

黄淮海北部地区大豆育成品种(系)对黄淮海 主要 SMV 流行株系的抗性评价

侯文焕^{1,2}, 林静^{1,2}, 闫龙², 杨春燕², 陈强², 杨永庆², 王辰², 谢令琴¹, 张孟臣²

(¹河北农业大学农学院, 保定 071000; ²河北省农林科学院粮油作物研究所/国家大豆改良中心石家庄分中心/
农业部黄淮海大豆生物学与遗传育种重点实验室/河北省作物遗传育种实验室, 石家庄 050035)

摘要: 采用人工接种方法研究了 166 份黄淮海北部地区近年来生产上种植品种及近期育成品种(系)对 SMV 的抗性, 利用黄淮海地区 SMV 流行株系 SC3、SC6、SC7、SC11 以及混合 4 个株系进行了抗性鉴定, 从客观上评价了上述品种(系)的抗性。结果显示: 对 4 个株系均表现抗病(中抗、高抗和免疫)的共 82 份, 占 49.4%; 其中对 3 个株系表现高抗或免疫的 32 份, 占 19.3%; 对 4 个株系表现高抗或免疫的 23 份, 占 13.9%。对混合株系表现抗病的 108 份, 占 65.1%。其中表现免疫的 45 份, 占 27.1%, 表现高抗的 29 份, 占 17.5%。对 4 个株系和混合株系均表现抗病的 62 份, 占 37.3%; 表现免疫和高抗的 14 份, 占 8.4%。近年育成品种对 SC3、SC7 株系较早期育成品种的抗性显著增强; 来自河北、北京、山西的品种抗性较好, 病情指数整体较低。鉴定筛选出对接种的 4 个株系及混合株系均表现免疫的品种冀豆 9 号和石豆 6 号, 可作为抗病育种的重要抗源。本研究还发现部分品种对接种的 4 个株系和混合株系表现出抗性差异, 表明 SMV 株系间存在着明显的互作。

关键词: 大豆; 大豆花叶病毒(SMV); 流行株系; 黄淮海北部

Evaluating Soybean Cultivars (Accessions) from Northern Huang-Huai-Hai Resistance to Major SMV Strains of Huang-Huai-Hai

HOU Wen-huan^{1,2}, LIN Jing^{1,2}, YAN Long², YANG Chun-yan², CHEN Qiang²,
YANG Yong-qing², WANG Chen², XIE Ling-qin¹, ZHANG Meng-chen²

(¹ College of Agricultural, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000; ² Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Shijiazhuang Branch Center of National Center for Soybean Improvement/Northern China Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Soybean/Hebei Genetic Breeding Laboratory, Shijiazhuang 050035)

Abstract: The resistances to soybean mosaic virus (SMV) of 166 soybean cultivars (accession), which were widely cultivated and recently bred, were evaluated by mechanical inoculation method. Four prevalence SMV strains and mixed strain were used to evaluate the soybean cultivars (accession) SMV resistances. Our results showed that 82 cultivars (49.4%) were resistant (MR, HR, and SY) to the four strains. In these 82 soybean cultivars (accession), 32 (19.3%) showed HR or SY to three strains and 23 (13.9%) showed SY to all four strains. After inoculated with mixed stain, 108 (65.1%) cultivars (accession) showed MR, HR, and SY. In these 108 soybean cultivars, 45 (27.1%) and 29 (17.5%) showed SY and HR, respectively. In the 166 soybean cultivars (accession), 62 (37.3%) cultivars (accession) showed resistant (MR, HR and SY) to the four strains and the mixed strain and 14 (8.4%) cultivars (accession) showed HR and SY. Our results also revealed that the soybean resistance to SC3

收稿日期: 2013-12-04 修回日期: 2014-01-03 网络出版日期: 2014-06-09

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140609.1427.021.html>

基金项目: 国家“863”计划(2012AA101106); 国家科技支撑计划(2011BAD35B06); 国家现代农业产业技术体系(CARS-004-PS06)

第一作者主要从事大豆抗病遗传育种研究。E-mail: houwenhuan1112@126.com; 林静为共同第一作者

通信作者: 谢令琴, 主要从事遗传育种研究。

张孟臣, 主要从事遗传育种研究。E-mail: zhangmengchen@hotmail.com

and SC7 was significantly enhanced in recent years. Cultivars (accession) from Hebei, Beijing, and Shanxi were more resistant to the strains with the lower disease index. Jidou 9 and Shidou 6 were immune to all strains and could be used as resistance resources in breeding programs. Our results also suggested that interactions between strains were occurred when soybean infected with different SMV strains.

Key words: soybean; soybean mosaic virus (SMV); prevalent strains; Northern Huang-Huai-Hai

大豆花叶病毒(SMV, soybean mosaic virus)病是一种世界性的大豆病害,地域分布广泛,在我国大豆产区均有出现,严重影响了大豆的品质和产量,大豆品种审定时都将抗 SMV 作为审定指标之一。目前,还没有有效的化学防治手段,筛选和培育优良的抗病品种是防治该病最为经济、有效的方法。国内外学者就此开展了抗性资源的筛选,美国学者在进行世界范围内大豆种质资源搜集的同时,陆续筛选了 Buffalo、Raidon、PI96983、PI360844、PI486355 和 Columbio 等一批对不同 SMV 株系具有很好抗性的大豆种质资源;鉴定韩国的 46 份大豆品种(品系)的抗性时发现 5 个品系(Suweon86、Suweon94、Suweon95、Suweon97、Suweon106)对美国的 7 个 SMV 株系表现抗侵染^[1]。在中国,早期不同的研究者利用各自划分的株系筛选鉴定了一些抗性材料^[2-6],南京农业大学在以往研究的基础上,将中国的 SMV 株系划分为统一的 21 个株系,并鉴定出一批重要的抗源材料^[7-8]。这些材料可直接用于生产,也可作为抗性育种的优异亲本材料。

黄淮海地区是我国夏播大豆产区,同时也是 SMV 发生比较严重的地区,前人研究结果表明该区域培育的大豆材料抗性相对较好^[8]。南京农业大学等通过对 SMV 株系的鉴定研究明确了黄淮海地区流行的 SMV 株系主要是 SC3 和 SC7^[9-10]。由于 SMV 是 RNA 病毒,具有高变异的特性,因此 SMV 株系的组成与分布是动态变化的。大豆花叶病毒在与大豆共同进化的过程中发生致病性的分化,出现可以侵染不同品种以及致病性强弱不同的株系。近年来研究结果显示 SC6 和 SC11 株系也是该地区的重要组成部分^[11]。

在明确本地区 SMV 流行株系的基础上^[11],针对流行株系筛选抗源为抗病育种工作提供基础材料,这对推动黄淮海地区的大豆抗性育种具有重大的现实意义。同时选用育成品种(系)作为抗性育种的亲本比以往的利用抗性资源更有利于加快育种进程。此外,实际生产当中田间大豆植株往往受多个病毒株系的共同侵染,因此利用多个流行株系的

混合物对大豆材料进行抗性鉴定可以更真实反映大豆材料在田间的表现。本研究选用上述 4 个大豆花叶病毒株系及 4 个株系的混合物对 166 份近年来黄淮海北部地区育成品种(系)与广泛种植的大豆品种进行抗性鉴定,旨在评价黄淮海北部地区抗病育种现状,并进一步为大豆抗 SMV 育种提供基础材料。

1 材料与方法

1.1 材料

待鉴定大豆品种(系)为 2004 - 2012 年在黄淮海北部地区广泛种植的大豆品种与近年育成品种(系)共 166 份,均由河北省农林科学院粮油作物研究所提供。SMV 病毒株系 SC3、SC6、SC7 和 SC11 为 2012 年从黄淮海北部地区分离出的流行株系^[11]。

1.2 方法

1.2.1 病毒扩繁、接种方法 供试株系在河北省农林科学院粮油作物研究所国家大豆改良中心石家庄分中心防虫网室中接种感病品种南农 1138-2(由南京农业大学提供)进行活体保存和繁殖。166 份待鉴定材料在第 1 对真叶完全展开时,在接种病毒的南农 1138-2 上采集具有典型花叶症状的叶片,用少量 0.01 mol/L 的磷酸缓冲液(磷酸二氢钾与磷酸氢二钠的混合液, pH 7.4)研磨至匀浆状,用毛刷涂在第 1 对展开的真叶上,接种后用自来水冲洗。当第 1 对复叶展开时,在复叶上重复接种 1 次。接种后 7 天开始观察并记录发病情况,连续观察至少 1 个月。定期喷药,以防蚜虫传毒造成交叉感染。

1.2.2 抗性鉴定与分类 各材料的病情调查主要包括发病率、症状类型、病级,在此基础上计算病情指数。单株病级标准参照 H. J. Zhi 等^[12]的方法。品种抗性分类标准:病情指数 0 为无症状(SY); 1 ~ 15 为高抗(HR); 16 ~ 30 为中抗(MR); 31 ~ 50 为中感(MS); 51 ~ 65 为感病(S); > 65 为高感(HS)。对表现为免疫和高抗的材料进行重复鉴定,以保证试验结果的准确性。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级株数} \times \text{相应级数})}{\text{调查总株数} \times 4} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 大豆材料对 SMV 的抗性鉴定

2.1.1 大豆材料接种 SMV 株系的症状表现 大豆材料在接种病毒后,多数材料在接种 7 天后开始出现症状,28 天左右症状较为稳定。接种鉴定结果显示,大豆在受 SMV 侵染后主要以花叶为主,也会引起一些特定品种出现顶端坏死或叶肉坏死现象。此外,某些材料在受 SMV 侵染后期也会出现严重的皱缩、黄化等症状。鉴定结果显示,大豆受侵染后的症状与 SMV 株系和自身基因型都有关系,株系不同或材料不同引起的症状表现也存在着差异。不同材料间的抗性存在明显的差异,同一材料对不同株系的抗性也有所不同。而同一株系在不同材料间引起的症状也有很大差别。

2.1.2 166 份材料对 4 个株系的抗性情况 在 166 份材料中,对 4 个株系均表现抗性(中抗以上)的 82 份,占 49.4%;其中对 3 个株系表现高抗或免疫的 32 份,占 19.3%;对 4 个株系均高抗或免疫的 23 份,占 13.9%;07B12、冀豆 4 号、冀豆 9 号和石豆 6 号对 4 个株系均表现免疫,表现出较好的广谱抗性。中作 984、07B4、邯豆 10 号等 14 份材料对 3 个株系均表现免疫而对另一个株系则表现为高抗或者中抗;有 12 份材料对 2 个株系表现免疫。这些材料可以直接用于生产或作为抗源材料用于育种当中。Y221、邯豆 8 号、冀黄 15 号、中品 95-5383、中黄 22、中豆 28 对 4 个株系均表现高抗,病情指数均在 15.0 以下,呈现很好的数量抗性。由于这类材料对不同株系的表现相对一致,病情指数较低对产量几乎没有影响,因此这些材料也可以直接用于生产当中,在应对病毒频发的年份或由于病毒变异而出现的新株系方面有很大作用(表 1)。

2.1.3 166 份材料对混合株系的抗性情况 4 个株系混合后对 166 份材料接种鉴定结果显示(表 1),对混合株系表现抗病(中抗、高抗和免疫)的 108 份,占 65.1%。其中表现免疫的有 45 份,占 27.1%;表现高抗的有 29 份,占 17.5%;表现中抗的有 34 份,占 20.5%;表现感病(中感、感病和高感)的有 58 份,占 34.9%。53 份材料在接种单个株系侵染后的病情指数均低于接种混合株系后的病情指数,例如中作 122 在分别接种 4 个病毒株系后表现为免疫、高抗、中抗、高抗,但在接种混合株系后表

现为感病,病情指数明显增大。另外,07B12 和冀豆 4 号对 4 个株系均表现免疫,但对混合株系表现为感病和中抗,结果表明株系间存在着协同侵染作用,混合后可增强其致病性。此外,还有一些材料对 4 个株系中其中一个或数个(<4)表现感病或高感,在接种混合株系后表现为免疫,例如 08B1 在接种 SC3 后表现为感病,但在接种混合株系后表现为免疫。这可能是因为株系间还存在着弱毒株系对强毒株系的保护作用^[13]。

2.2 大豆材料的抗性分布

2.2.1 166 份材料在不同株系间的抗性分布 166 份材料接种 4 个病毒株系和混合株系后的平均病情指数由低至高依次为 SC7、SC11、SC6、SC3 株系,在接种混合株系后的病情指数最高。参试材料对不同株系的抗性分布(图 2)显示,由于不同的病毒株系致病性不同,所以同一批试验材料也会表现出抗性的差异。对 SC3、SC6、SC7、SC11 和混合株系均表现抗病(中抗、高抗和免疫)的 62 份,占 37.3%;表现免疫和高抗的材料 14 份,占 8.4%,其中全部免疫材料 2 份,占 1.2%。均表现感病(中感、感病和高感)的材料 8 份,占 4.8%;其中没有全部感病和高感的材料(图 1)。对 SC3、SC6、SC7、SC11 表现免疫的材料分别有 42 份、23 份、44 份、28 份,占总鉴定材料数的 25.3%、13.9%、26.5%、16.9%;高抗材料分别有 25 份、55 份、50 份、47 份,占总鉴定材料数的 15.1%、33.1%、30.1%、28.3%;中抗材料分别有 45 份、52 份、35 份、55 份,占总鉴定材料数的 27.1%、31.3%、21.1%、33.1%;感病材料(中感、感病和高感)分别有 54 份、36 份、37 份、36 份,占鉴定材料数的 32.5%、21.7%、22.3%、21.7%。材料抗性从高抗到高感呈现递减的趋势,这与陈珊宇等^[14]对南方核心种质鉴定呈现正态分布的结果有差异,但与近年来国家新育成品种的抗 SMV 鉴定趋势相似^[15-18]。

鉴定结果还显示,166 份材料在接种 4 个株系及混合株系后,SC3、SC6、SC7、SC11 及混合株系的平均病情指数分别为 24.5、21.6、19.9、20.0 和 27.2,混合株系侵染后的病情指数整体要高于单个株系的病情指数。在单个品种中,有些品种表现出混合侵染要轻于单个株系,例如在邯豆 5 号接种混合株系后病情指数仅为 8.3,而接种 SC3 和 SC6 的病情指数均为 25.0。这可能是因为某些株系间,弱毒株系相对强毒株系存在着交叉保护的作用^[13]。

表 1 部分抗性较好材料的鉴定结果

Table 1 Resistance evaluation of some soybeans to SMV

| 材料 Materials | 来源 Source | 年份 Year | SC3 | | | SC6 | | | SC7 | | | SC11 | | | 混合 Mix | | |
|-----------------|--------------|------------|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|------|-------|----|--------|-------|----|
| | | | IT | DI | RR | IT | DI | RR | IT | DI | RR | IT | DI | RR | IT | DI | RR |
| 冀豆 9 号 | 河北 | 1995 | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 石豆 6 号 | 河北 | 2011 | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 冀豆 4 号 | 河北 | 1983 | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | M | 16.67 | MR |
| 07B12 | 河北 | 2007 | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | M | 62.50 | S |
| 中黄 37 | 北京 | 2006 | - | 0 | SY | M | 7.14 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 石豆 411 | 河北 | 2007 | - | 0 | SY | M | 10.71 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 化诱 446 | 河北 | 2000 | - | 0 | SY | M | 12.50 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 科新 4 号 | 北京 | 2004 | - | 0 | SY | M | 14.29 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 易豆 02-04 | 河北 | 2002 | - | 0 | SY | M | 16.67 | MR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 科新 3 号 | 北京 | 2001 | M | 18.75 | MR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 07B4 | 河北 | 2007 | - | 0 | SY | M | 19.44 | MR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 冀豆 16 号 | 河北 | 2005 | - | 0 | SY | M | 15.00 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | M | 14.29 | HR |
| 06B15 | 河北 | 2006 | M | 7.14 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | - | 0 | SY | M | 30.00 | MR |
| 冀豆 6 号 | 河北 | 1985 | - | 0 | SY | - | 0 | SY | M | 15.00 | HR | - | 0 | SY | M | 25.00 | MR |
| 邯豆 10 号 | 河北 | 2011 | - | 0 | SY | M | 16.67 | MR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | M | 25.00 | MR |
| 中作 984 | 北京 | 2006 | - | 0 | SY | - | 0 | SY | M | 6.25 | HR | - | 0 | SY | M | 42.86 | MS |
| 五星 4 号 | 河北 | 2009 | - | 0 | SY | M | 12.50 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY | N | 56.00 | S |
| 石豆 413 | 河北 | 2009 | - | 0 | SY | M | 16.67 | MR | M | 7.14 | HR | - | 0 | SY | - | 0 | SY |
| 邯豆 8 号 | 河北 | 2010 | M | 6.25 | HR | M | 14.29 | HR | M | 9.38 | HR | M | 9.97 | HR | M | 15.00 | HR |
| 中豆 28 | 北京 | 1999 | M | 8.33 | HR | M | 7.50 | HR | M | 11.11 | HR | M | 8.98 | HR | M | 15.00 | HR |
| Y221 | 河北 | 2003 | M | 15.00 | HR | M | 3.13 | HR | M | 12.50 | HR | M | 10.21 | HR | - | 0 | SY |
| 中品 95-5383 | 北京 | 2009 | M | 10.00 | HR | M | 8.33 | HR | M | 8.33 | HR | M | 8.89 | HR | M | 18.75 | MR |
| 中黄 22 | 北京 | 2003 | M | 12.50 | HR | M | 9.38 | HR | M | 9.38 | HR | M | 10.42 | HR | M | 30.00 | MR |
| 冀黄 15 号 | 河北 | 2003 | M | 10.71 | HR | M | 12.50 | HR | M | 6.25 | HR | M | 9.82 | HR | M | 37.50 | MS |
| 沧豆 4 号 | 河北 | 2000 | M | 12.50 | HR | M | 25.00 | MR | M | 6.25 | HR | M | 14.58 | HR | - | 0 | SY |
| 化诱 542 | 河北 | 1999 | M | 25.00 | MR | M | 8.33 | HR | M | 8.33 | HR | M | 13.89 | HR | M | 10.00 | HR |
| 中作 G3003 | 北京 | 2004 | M | 25.00 | MR | M | 15.00 | HR | M | 5.00 | HR | M | 15.00 | HR | M | 33.33 | MS |
| 中作 H5024 | 北京 | 2004 | M | 20.00 | MR | M | 6.25 | HR | M | 3.13 | HR | M | 9.79 | HR | M | 30.00 | MR |
| 开育 10 | 辽宁 | 1989 | M | 25.00 | MR | M | 6.25 | HR | M | 6.25 | HR | M | 12.50 | HR | M | 18.75 | MR |
| 邯 1-62 | 河北 | 2004 | - | 0 | SY | M | 12.50 | HR | M | 14.29 | HR | M | 8.93 | HR | - | 0 | SY |
| 沧 9806 | 河北 | 2011 | M | 12.50 | HR | M | 4.55 | HR | M | 4.55 | HR | - | 0 | SY | M | 50.00 | MS |
| 冀豆 3 号 | 河北 | 1983 | M | 12.50 | HR | - | 0 | SY | M | 25.00 | MR | M | 12.50 | HR | M | 7.14 | HR |
| 冀豆 7 号 | 河北 | 1992 | M | 15.00 | HR | - | 0 | SY | M | 25.00 | MR | M | 13.33 | HR | M | 15.00 | HR |
| 沧豆 6 号 | 河北 | 2008 | M | 12.50 | HR | - | 0 | SY | M | 30.00 | MR | M | 14.17 | HR | M | 10.00 | HR |

IT: 症状类型; DI: 病情指数; RR: 抗性结论; “-”: 无症状; M: 花叶; N: 坏死; SY: 免疫; HR: 高抗; MR: 中抗; MS: 中感; S: 感病; HS: 高感, 下同
 IT: Infection type, DI: Disease index, RR: Resistance result, “-”: Symptomatic, M: Mosaic, N: Necrosis, SY: Symptomless, HR: High resistance, MR: Moderate resistance, MS: Moderate susceptibility, S: Susceptibility, HS: High susceptibility, The same as below

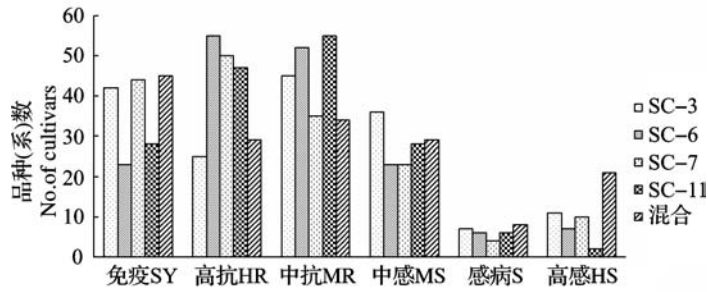


图2 大豆接种 SMV 后的抗性类型分布

Fig. 2 Resistance distribution of 166 accessions to SMV

2.2.2 不同省份大豆材料的抗性分布 依照试验材料的来源不同进行抗性分析(表2),结果表明来源于河北、北京、山西育成品种平均病情指数较低,分别为17.68、23.71、26.89,其中河北品种对SC6、SC7、SC11和混合株系的病情指数均最低,分别为18.34、12.95、16.45和19.09;北京的品种对SC3的病情指数最低为20.80;来源于山西的品种整体病情指数也较低。这可能与黄淮海北部地区近年来SMV频发有关,在自然选择和人工选择的压力下,选择培育出抗性较好的材料。而来源于其他地区的品种对4个株系及混合株系病情指数均较高。

表2 不同来源的大豆材料接种 SMV 后的病情指数

Table 2 Disease index of the cultivars from different origins

| 来源 Origin | 品种数 No. of cultivars | SC3 | SC6 | SC7 | SC11 | 混合 Mix | 平均 Average |
|--------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------------|
| 北京 | 39 | 20.80 | 24.97 | 26.21 | 18.96 | 27.60 | 23.71 |
| 河北 | 90 | 21.59 | 18.34 | 12.95 | 16.45 | 19.09 | 17.68 |
| 山西 | 7 | 24.17 | 23.07 | 31.47 | 25.39 | 30.36 | 26.89 |
| 其他 | 30 | 38.32 | 26.88 | 29.58 | 30.52 | 50.38 | 35.14 |
| 平均 | | 24.54 | 21.64 | 19.85 | 19.96 | 27.22 | 22.64 |

2.2.3 不同年代育成品种的抗性变化 将166份材料按育成年份进行分类,对4个株系的抗性鉴定结果显示(表3),随着育成年代推移,对SC3、SC7株系抗性呈现增强趋势,这可能与2个株系早期被确定为流行株系而引起育种者重视有关。近期育成品种对SC3株系的抗性显著优于20世纪和本世纪初育成的品种,本世纪育成品种对SC7株系的抗性显著高于20世纪育成的品种;对SC6株系的抗性表现则相反,对SC11株系的抗性没有明显变化趋势。

表3 不同年份大豆品种接种 SMV 后的病情指数

Table 3 Disease index of the cultivars from different years

| 年份 Year | 品种数 No. of cultivars | SC3 | SC6 | SC7 | SC11 | 平均 Average |
|------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 1974-2000 | 41 | 25.59 | 19.64 | 22.20 | 21.80 | 22.31 |
| 2001-2010 | 106 | 24.78 | 22.07 | 19.20 | 19.23 | 21.32 |
| 2011-2012 | 19 | 20.88 | 23.62 | 18.43 | 20.04 | 20.74 |
| 平均 Average | | 24.54 | 21.64 | 19.85 | 19.96 | 21.50 |

因此,本地区育种家在加强SC3、SC7株系抗性育种的同时,也应注重对抗SC6和SC11株系的抗病品种的选育。

3 讨论

黄淮海大豆产区是一个SMV高发区域^[8],其病毒株系及种类组成相对复杂,在本研究中当4个株系混合侵染时症状较单个株系在多数品种上具有一致性,但在某些品种上也显示出较大的差异。K. M. Smith^[19]、R. M. Goodman等^[20]、V. B. Vance^[21]曾报道不同病毒间的协同侵染,如SMV与BPMV复合侵染大豆植株后,会产生远远高于单个病毒产生的效应,这可能由于SMV基因组中含有编码沉默抑制子的HC-Pro蛋白,因此在符合侵染过程中能够协助BPMV侵染,但这种协同侵染多指病毒间的,而病毒株系内部之间是否存在这种协同侵染效应未见相关的报道。本研究中SMV株系混合侵染某些品种后表现出较强的侵染性,这种增强的侵染性是否跟协同侵染相关则需要进一步研究。另外L. O. Kunkel^[22]曾报道一种交叉保护互作效应,即一种病毒或株系侵染植株后会干扰后一种相近病毒或株系侵染的现象,J. L. Sherwood等^[23]研究认为是以外壳蛋白为基础的,很可能预先感染弱毒株系的病毒所

结合的外壳蛋白阻止了强毒株系病毒的脱衣壳,或者通过包装作用将强毒株系病毒的基因组又重新包装起来。另外的原因是,两种病毒之间存在着正义链之间的抑制作用或者是两种病毒的复制机制中存在着相互抑制作用。目前,交叉保护已成功用于防治番茄花叶病毒病(ToMV)、柑橘衰退病毒病(CTV)和番木瓜环斑病毒病(PRV)等多种植物病毒病害^[24-27]。已有学者提出将交叉保护用于大豆的生产当中,但就本研究结果显示,交叉保护作用有较强的品种选择性,因此在今后交叉保护的利用上应给予重视。

本研究通过对 166 份大豆材料接种 4 个病毒株系及其混合株系进行抗性鉴定,发现黄淮海地区育成的大豆品种对 SMV 病毒株系表现出较好的抗性,抗病材料所占比例较大,其中来源于黄淮海北部地区冀、京、晋省市的育成品种平均抗病指数最低,这与智海剑等^[15]、白丽等^[16]、王大刚等^[17]的研究结果一致。这可能与本地区 SMV 发生频繁及其育种者注重抗病育种有关。本研究明确了高抗的品种材料,可以应用于抗病育种中。

参考文献

- [1] Cho E K, Goodman R M. Evaluation of resistance in soybean to soybean mosaic virus strains [J]. *Crop Sci*, 1982, 22 (6): 1133-1136
- [2] 濮祖芹,曹琦,薛宝娣,等.大豆品种(品系)对大豆花叶病毒六个株系的抗性反应[J].*南京农学院学报*,1983(3):41-45
- [3] 盖钧镒,胡蕴珠,崔章林,等.大豆资源对 SMV 株系抗性的鉴定[J].*大豆科学*,1989,84(4):323-330
- [4] 马继凤,赵政文,李小红,等.春大豆抗大豆花叶病毒病鉴定初报[J].*湖南农学院学报*,1992(4):145-148
- [5] 杨崇良,尚佑芬,李长松,等.我国北方地区大豆品种资源对大豆花叶病毒抗性鉴定[J].*山东农业科学*,1995(5):21-25
- [6] 刘玉芝,廖林,孙大敏,等.对大豆花叶病毒(SMV)病抗源的筛选[J].*吉林农业科学*,1997(1):30-34
- [7] 李凯.中国南方大豆花叶病毒株系的鉴定、抗性遗传和抗性基因的定位[D].南京:南京农业大学,2009
- [8] 李凯,刘志涛,李海潮,等.国家大豆区域试验品种对 SMV 和 SCN 的抗性分析[J].*大豆科学*,2013,32(5):670-675
- [9] 郭东全,智海剑,王延伟,等.黄淮中北部大豆花叶病毒株系

- 的鉴定与分布[J].*中国油料作物学报*,2005,27(4):64-68
- [10] 王修强,盖钧镒,濮祖芹.黄淮和长江中下游地区大豆花叶病毒株系鉴定与分布[J].*大豆科学*,2003,22(2):102-107
- [11] 杨永庆,侯文焕,闫龙,等.河北地区大豆花叶病毒株系的组成与分布[J].*大豆科学*,2014,33(1):87-90
- [12] Zhi H J, Gai J Y. Performances and germplasm evaluation of quantitative resistance to soybean mosaic virus in soybeans [J]. *Sci Agric Sin*, 2004, 3 (4): 247-25
- [13] 刘宁,马莹,王大刚,等.大豆花叶病毒株系间的交叉保护作用研究[J].*中国油料作物学报*,2009,31(2):213-218
- [14] 陈珊宇,郑桂杰,杨中路,等.我国大豆核心种质南方材料对 SMV 流行株系的抗性评价[J].*中国油料作物学报*,2009,31(4):513-516
- [15] 智海剑,盖钧镒,陈应志,等.2002-2004 年国家大豆区试品种对大豆花叶病毒抗性的评价[J].*大豆科学*,2005,24(3):189-193
- [16] 白丽,李凯,智海剑,等.部分国家和省(市)区试品种对大豆花叶病毒的抗性分析[J].*中国油料作物学报*,2007,29(1):86-69
- [17] 王大刚,卢为国,马莹,等.新育成大豆品种对 SMV 和 SCN 的抗性评价[J].*大豆科学*,2009,28(6):949-953
- [18] 杨华,李凯,杨清华,等.国内部分新品种对大豆花叶病毒抗性的鉴定[J].*华北农学报*,2008,23(S):252-255
- [19] Smith K M. On the composite nature of certain potato virus diseases of the mosaic group as revealed by the use of plant indicators and selective methods of transmission [J]. *Proc R Soc London, Ser B*, 1931, 109: 251-266
- [20] Goodman R M, Ross A F. Enhancement by potato virus Y of potato virus X synthesis in doubly infected tobacco depends on the timing of invasion by the viruses [J]. *Virology*, 1974, 58: 263-271
- [21] Vance V B. Replication of potato virus X RNA is altered in co-infections with potato virus Y [J]. *Virology*, 1991, 182: 486-494
- [22] Kunkel L O. Studies on acquired immunity with tobacco and aucuba mosaics [J]. *Phytopathology*, 1934, 24: 437
- [23] Sherwood J L, Fulton R W. The specific involvement of coat protein in tobacco mosaic virus cross protection [J]. *Virology*, 1982, 119: 150-158
- [24] Rast A T B. M II -16, an artificial symptom less mutant of tobacco mosaic virus for seedling inoculation of tomato crops [J]. *Neth J Plant Path*, 1972, 78(3): 110-112
- [25] 崔伯法,崔圣为,王洪祥,等.本地早柑橘衰退病毒病的交叉保护作用研究[J].*浙江大学学报:农业与生命科学版*,2005,31(4):433-438
- [26] Yeh S D, Consives D. Evaluation of induced mutants of papaya ring spot virus for control by cross protection [J]. *Phytopathology*, 1984, 74: 1086-1091
- [27] Hang H L, Yeh S D, Chiu R J, et al. Effectiveness of cross-protection by mild ring spot virus in Taiwan [J]. *Plant Dis*, 1987, 71: 491-497