

# 玉米种质资源抗南方锈病鉴定

江 凯<sup>1,2</sup>, 杜 青<sup>3</sup>, 秦子惠<sup>2</sup>, 陈茂功<sup>2</sup>, 李石初<sup>3</sup>, 孙素丽<sup>2</sup>,  
武小菲<sup>2</sup>, 郭云燕<sup>2</sup>, 石云素<sup>2</sup>, 林小虎<sup>1</sup>, 王晓鸣<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>河北科技师范学院, 秦皇岛 066604; <sup>2</sup>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国家重大科学工程, 北京 100081;  
<sup>3</sup>广西壮族自治区农业科学院玉米研究所, 南宁 530227)

**摘要:**玉米南方锈病已成为近几年我国夏玉米生产区间歇性暴发流行的病害,对玉米生产构成严重威胁,病害流行年份可造成10%以上的产量损失。目前,已确认的抗病自交系非常有限,而抗病育种急需不同抗性控制背景的自交系。为发掘和丰富可利用的南方锈病抗源,于2008-2012年,在广西南宁采用田间人工接种方法对1589份玉米种质资源进行抗南方锈病鉴定。通过高病害压力和连续多年的鉴定,从1589份玉米种质中鉴定出高抗(HR)材料26份,占鉴定总数的1.64%;抗病(R)材料137份,占鉴定总数的8.62%;中抗(MR)水平的材料382份,占鉴定总数的24.04%;感病(S)材料489份,占鉴定总数的30.77%;高感(HS)材料555份,占鉴定总数的34.93%。总体上抗南方锈病种质较少,引进种质中抗病类型材料的比例略高。经重复鉴定,筛选出赤556等18份自交系、老来稀等3份地方品种、A<sub>66</sub>等4份来自津巴布韦的材料及引自CIMMYT的Dr11表现稳定高抗南方锈病,为今后我国玉米抗南方锈病育种提供了新的抗性资源。

**关键词:**玉米;种质资源;南方锈病;抗性

## Identification of Resistance to Southern Corn Rust(*Puccinia polysora* Underw) in Maize Germplasm

JIANG Kai<sup>1,2</sup>, DU Qing<sup>3</sup>, QIN Zi-hui<sup>2</sup>, CHEN Mao-gong<sup>2</sup>, LI Shi-chu<sup>3</sup>,  
SUN Su-li<sup>2</sup>, WU Xiao-fei<sup>2</sup>, GUO Yun-yan<sup>2</sup>, SHI Yun-su<sup>2</sup>, LIN Xiao-hu<sup>1</sup>, WANG Xiao-ming<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup> Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066004; <sup>2</sup> Institute of Crop Science/National Key Facility of Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;  
<sup>3</sup> Maize Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530227)

**Abstract:** Southern corn rust (SCR) is a destructive disease in the summer maize area and causes more than 10% yield loss in disease epidemic years. Few SCR-resistance lines are known and the deficiency in inbred lines with different SCR-resistance genes are evident in breeding. For finding and utilizing the new SCR-resistance germplasm screening of 1589 accessions to SCR was carried out by inoculation in the fields during 2008-2012 in Nanning, Guangxi. The results showed that 26 accessions were highly resistant, accounting for 1.64%, 137 accessions were resistant, accounting for 8.62%, 382 were moderately resistant, accounting for 24.04%, 489 were susceptible, accounting for 30.77%, 555 were highly susceptible, accounting for 34.93%. There were more resistant type lines (HR, R, and MR) in imported maize germplasm. By re-screening 26 accessions, including 18 inbred lines, 3 landraces, 4 Zimbabwe lines, and Dr11 from CIMMYT were confirmed with highly resistance to southern corn rust that would provide new SCR-resistance source for breeding in China.

**Key words:** Maize; germplasm; southern corn rust; resistance

收稿日期: 2013-01-29    修回日期: 2013-03-04    网络出版日期: 2013-06-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20130607.1738.006.html>

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(20105); 国家现代农业(玉米)产业技术体系(CARS-02)

第一作者主要从事玉米抗南方锈病研究。E-mail: jiangxiaokai2012@163.com

通信作者: 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@caas.cn

林小虎, 博士, 教授。E-mail: xiaohulin2008@163.com

玉米是全球第一大粮食作物。我国玉米种植面积近年来稳定在 3000 万 hm<sup>2</sup> 以上,2012 年已达到 3494.9 万 hm<sup>2</sup>,总产达到 20812 万 t,均超过稻谷生产,成为我国第一大粮食作物<sup>[1]</sup>。玉米不仅是粮食,更是重要的饲料作物,同时也是工业原料和能源植物,在国民经济中占有重要的地位。近年来,随着气候和农业耕作制度的改变以及品种的更新换代,玉米病虫害也发生了明显的改变。原有的一些次要病害如茎腐病、瘤黑粉病、南方锈病等正在逐渐上升为目前为害玉米的主要病害,对玉米的安全生产构成了很大的威胁<sup>[2-3]</sup>。因此,我国 20 多年来一直在开展玉米种质资源对多种病虫害的抗性鉴定,以期不断发掘生产和育种需要的抗性种质,为解决病虫害对生产的为害提供材料<sup>[4]</sup>。

玉米南方锈病是由多堆柄锈菌 *Puccinia polysora* Underw 引起的世界性的气流传播病害,主要分布在东南亚、非洲、大洋洲、美洲中南部等热带、亚热带玉米种植地区<sup>[5-6]</sup>。病害流行时,玉米叶片被病菌橙黄色的夏孢子堆和散出的大量夏孢子所覆盖,导致叶片失去光合功能并很快干枯死亡,引起 20% ~ 30% 的产量损失,严重时可达 80%,甚至绝收<sup>[7]</sup>。我国在 20 世纪 70 年代有南方锈病发生的记载,但当时主要发生在海南、广西和广东的少数地区。90 年代后期,南方锈病在我国黄淮海夏玉米区南部发生,近年发生区域呈现逐渐向北扩展的迹象,已对玉米主产区的生产构成威胁,并对广东甜玉米生产影响明显,也是广西等区域玉米生产的重要病害。由于南方锈病具有突发性、流行快等特点,一旦暴发则很难通过药剂防治的手段加以控制,因此防治南方锈病最安全、经济、有效的方法是培育和推广抗病品种,而筛选和培育抗病种质是开展抗病育种的重要前提。本研究连续 5 年共对 1589 份玉米种质进行抗南方锈病田间鉴定,以明确其抗病水平,筛选一批抗性优异的种质,发掘新的抗病基因,为玉米抗南方锈病育种提供基础材料。

1 材料与方法

1.1 供试材料

鉴定材料共 1589 份,由中国农业科学院作物科学研究所作物种质资源保护与研究中心提供,包括 588 份国内外自交系、777 份中国地方品种、172 份国外引进材料和 52 份国内外的群体,来源较为广泛。

鉴定接种所用的玉米南方锈病病原菌为当年 6 月份采自广西地区发病春玉米,病原菌夏孢子经自

然干燥后在 6 ℃ 低温条件下保存备用。

1.2 试验方法

2008-2012 年鉴定均在位于广西南宁市的广西壮族自治区农业科学院玉米研究所病害鉴定圃 (22°36.67 N, 108°14.26 E) 进行。8 月中旬播种,鉴定材料随机排列,单行种植。每份材料播种行长 4 m,行距 0.7 m,每行留苗 20 ~ 25 株,每 50 行设自交系齐 319 和黄早四为高抗和高感对照材料 1 组。按一般大田生产进行田间管理。

在玉米长至 8 ~ 9 叶期 (每年约为 9 月下旬) 时进行鉴定接种。接种采用人工喷雾法,将保存的病原菌夏孢子在室温 (约 25 ℃) 放入加水的容器内,回湿处理 3 ~ 4 h,然后配成浓度为 6 × 10<sup>4</sup> 个孢子/mL 孢子悬浮液,加入 0.02% 的吐温 (v/v),充分搅匀,用背负式喷雾器在傍晚时分喷雾接种。每株玉米材料接种量为 7 ~ 8 mL 菌液,接种选择雨后,以保证田间湿度条件满足病菌的入侵和植株发病需求。若天气干旱时,需在接种后立即灌溉,提高田间的大气保湿。初次鉴定中表现中抗、感病和高感的种质被淘汰,而表现抗和高抗的种质,次年采用相同方法进行重复鉴定。2012 年鉴定获得的抗和高抗种质因需要重复鉴定,未被包括在 1589 份总数中。

1.3 抗性调查及评价方法

在玉米乳熟期至蜡熟期 (每年 11 月上旬) 进行调查。调查时目测每份鉴定材料群体的发病状况,调查重点部位为玉米果穗的上方和下方 3 叶。根据病害症状描述,逐份材料记载病情级别<sup>[5]</sup>,再根据病情级别进行抗病性综合评价 (表 1)。

表 1 玉米对南方锈病的抗性级别划分

Table 1 Evaluation standard of the resistance to southern corn rust in maize

病级 Scale	症状描述 Description of symptom	抗性 Resistance
1	叶片上无病斑或仅有无孢子堆的过敏反应	HR
3	叶片上有少量孢子堆,占叶面积 25%	R
5	叶片上有中量孢子堆,占叶面积 26% ~ 50%	MR
7	叶片上有大量孢子堆,占叶面积 51% ~ 75%	S
9	叶片上有大量孢子堆,占叶面积 76% ~ 100%,叶片枯死	HS

2 结果与分析

2.1 不同种质对南方锈病的抗性

人工接种的鉴定材料南方锈病发生较重,多数材料表现为感病和高感,抗病对照齐 319 和感病对照黄早四发病水平稳定 (表 2),证明鉴定达到了预期目的。

表 2 2008-2012 年抗南方锈病鉴定圃中抗病与感病对照材料发病水平

Table 2 The reaction of resistant and susceptible check lines in SCR nursery during 2008-2012

年份 Year	自交系 Line	重复数 Repeat	平均病级 Ave. scale	抗性 Resistance
2008	齐 319	4	2.5	R
	黄早四	4	9.0	HS
2009	齐 319	5	1.0	HR
	黄早四	5	7.4	S
2010	齐 319	4	1.0	HR
	黄早四	4	9.0	HS
2011	齐 319	5	1.4	HR
	黄早四	5	8.6	HS
2012	齐 319	4	1.5	HR
	黄早四	4	8.0	HS

经鉴定,在 1589 份玉米种质资源中,高抗(HR)的种质共 26 份,占鉴定总数的 1.64%;抗性(R)材料共 137 份,占鉴定总数的 8.62%;中抗(MR)水平的材料 382 份,占鉴定总数的 24.04%;感病(S)材料共 489 份,占鉴定总数的 30.77%;高感(HS)水平的材料共 555 份,占鉴定总数的 34.93%。

在鉴定的 777 份中国地方品种中,表现高抗(HR)3 份,占鉴定地方品种的 0.39%;抗病(R)材料 46 份,占 5.92%;中抗(MR)材料 213 份,占 27.41%;感病(S)材料 272 份,占 35.01%;高感(HS)材料 243 份,占 31.27%。

鉴定材料中共有 588 份自交系,18 份表现高抗(HR),占鉴定自交系的 3.06%;57 份表现抗病(R),占 9.69%;121 份表现中抗(MR),占 20.58%;149 份表现感病(S),占 25.34%;243 份表现高感(HS),占 41.33%。

鉴定了 172 份国外引进材料,5 份表现高抗(HR),占 2.91%;30 份表现抗病(R),占 17.44%;37 份表现中抗(MR),占 21.51%;57 份表现感病(S),占 33.14%;43 份表现高感(HS),占 25.00%。

鉴定中还包括 52 份群体材料,没有表现高抗(HR)水平的群体,抗病(R)群体 4 份,占群体总数的 7.69%;中抗(MR)11 份,占 21.15%;感病(S)11 份,占群体总数的 21.15%;高感(HS)26 份,占 50.00%。

2.2 表现高抗南方锈病的种质

在 1589 份种质中,26 份高抗材料均经 2~3 年重复鉴定,表现出稳定的高抗水平,其中,18 份为自交系,5 份为引进材料,3 份为地方品种(表 3)。

表 3 对南方锈病表现为高抗(HR)类型的玉米种质资源  
Table 3 The maize germplasm with highly resistant(HR) to southern corn rust

种质类型	统一编号	名称	来源
Germplasm type	Accession number	Name	Source
自交系	0L010308	X178	美国先锋材料选系
自交系	0L010328	K36	河北
自交系	0L010329	遵 90110	美国材料选系
自交系	0L040174	W456	山西
自交系	0L050129	辽 2202	美国先锋材料选系
自交系	0L050132	辽 2204	美国先锋材料选系
自交系	0L050150	双 M9B-1	CIMMYT
自交系	0L050395	赤 556	内蒙古赤峰
自交系	0L050402	赤 547	内蒙古赤峰
自交系	0L060270	辽 2201	美国先锋材料选系
自交系	0L703300	SW-40	CIMMYT
自交系	0L703337	SW-94	CIMMYT
自交系	0L703350	SW-107	CIMMYT
自交系	0L703355	SW-113	CIMMYT
自交系	0L703357	SW-115	CIMMYT
自交系	0L080489	3271	黑龙江
自交系	0L080505	NX3	黑龙江
自交系	0L080578	70391	黑龙江
地方品种	00050068	老来秕	内蒙古
地方品种	00160126	八十天	河南
地方品种	00160177	小白籽	河南
外引材料	00649069	A <sub>69</sub>	津巴布韦
外引材料	00649082	A <sub>82</sub>	津巴布韦
外引材料	00649101	A <sub>101</sub>	津巴布韦
外引材料	00649104	A <sub>104</sub>	津巴布韦
外引材料	00703209	Dr11	CIMMYT

3 结论与讨论

3.1 抗南方锈病新种质的持续挖掘是重要的基础性工作

接种鉴定结果表明,1589 份玉米种质资源对南方锈病表现出明显的抗病性差异,抗病类型[高抗(HR)、抗病(R)、中抗(MR)]种质占 34.30%,而感病类型[感病(S)、高感(HS)]占 65.70%。在抗病类型中,高抗的仅占 1.64%,抗病的也仅有 8.62%,表明具有较高抗病水平的玉米种质较少。因此,继续开展玉米种质资源对南方锈病的抗性鉴定与发掘新的抗病种质,仍是今后不可忽视的基础性工作。

3.2 发掘和利用不同抗病基因和不同遗传背景的材料是抗南方锈病育种的需要

玉米杂交种郑单 958 是我国目前种植面积最大的玉米品种,全国已累计推广接近 3340 万 hm<sup>2</sup>。郑



单 958 综合性状优良,但高感南方锈病是其缺陷之一,在南方锈病严重发生的 2007 年和 2008 年,位于黄淮海南部地区的郑单 958 重病田,产量损失超过 10%<sup>[8]</sup>。由于南方锈病的发生具有突然性,在夏玉米产区又主要发生在乳熟期,此时植株高大,在田间很难采用喷施杀菌剂控病的措施。实践表明,防治南方锈病最安全、经济、有效的方法是推广种植抗病品种,而筛选抗病种质是开展抗南方锈病育种的前提。

对 26 份高抗南方锈病种质的确认,将为发掘新的抗南方锈病基因提供材料,也是未来开展抗南方锈病育种的重要基础材料。以往的研究已报道了 3 个抗南方锈病的玉米种质:齐 319、P25 和 W2D<sup>[9-12]</sup>,但这些种质所含有的抗病基因均位于玉米 10 号染色体的相近区段,与已知抗南方锈病基因 *Rpp9* 的关系有待深入研究<sup>[13]</sup>。自交系齐 319 来源于美国先锋公司杂交种 78599,利用齐 319 已培育出一批对南方锈病有较好抗性的生产品种,如鲁单 50、鲁单 981、中科 4 号、安农 8 号等。同样,利用美国材料的抗源,包括 78599 的二环选系获得的自交系 X178、P138 等,也选育出一些抗南方锈病品种,如天泰 10 号、登海 3 号、农大 108、蠡玉 16 号、联创 7 号、滑玉 13、农乐 988 等<sup>[8,14]</sup>。虽然有一批抗南方锈病品种在生产上利用,但这些品种的抗源相同或相近,主要来自 78599。历史经验告诉我们,长期大面积种植同一抗源选育的品种,由于专性寄生病菌与寄主互作具有普遍的基因对基因关系,很容易使有效的抗病基因随着病菌对定向选择压力的适应性变异而失去作用,形成所谓的抗性丧失现象。在本鉴定中发掘出的 26 份高抗南方锈病种质,既有一些来自美国先锋材料的选系,也有来自 CIMMYT 的具有苏湾(Suwan)群体遗传背景的自交系和其他背景的自交系,更重要的是还有来自非洲津巴布韦的材料以及我国的地方品种,这就为今后进一步鉴定新的抗南方锈病基因源奠定了重要的材料基础,也有助于田间抗南方锈病基因的多样化利用。

### 3.3 抗南方锈病的新温带种质的发现为抗病育种提供了新材料

目前,抗南方锈病品种的抗源基本可以追溯到美国的杂交种 78599。为避免抗南方锈病基因利用的单一化,本研究通过多年的鉴定获得了一批抗病种质,但其中多数抗南方锈病种质仍属热带种质(5 个 Suwan 自交系<sup>[15]</sup>和 4 个津巴布韦材料),在夏玉米区无法直接用于抗病育种。因此,需要将这些种

质中的抗南方锈病基因导入温带优质种质中才可对抗锈性加以利用,如将 CIMMYT 种质 CML311 导入掖 478 中,经 3 代混粉后自交选择,获得的新材料既能保持掖 478 优良性状,又提高了对南方锈病的抗性水平<sup>[16]</sup>。在鉴定获得的高抗南方锈病种质中,有 5 份自交系与美国杂交种 78599 有关(来自 5 个先锋材料选系),其中 X178 已得到利用,选育出农大 108 等品种,但其他 4 份利用较少。幸运的是,在高抗南方锈病的种质中,还有一些温带自交系和地方品种在所携带的抗南方锈病基因方面可能与 78599 不同,需要进一步确定这些种质在 6 个玉米杂种优势利用亚群中的地位,然后可以选择适宜的杂交组合方式将抗南方锈病温带种质在夏玉米区的育种中加以利用。

### 参考文献

- [1] 国家统计局. 2012 全国粮食生产再获丰收[EB/OL]. (2012-11-30)[2012-12-30]. [http://www.stats.gov.cn/was40/gjttj\\_detail.jsp?searchword=%D3%F1%C3%D7&channelid=6697&record=4](http://www.stats.gov.cn/was40/gjttj_detail.jsp?searchword=%D3%F1%C3%D7&channelid=6697&record=4)
- [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未来病害发展的影响[J]. 植物病理学报,2006,36(1):1-11
- [3] 石洁,王振营,何康来. 黄淮海夏玉米病虫害发生趋势与原因分析[J]. 植物保护,2005,31(1):63-65
- [4] 段灿星,朱振东,武小菲,等. 玉米种质资源对六种重要病害的抗性鉴定与评价[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(2):169-174
- [5] McGee D C. Maize Disease[M]. St. Paul, MN: APS Press, 1988: 86-87; 105-106
- [6] Melching J S. Corn rust: type, races and destructive potential[C]. Chicago: Proceedings of the 30th Annual Corn and Sorghum Research Conference, 1975: 90-115
- [7] Rodrigues-Ardon R, Scott G E, Hennen J F. Maize yield losses caused by southern corn rust[J]. Crop Sci, 1980, 20: 812-814
- [8] 刘骏,马青,于凯,等. 我国玉米南方锈病发生区域和玉米品种田间抗性的研究[J]. 作物杂志, 2009(3): 71-75
- [9] 叶金才. 育成我国首例对玉米南方锈病免疫系齐 319[J]. 中国农业科学, 2000, 33(4): 110
- [10] 陈翠霞,邢全华,梁春阳,等. 南方玉米锈病抗病基因的定位及不同遗传背景对基因标记的比较分析[J]. 遗传学报, 2003, 30(4): 341-344
- [11] 刘章雄,王守才,戴景瑞,等. 玉米 P25 自交系抗锈病基因的遗传分析及 SSR 分子标记定位[J]. 遗传学报, 2003, 30(8): 706-710
- [12] Zhang Y, Xu L, Zhang D F, et al. Mapping of southern corn rust-resistant genes in the W2D inbred line of maize (*Zea mays* L.) [J]. Mol Breeding, 2010, 25(3): 433-439
- [13] Brewbaker J L, Kim S K, So Y S, et al. General resistance in maize to southern rust (*Puccinia polysora* Underw.) [J]. Crop Sci, 2011, 51(4): 1393-1409
- [14] 袁虹霞,邢小萍,李潮海,等. 不同玉米品种对南方锈病的抗性比较[J]. 玉米科学, 2010, 18(2): 107-109
- [15] 吴永升,黄爱花,韦新兴,等. 苏湾玉米自交系遗传关系分析[J]. 西南农业学报, 2012(3): 761-765
- [16] 任转滩. 玉米抗锈病种质资源的筛选及应用研究[J]. 玉米科学, 2006, 14(4): 155-157