                                | 0  | -      | -  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 1                             | 0  | 0                      | 0 | 0              | -  | -                          |    |
| 中国宁夏         | 1                         | 0                                | 1  | 0      | 1  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 0                             | 0  | 0                      | 0 | 1              | -  | -                          |    |
| 中国新疆         | 19                        | 0                                | 0  | -      | -  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 0  | 0                             | 2  | 1                      | 0 | 3              | 0  | 0                          |    |
| 朝鲜           | 2                         | 0                                | 0  | -      | -  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 0                             | 1  | 0                      | 0 | 0              | -  | -                          |    |
| 泰国           | 3                         | 0                                | 2  | 0      | 0  | 0      | 1   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 1  | 0                             | 2  | 0                      | 0 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 伊朗           | 1                         | 0                                | 1  | -      | -  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 1                             | 1  | 0                      | 0 | 0              | -  | -                          |    |
| 法国           | 5                         | -                                | -  | -      | -  | -      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | -  | -                             | -  | -                      | - | -              | 0  | 1                          |    |
| 德国           | 4                         | 0                                | 0  | 0      | 2  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 1  | 0                             | 0  | 0                      | 0 | 0              | 0  | 0                          |    |
| 意大利          | 2                         | 0                                | 1  | 0      | 0  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 0  | 0                             | 1  | 0                      | 0 | 1              | 0  | 0                          |    |
| 波兰           | 2                         | 0                                | 0  | -      | -  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 0                             | 0  | 1                      | 0 | 0              | -  | -                          |    |
| 匈牙利          | 4                         | 0                                | 0  | -      | -  | 0      | 0   | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 0  | 0                             | 0  | 0                      | 0 | 0              | -  | -                          |    |
| 前南斯拉夫        | 6                         | -                                | -  | -      | -  | -      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | -  | -                             | -  | -                      | - | -              | 0  | 0                          |    |
| 澳大利亚         | 2                         | 0                                | 0  | -      | -  | 0      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 0  | 0                             | 0  | 0                      | 0 | 1              | 0  | 0                          |    |
| 加拿大          | 3                         | -                                | -  | -      | -  | -      | 0   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | -  | -                             | -  | -                      | - | -              | 0  | 0                          |    |
| 美国           | 45                        | 0                                | 7  | 0      | 2  | 1      | 5   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 2  | 0                             | 8  | 0                      | 0 | 5              | 0  | 1                          |    |
| 墨西哥          | 81                        | 0                                | 14 | -      | -  | 0      | 8   | 0                             | 0 | 0         | 2 | 0         | 9  | 0         | 23 | 6                             | 6  | 16                     | 1 | 1              | 7  | 0                          | 5  |

HR: 高抗, R: 抗, -: 未做鉴定, 下同 HR: highly resistant, R: resistant, -: without screened, the same as below

表3 不同类型的玉米种质对6种病虫害的抗性

Table 3 Number of maize accessions with resistance to five diseases and asian corn borer in different types of germplasm

| 种质类型<br>Type | 数量<br>No. of<br>accession | 大斑病<br>Northern corn leaf blight |     |        |     |        |     | 弯孢叶斑病<br>Curvularia leaf spot |   |           |   |           |    |           |    | 腐霉茎腐病 瘤黑粉病<br>Pythium stalk rot Common smut |    |      |   | 穗腐病<br>Ear rot |     | 玉米螟<br>Asian corn borer |    |
|--------------|---------------------------|----------------------------------|-----|--------|-----|--------|-----|-------------------------------|---|-----------|---|-----------|----|-----------|----|---|----|------|---|----------------|-----|-------------------------|----|
|              |                           | Race 1                           |     | Race 2 |     | Race N |     | Strain BJ                     |   | Strain HB |   | Strain LN |    | Strain JL |    | stalk rot                                   |    | smut |   | Ear rot        |     | Asian corn borer        |    |
|              |                           | HR                               | R   | HR     | R   | HR     | R   | HR                            | R | HR        | R | HR        | R  | HR        | R  | HR  | R  | HR   | R | HR             | R   | HR                      | R  |
|              |                           |                                  |     |        |     |        |     |                               |   |           |   |           |    |           |    |   |    |      |   |                |     |                         |    |
| 自交系          | 600                       | 23                               | 352 | 12     | 258 | 9      | 384 | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | -  | 253   | 74 | 199  | 3 | 3              | 151 | -                       | -  |
|              | 216                       | -                                | -   | -      | -   | -      | -   | 0                             | 0 | 0         | 4 | 0         | 3  | 0         | 11 | -   | -  | -    | - | -              | -   | 0                       | 16 |
| 农家种          | 236                       | 0                                | 86  | 0      | 34  | 0      | 54  | -                             | - | -         | - | -         | -  | -         | 11 | 8   | 62 | 11   | 2 | 20             | -   | -                       |    |
|              | 382                       | -                                | -   | -      | -   | -      | -   | 0                             | 0 | 0         | 3 | 1         | 35 | 0         | 36 | -   | -  | -    | - | -              | -   | 0                       | 6  |
| 国内群体         | 2                         | -                                | -   | -      | -   | -      | -   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 0  | -   | -  | -    | - | -              | -   | 0                       | 0  |
| 遗传材料         | 4                         | -                                | -   | -      | -   | -      | -   | 0                             | 0 | 0         | 0 | 0         | 0  | 0         | 0  | -   | -  | -    | - | -              | -   | 0                       | 0  |

玉米作为我国目前种植面积最大的粮食作物,其抗病虫性水平直接影响着生产的稳定。针对不同病虫害在特定玉米生态区发生为害程度,在《农作物品种审定规范-玉米》中明确要求,国家新审定的品种在不同生态区对特定病虫害不得为高感,以避免因品种严重发病而造成重大的生产损失:在东北早熟春玉米区、极早熟玉米区、东华北春玉米区和西南春玉米区等地的国家审定品种不得为高感大斑病类型;在东北早熟春玉米区、极早熟玉米区、东华北春玉米区、黄淮海夏玉米区以及京津唐夏玉米区的国家审定品种不得为高感茎腐病类型;同时,在对丝黑穗病、小斑病、纹枯病、弯孢叶斑病、矮花叶病的抗性水平也有区域性要求<sup>[14]</sup>。

生产实践表明,利用抗性品种是控制玉米病害最为经济有效的措施。譬如,在20世纪70年代中后期,北方春玉米区大斑病发生严重,导致玉米减产约17亿kg;80年代后,因推广应用抗大斑病品种沈单7、掖单13和丹玉13等,玉米大斑病基本得到控制;但由于抗病品种较为单一,抗性被新的生理小种克服,1993年,大斑病再次在全国范围内大规模流行,特别是由于出现玉米生长后期低温、多雨的气候条件,不仅春玉米区发生严重,甚至在位于夏玉米区的江苏省也因大斑病损失玉米达7亿kg<sup>[15]</sup>;2003年和2004年,北方春玉米区和西南玉米区,大斑病大范围严重发生,对生产造成较大影响<sup>[2,16]</sup>。因此,培育具有多抗性、持久抗性的品种逐渐成为育种家的一个重要目标。

通过对上述6种重要病虫害的抗性鉴定与评价,从1440份玉米种质中筛选出了一批高抗单一或多种病害的资源,如遵90110、陇0207、沈137、SW-19、CN5907等材料,均具有多抗性,是值得加以利用的抗性资源。对1440份玉米资源的抗性结果进行分析表明,不同生态区的玉米种质对病虫害的抗性差异明显,源于黑龙江(东北区)和内蒙古(华北区)的种质抗性明显强于四川(西南区)种质,而河北、广东玉米种质的抗性多样性明显高于贵州种质,这为抗性品种

的选育提供了一定的参考与借鉴,譬如,要从大规模的种质资源中筛选出高抗或多抗某些特定病虫害的材料,从东北玉米区和华北玉米区的种质选到目的材料的可能性应该远大于西南玉米区的种质,故而可以优先鉴定源于东北、华北的资源。

致谢:本研究的玉米材料均由中国农业科学院作物科学研究所玉米资源课题组的石云素研究员提供,在此深表谢意。

#### 参考文献

- [1] 王晓鸣,石洁,晋齐鸣,等. 玉米病虫害田间手册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2010
- [2] 王晓鸣,晋齐鸣,石洁,等. 玉米病害发生现状与推广品种抗性对玉米病害发展的影响[J]. 植物病理学报,2006,36(1):1-11
- [3] 张成华,刘铁山,高新学,等. 我国玉米抗病育种进展及育种对策[J]. 玉米科学,2006,14(S):5-6
- [4] 白金铠. 杂粮作物病害[M]. 北京:中国农业出版社,1997:98-104
- [5] 中华人民共和国农业部. 玉米抗病虫性鉴定技术规范:第一部分 玉米抗大斑病鉴定技术规范(NY/T 1248.1-2006)[M]. 北京:中国农业出版社,2007
- [6] 中华人民共和国农业部. 玉米抗病虫性鉴定技术规范:第二部分 玉米抗小斑病鉴定技术规范(NY/T 1248.2-2006)[M]. 北京:中国农业出版社,2007
- [7] 中华人民共和国农业部. 玉米抗病虫性鉴定技术规范:第五部分 玉米抗玉米螟鉴定技术规范(NY/T 1248.5-2006)[M]. 北京:中国农业出版社,2007
- [8] Clements M J, Kleinschmidt C E, Maragos C M et al. Evaluation of inoculation techniques for Fusarium ear rot and fumonisin contamination of corn[J]. Plant Disease, 2003, 87(2): 147-153
- [9] Thakur R P. Smut gall development in adult corn plants inoculated with *Ustilago maydis* [J]. Plant Disease, 1989, 73: 921-925
- [10] 段灿星,张青文,徐静,等. 抗虫内生工程菌对亚洲玉米螟的杀虫效果及其在植株体内的动态变化[J]. 中国农业大学学报,2002,7(5):75-79
- [11] 李桂玲,李欢庆. 玉米抗螟性鉴定评价标准的研究[J]. 玉米科学,2007,15(5):142-143
- [12] 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
- [13] 王富荣,石秀清. 玉米品种抗茎腐病鉴定[J]. 植物保护学报,2000,27(1):59-62
- [14] 中华人民共和国农业部. 农作物品种审定规范 玉米(NY/T 1197-2006)[M]. 北京:中国农业出版社,2007
- [15] 赵桂东,刘荆,陆化森,等. 夏玉米大斑病发生规律及影响病害消长因素的研究[J]. 玉米科学,1996,4(1):74-75
- [16] 赵书文,杨秀林,郭东. 玉米大斑病的流行原因与综合治理措施[J]. 中国植保导刊,2005,25(3):10-12