

不同来源大豆材料对 SMV 株系 SC3 和 SC7 的抗性分析

侯文焕¹, 杨永庆¹, 林 静¹, 张孟臣¹, 智海剑², 杨春燕¹

(1. 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, 河北 石家庄 050035; 2. 南京农业大学 作物遗传与种质创新国家重点实验室/农业部大豆生物学与遗传育种重点实验室/国家大豆改良中心, 江苏 南京 210095)

摘要:对 39 份野生大豆材料、150 份从不同国家和地区引种的栽培大豆材料和 49 份国内参加联合鉴定试验的优异种质材料接种黄淮海主要 SMV 流行株系 SC3 和 SC7 进行抗性评价。结果表明:49 份优异种质对 SC3 和 SC7 整体抗性表现优于引种材料, 优于野生大豆材料, 中抗及以上品种居多, 对 SC3 和 SC7 株系表现无症状的材料分别为 7 和 12 份, 分别占 14.3% 和 24.5%, 筛选出晋豆 28、晋遗 30、文丰 1 号和早熟 17 对两个株系均表现无症状; 同时筛选出对两个株系均表现高抗的材料 4 份。在野生大豆材料中仅筛选出 1 份对 SC7 株系表现高抗的材料 ZYD02740; 从引种大豆材料中分别筛选出对 SC3 和 SC7 株系表现无症状的材料 8 和 18 份, 其中 PI555396、PI591506、PI633970 和 R07-2001 对 SC3 和 SC7 均表现无症状, 同时还筛选出 7 份表现较好的抗扩展的材料。

关键词:大豆花叶病毒; 野生大豆; 引种大豆; 流行株系

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2015.05.0861

Resistance of Different Origin Soybeans to SMV Strains SC3 and SC7

HOU Wen-huan¹, YANG Yong-qing¹, LIN Jing¹, ZHANG Meng-chen¹, ZHI Hai-jian², YANG Chun-yan¹

(1. Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences/National Soybean Improvement Center Shijiazhuang Sub-Center/Huang-Huai-Hai Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Soybean, Ministry of Agriculture/Hebei Laboratory of Crop Genetics and Breeding, Shijiazhuang 050035, China; 2. National Key Laboratory for Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Soybean, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

Abstract: In this study, 39 wild soybeans, 150 introduction soybeans and 49 national excellent soybean accessions, which were selected from joint identification, were used for evaluating resistance to Huang-Huai-Hai prevalent soybean mosaic virus (SMV) strains SC3 and SC7. The result showed that the 49 national excellent soybean accessions were more excellent than the 39 wild soybeans and 150 introduction soybeans in SMV resistance, more than half of these cultivars showed MR, HR or SY to SC3 and SC7 strains. In the 49 accessions, seven (14.3%) and twelve (24.5%) cultivars showed SY to SC3 and SC7, respectively. Jindou 28, Jinyi 30, Wenfeng No. 1 and Zaoshu 17 showed SY to both strains. Four cultivars showed HR to both strains. Only one (ZYD02740) cultivars showed HR to SC7 in 39 wild soybeans. Eight and eighteen cultivars among the introductions showed SY to SC3 and SC7, respectively, PI555396, PI591506, PI633970 and R07-2001, showed SY to both SMV strains, in addition 7 cultivars from the 150 introduction soybeans were resistant in development to both strains.

Keywords: Soybean mosaic virus (SMV); Wild soybean; Introduction soybean; Prevalent strains

大豆花叶病毒(soybean mosaic virus, SMV) 病是一种大豆的主要流行病害, 在全世界范围内广泛存在, 可造成大豆产量减少、质量下降, 国内外均有因感染大豆花叶病毒造成产量降低的报道^[1-2]。在 SMV 流行年份会对产量造成较大的影响, 减产可达 35% ~ 50%, 甚至绝产。而到目前为止培育和推广抗性品种是最为经济有效的方法。对大豆材料进行抗性鉴定、筛选是培育抗性品种和进行抗性遗传研究的基础, 因此国内外许多学者都致力于优异抗源材料的筛选, 并筛选出一些优异的抗性材料如 PI96983、Buffalo、Suweon 97、科丰 1 号、齐黄 1

号等^[3-4]。

中国是大豆的起源地, 现保存有 6 000 多份野生大豆材料, 野生大豆材料具有多花、多荚、多分枝、高蛋白等优异性状, 由于未经人类选择驯化, 因此具有广泛的遗传多样性^[6], 对其进行 SMV 抗性筛选, 挖掘抗性基因, 对培育抗性品种具有重要的意义^[7]。国内一些学者已经筛选出如 ZYD03715、ZYD04257、ZYD03294 等优异的抗性种质^[8-10]。此外, 由于地理、气候、科学技术等原因, 各国的材料具有不同的特性, 因此引种材料往往具有一些国内材料不具备的优质、特异的遗传基因^[11], 这对丰富

收稿日期: 2015-04-08

基金项目: 国家高技术研究发展计划“863 计划”(2012AA101106); 国家“十二五”科技支撑计划(2011BAD35B06); 国家现代农业产业技术体系(CARS-004-PS06); 国家自然科学基金(30971815, 31171574, 31401409); 河北省科技支撑计划(14226309D)。

第一作者简介: 侯文焕(1987-), 女, 硕士, 主要从事大豆抗病育种研究。E-mail: houwenhuan112@126.com。

通讯作者: 杨春燕(1966-), 女, 研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: chyyang66@163.com。

智海剑(1957-), 男, 博士, 教授, 主要从事大豆抗病遗传育种研究。E-mail: zhj@njau.edu.cn。

我国大豆遗传资源多样性和改良目前我国大豆遗传基础狭窄具有重要意义^[12]。李得孝等^[2]通过对来自26个国家的254份材料分别接种6个SMV株系进行抗性鉴定,筛选出7份对6个株系均表现抗病的材料。

黄淮海地区是我国大豆的主要产区之一,同时也是SMV频发区域,研究结果表明该地区SMV主要流行株系为SC3和SC7^[13-15],因此国家把抗SC3和SC7株系作为黄淮海地区大豆品种审定时SMV鉴定的主要株系^[16]。但历年国家抗性鉴定试验结果显示来源于黄淮海地区大豆品种的整体抗性要优于其它地区^[17-19],同时育成一批优异的抗病品种如冀豆12、冀豆17、科丰1号、诱变30等一批优异品种品系,这对该地区的大豆生产起到了重要作用。

本研究从以上我国大豆育种中存在的问题和黄淮海育种需求出发,利用SC3和SC7株系对来自河北省的39份野生材料(*Glycine soja*)、150份引种材料和49份国内优异种质材料(*Glycine max* L. Merr.)进行抗性鉴定,旨在通过抗性评价筛选优异抗源材料,拓宽遗传多样性,储备丰富的抗源,为今后的SMV抗性育种提供材料,为黄淮海大豆品种的推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试的39份野生大豆材料均来自于河北省;150份引种栽培大豆材料分别来源于美国、日本、韩国、加拿大、俄罗斯、越南、印度、台湾;49份国内优异的栽培大豆材料选自参加过多年联合鉴定试验的材料,主要以黄淮海大豆产区各育种单位育成品种为主,以上材料均在河北省农林科学院粮油作物研究所保存。

接种鉴定株系为南京农业大学分离保存的黄淮海地区SMV流行株系SC3和SC7^[13]。

1.2 方法

1.2.1 接种鉴定 供试株系在防虫网室中接种感病品种南农1138-2(由南京农业大学提供)进行活体繁殖保存。上述材料分别盆栽于防虫温室中,每份材料播种1盆30粒,接种前除去病弱苗,保证每盆留苗不少于15株,待鉴定材料在第1对真叶完全展开时,对其进行摩擦接种。当第1对复叶展开时,在复叶上重复接种1次。接种后7d开始观察并记录发病情况,每3d调查记录1次,连续观察30d。防虫网室定期喷洒40%的氧化乐果1000倍液,以防蚜虫传毒造成交叉感染。

以感病品种南农1138-2作为对照,以检测接种操作方法和环境条件是否能使感病品种充分发病。

对初次鉴定表现无症状和高抗的品种进行重复鉴定以保证结果的准确性。

1.2.2 抗性鉴定与病级划分 各材料的病情调查主要包括症状类型、病级,在此基础上计算病情指数。单株病级标准参照Zhi等^[20]的方法。品种抗性分类按如下标准:无症状(SY):病情指数为0;高抗(HR):病情指数为1~15;中抗(MR):病情指数为16~30;中感(MS):病情指数为31~50;感病(S):病情指数为51~65;>65为高感(HS)。在生产应用中无症状和高抗类型的材料为适宜推广应用,本文将其归为抗病型材料;中抗和中感类型材料在SMV流行年份会有一定损失,应用需慎重考虑,本文将其归为中间型材料;感病和高感材料在SMV流行年份会有重大损失,一般不建议直接推广应用,本文将其归为感病型材料。

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

1.3 数据分析

利用Excel 2010对数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 野生大豆材料的抗性鉴定

对39份野生大豆材料的抗性鉴定结果显示(表1),绝大多数材料接种后表现为感病(中感、感病和高感)。对SC3表现中抗的材料仅1份,占接种总数的2.6%;此外,表现中感、感病和高感的材料分别为17、11、10份,分别占接种总数的43.6%、28.2%、25.6%。对SC7株系表现高抗的材料1份为ZYD02740;表现中抗的材料2份,占5.1%;表现中感、感病和高感的材料分别为14、11、11份,分别占接种总数的35.9%、28.2%、28.2%。39份材料在接种SC3和SC7后的平均病情指数分别为57.3和58.2。结果表明,本研究中的野生大豆材料整体抗性较差,未筛选到较为理想的抗性种质。

2.2 引种大豆材料的抗性鉴定

150份引种大豆材料接种SC3和SC7后结果显示(表1),感病材料居多,高抗和无症状材料较少。其中PI555396、PI591506、PI633970和R07-2001对SC3和SC7均表现出无症状;同时PI504481、PI507196、PI543855、PI591513、PI594146、PI594167和V05-2326共7份材料对SC3和SC7表现高抗,接种后病情指数均在15.0以下,呈现较好的抗扩展能力。接种SC3后表现无症状的材料为8份,占5.3%;高抗材料16份,占10.7%;中抗材料32份,占21.3%;中感、感病和高感材料分别为47、20和27份,分别占31.3%、13.3%和18.0%。接种SC7后表现无症状材料18份,占12.0%;高抗材料17

份,占 11.3%;中抗材料 9 份,占 6.0%;中感、感病和高感材料分别为 36、25 和 45 份,分别占 24.0%、16.7% 和 30.0%。150 份材料在接种 SC3 和 SC7 后的病情指数分别为 41.74 和 46.26。实验中筛选出的对 SC3 和 SC7 均表现无症状材料可直接用于生

产或作为抗病育种亲本材料,对其中一个株系表现无症状,对另外一个表现高抗的品种也可作为抗病亲本(表 2)。此外,对 SC3 和 SC7 均表现高抗,可作为数量抗性遗传育种研究的抗源材料加以利用。

表 1 大豆材料接种 SMV 株系后的抗性统计

Table 1 The statistical of resistance to soybean cultivars after inoculated with SMV stains

抗性类型 Resistance type	野生大豆 Wild soybean		引种大豆 Introduction soybean		优异种质 Excellent soybean	
	SC3	SC7	SC3	SC7	SC3	SC7
	无症状 SY	0/0	0/0	8/5.3	18/12.0	7/14.3
高抗 HR	0/0	1/2.6	16/10.7	17/11.3	18/36.7	12/24.5
中抗 MR	1/2.6	2/5.1	32/21.3	9/6.0	8/16.3	15/30.6
中感 MS	17/43.6	14/35.9	47/31.3	36/24.0	12/24.5	6/12.2
感病 S	11/28.2	11/28.2	20/13.3	25/16.7	3/6.1	0/0
高感 HS	10/25.6	11/28.2	27/18.0	45/30	1/2.0	4/8.2

斜线上方为材料数目,下方为所占比例(%)。

The value in front of slant is number of materials, the value behind it is the ratio to total(%).

SY: Symptomless; HR: High resistance; MR: Moderate resistance; MS: Moderate susceptibility; S: Susceptibility; HS: High susceptibility. The same below.

表 2 大豆品种对 SMV 的抗性反应结果

Table 2 Reaction of resistance of soybean cultivars to SMV stains

材料 Material	SC3		SC7	
	病情指数 Disease index	抗性 Resistance	病情指数 Disease index	抗性 Resistance
	PI555396	0	SY	0
PI591506	0	SY	0	SY
PI633970	0	SY	0	SY
R07-2001	0	SY	0	SY
PI594160	0	SY	4.17	HR
R10-4457	0	SY	12.50	HR
IAA3017	6.25	HR	0	SY
PI504504	4.17	HR	0	SY
PI547886	12.50	HR	0	SY
PI594252A	5.00	HR	0	SY
PI504481	14.29	HR	14.29	HR
PI507196	10.00	HR	7.14	HR
PI543855	5.00	HR	4.00	HR
PI591513	10.00	HR	6.25	HR
PI594146	8.33	HR	12.50	HR
PI594167	12.50	HR	4.17	HR
V05-2326	15.00	HR	7.14	HR
晋豆 28 Jindou 28	0	SY	0	SY
晋遗 30 Jinyi 30	0	SY	0	SY

续表 2

材料 Material	SC3		SC7	
	病情指数 Disease index	抗性 Resistance	病情指数 Disease index	抗性 Resistance
文丰 1 号 Wenfeng 1	0	SY	0	SY
早熟 17 Zaoshu 17	0	SY	0	SY
东豆 1 号 Dongdou 1	0	SY	12.50	HR
中黄 19 Zhonghuang 19	0	SY	7.10	HR
晋豆 26 Jindou 26	4.20	HR	0	SY
晋豆 29 Jindou 29	14.30	HR	0	SY
科新 5 号 Kexin 5	4.20	HR	0	SY
青皮平顶香 Qingpipingdingxiang	12.50	HR	0	SY
铁丰 28 Tiefeng 28	4.20	HR	0	SY
豫豆 19 Yudou 19	14.30	HR	0	SY
中品 662 Zhongpin 662	8.30	HR	0	SY
晋大 70 Jinda 70	8.30	HR	12.50	HR
辽首 2 号 Liaoshou 2	4.20	HR	8.30	HR
水里站 Shuilizhan	4.20	HR	12.50	HR
铁丰 31 Tiefeng 31	14.30	HR	12.50	HR

2.3 国内优异种质的抗性评价

利用 SC3 和 SC7 对 49 份优良种质抗性评价结果显示(表 1),材料整体抗性较好平均病情指数较低,仅为 22.1 和 21.1。其中,晋豆 28、晋遗 30、文丰 1 号和早熟 17 共 4 份材料对两个株系均表现无症状,占总数的 8.2%;晋大 70、辽首 2 号、水里站和铁丰 31 共 4 份材料在接种两个株系后均表现为高抗。此外,49 份材料中对 SC3 表现无症状的材料 7 份,高抗的材料 18 份,中抗的材料 8 份,中感的材料 12 份,感病的材料 3 份,高感的材料 1 份,分别占总数的 14.3%、36.7%、16.3%、24.5%、6.1%、2.0%;对 SC7 株系表现无症状的材料 12 份,高抗的材料 12 份,中抗的材料 15 份,中感的材料 6 份,高感的材料 4 份,分别占接种总数的 24.5%、24.5%、30.6%、12.2%、8.2%。研究结果表明,49 份国内优异种质整体抗性表现优异,中抗及以上的材料所占比例较

大,无症状和高抗材料应优先进行推广(表 1)。

2.4 不同来源大豆材料对 SMV 株系抗性比较

通过对野生大豆材料、引种大豆材料、国内优异种质大豆材料 3 组大豆材料对 SMV 抗性的比较研究显示,不同材料对同一株系的抗性表现有明显的差异。症状反应也有所不同,野生材料和引种材料在受到 SC3 和 SC7 株系侵染后有较多的材料出现叶肉坏死现象而国内优异种质接种后仅有个别材料出现坏死症状;接种 SC3 株系后野生、引种、优异种质 3 组材料出现坏死症状的材料所占的比例分别为 41.0%、50.0%、12.2%,接种 SC7 株系后坏死症状的材料所占比例分别为 61.5%、50.0%、10.2%。

3 组大豆材料对两个 SMV 株系的抗性分布结果显示(图 1),不同材料对同一株系和同一材料对不同株系的抗性表现也有明显差异。3 组大豆材料

在接种两个株系后国内优异种质材料中抗病型(无症状和高抗)材料所占比例高于其他两组中抗病型材料所占比例;接种两个株系后 3 组材料的中间型(中抗和中感)材料所占的比例基本接近;而野生大

豆材料中的感病型(感病和高感)材料所占比例高于其他两组材料中感病型材料所占比例。通过比较分析结果表明国内优异种质整体的抗性要优于野生大豆和引种材料。

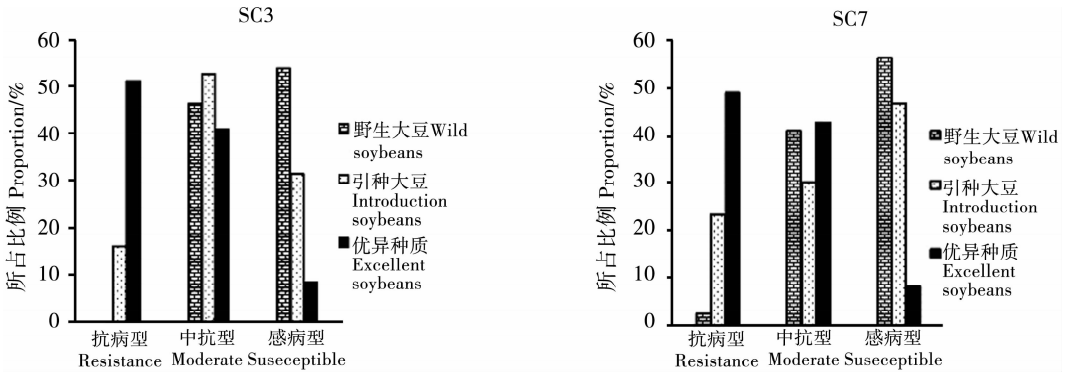


图 1 不同大豆材料接种后 SC3 和 SC7 的抗性分布比较

Fig. 1 Comparison of different origin soybean resistance after inoculation SC3 and SC7

3 结论与讨论

坏死症状的抗感归属一直是一个国内外讨论的热点话题,从植物生理角度来考虑,坏死症状是一种依赖于温度的过敏反应,是植物限制病毒扩散的一种细胞自杀机制,属于抗性反应^[21-22]。然而在生产 and 应用实际中坏死症状会导致产量下降甚至会导致绝产,因此一些育种家将坏死症状归为感病^[23-24]。本研究立足于生产实际,从育种角度来考虑,筛选出的抗性材料是为了提高产量和品质,因此在育种目标的引导下,认为在抗性资源筛选时将坏死归为感病较为合理。

尽管对国内优异种质的抗性评价结果显示,其抗病型材料所占的比例均比其它两组高,但就目前中国的大豆抗 SMV 育种来看,育种者往往在选育新的品种时,选择当地的抗性较好的材料作为骨干亲本材料,且亲本被多次利用,并筛选出一些表现较好的材料,但是同时导致了抗性育种的遗传基础变窄^[25-26]。虽然野生大豆和引种大豆抗病型材料较少,但其遗传基础相对较宽,筛选出表现优异的材料作为亲本材料,有助于拓宽抗性育种的遗传基础,对 SMV 流行株系的变化具有重要应用意义,进一步为培育抗病品种奠定了材料基础。

本研究中通过对野生大豆、引种大豆、国内优异种质大豆 3 组大豆材料进行抗性分析表明野生大豆材料及引种大豆的病情指数均高于国内优异种质,野生和引种大豆在受到病毒侵染后出现较多的坏死症状,感病型材料所占比例较大,引起这种现象的原因可能是因为国内优异种质是在国内经过多年多地的筛选并且农艺性状表现良好,因此在人工和自然选择的条件下筛选出来的材料,抗性较好,因此感病材料较少。野生大豆材料和引种材料

未经人工选择和当地流行株系的筛选,因此出现了较多的感病材料。

陈珊宇等^[9]对 93 份野生大豆接种 4 个株系进行抗性鉴定,结果表明中抗及以上品种所占比例较少,感病及以下品种所占比例较多,且未发现对 4 个株系均表现无症状的野生材料,总体抗性表现较差。本研究中对 39 份野生材料进行抗性鉴定,整体表现也较差,与前人结果一致^[27]。

李得孝等^[2]利用美国种质资源库中 254 份大豆材料对 6 份美国株系进行抗性鉴定,结果显示,254 份材料中感病材料居多,仅有 7 份材料对 6 个株系均表现无症状。本研究中的 150 份引种材料在接种 2 个中国株系进行抗性鉴定,更有利于将优异的材料应用于抗性育种中,同时鉴定结果也显示出感病材料居多的结果。

参考文献

- [1] Ma G, Chen P, Buss G R, et al. Genetics of resistance to two strains of soybean mosaic virus in differential soybean genotypes [J]. The Journal of Heredity, 2004, 95(4): 322-326.
- [2] Li D X, Chen P, Alloati J, et al. Search for new genes conferring resistance to SMV in soybean [J]. Journal of Northwest A & F University, 2009, 37(7): 51-57.
- [3] Cho E K, Goodman R M. Evaluation of resistance in soybean to soybean mosaic virus strains [J]. Crop Science, 1982, 22(6): 1133-1136.
- [4] 廖林, Rajcan I, 陈鹏印, 等. 中国大豆花叶病抗源和抗性鉴别寄主的鉴定与评价 [J]. 大豆科学, 2010, 29(6): 982-989. (Liao L, Rajcan I, Chen P Y, et al. Evaluation of resistance to soybean mosaic virus (SMV) in soybean differentials and other varieties from China [J]. Soybean Science, 2010, 29(6): 982-989.)
- [5] 智海剑, 盖钧镛. 大豆花叶病毒及抗性遗传的研究进展 [J]. 大豆科学, 2006, 25(2): 174-180. (Zhi H J, Gai J Y. Advances in the studies on soybean mosaic virus [J]. Soybean Science,

- 2006, 25(2):174-180.)
- [6] 齐宁,林红,魏淑红,等. 利用野生大豆资源创新优质抗病大豆新种质[J]. 植物遗传资源学报,2005,6(2):200-203. (Qi N, Lin H, Wei S H, et al. Using wild soybean resources to develop the new soybean germplasm of high quality and diseases resistance[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2005, 6(2):200-203.)
- [7] 孙永吉,刘玉芝,胡吉成,等. 野生大豆抗花叶病毒研究[J]. 大豆科学,1991,10(3):212-216. (Sun Y J, Liu Y Z, Hu J C, et al. A study on resistance of the wild soybeans to soybean mosaic virus (SMV)[J]. Soybean Science, 1991,10(3):212-216.)
- [8] 姚振林,林红. 野生大豆种质抗SCN和SMV鉴定研究[J]. 作物品种资源,1994,4:37-38. (Yao Z L, Lin H. Evaluation of resistance of wild soybean cultivars to soybean mosaic virus and soybean cyst nematode [J]. China Seeds, 1994, 4: 37-38.)
- [9] 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. (Chen S Y, Zheng G J, Yang Z L, et al. Evaluation of resistance to SMV of soybean core collection from Southern China[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2009, 31(4): 513-516.)
- [10] 李开盛,王洪岩,曹越平. 大豆资源对大豆花叶病毒(SMV)东北3号株系与黄淮7号株系的抗性反应[J]. 上海交通大学学报,2011,29(3):53-58. (Li K S, Wang H Y, Cao Y P. Investigation of the resistance characteristics of the soybean from various resources to the SMV-inoculated N3 and SC-7 Germplasm[J]. Journal of Shanghai JiaoTong University, 2011, 29(3):53-58.)
- [11] 曹永强,宋书宏,王文斌,等. 拓宽大豆育种遗传基础研究进展[J]. 辽宁农业科学,2005(6):34-36. (Cao Y Q, Song S H, Wang W B, et al. The research of broadening the genetic basis of soybean breeding [J]. Liaoning Agricultural Science, 2005(6): 34-36.)
- [12] 邱丽娟,常汝镇,袁翠平,等. 国外大豆种质资源的基因挖掘利用现状与展望[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(1):1-6. (Qiu L J, Chang R Z, Yuan C P, et al. Prospect and present statue of gene discovery and utilization for introduced soybean germplasm [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2006, 7(1): 1-6.)
- [13] 战勇,智海剑,喻德跃,等. 黄淮地区大豆花叶病毒株系的鉴定与分布[J]. 中国农业科学,2006,39(10):2009-2015. (Zhan Y, Zhi H J, Yu D Y, et al. Identification and distribution of SMV strains in Huang-Huai valleys [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006,39(10):2009-2015.)
- [14] 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. (Wang X Q, Gai J Y, Pu Z Q. Classification and distribution of strain groups of soybean mosaic virus middle and lower Huang-Huai and Changjiang valleys [J]. Soybean Science, 2003, 22(2): 102-107.)
- [15] 杨永庆,侯文焕,边全桀,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. (Yang Y Q, Hou W H, Bian Q L, et al. Composition and distribution of SMV strains in Hebei [J]. Soybean Science, 2014, 33(1):87-90.)
- [16] 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. (Li K, Liu Z T, Li H C, et al. Resistance to soybean mosaic virus and soybean cyst nematode of soybean cultivars from China national soybean uniform trials [J]. Soybean Science, 2013,32(5): 670-675.)
- [17] 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. (Zhi H J, Gai J Y, Chen Y Z, et al. Evaluation of resistance to SMV of the entries in the national uniform soybean tests (2002-2004) [J]. Soybean Science, 2005,24(3):189-193.)
- [18] 白丽,李凯,陈应志,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. (Bai L, Li K, Chen Y Z, et al. Evaluation of resistance to SMV of cultivars from soybean national and local regional test [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(1):86-69.)
- [19] 王大刚,卢卫国,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. (Wang D G, Lu W G, Ma Y, et al. Evaluation of resistance of soybean cultivars to soybean mosaic virus and soybean cyst nematode [J]. Soybean Science,2009,28(6):949-953.)
- [20] Zhi H J, Gai J Y. Performances and germplasm evaluation of quantitative resistance to soybean mosaic virus in soybeans [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2001, 3(4): 247-253.
- [21] Tu J C, Buzzell R I. Stem-tip necrosis: A hypersensitive temperature dependent, dominant gene reaction of soybean to infection by soybean mosaic virus [J]. Canadian Journal of Plant Science 1987, 67:661-665.
- [22] Chen P, Buss G R, Roane C W, et al. Allelism among genes for resistance to soybean mosaic virus in strain-differential soybean cultivars [J]. Crop Science,1991, 31:305-309.
- [23] Chao E K, Mattin E M. Ultra structural comparison of soybean differential infected with a virulent SMV strain [J]. Korea Journal Plant Pathology, 1998, 14(6):563-566.
- [24] Gai J Y, Yu H Z, Zhang Y D, et al. Inheritance of resistance of soybean to four local strains of soybean [C]. Buenos Aires Argentina, Proceedings of the World Soybean Research Conference IV. 1989, 1182-1187.
- [25] 袁明. 高油大豆种质资源的创新及利用[J]. 中国农学通报,2007,23(5):368-370. (Yuan M. Creation and utilization of high oil germplasm resource [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin. 2007, 23(5):368-370.)
- [26] 郭泰,刘忠堂,胡喜平,等. 国外大豆种质资源的引入、研究和利用[J]. 作物杂志,2005,1:62-64. (Guo T, Liu Z T, Hu X P, et al. The introduction research and use of foreign soybean germplasm [J]. Crops, 2005,1:62-64.)
- [27] 来永才,林红,方方程,等. 黑龙江野生大豆优异资源筛选、评价及利用的研究[J]. 中国农学通报,2005,21(6):379-382. (Lai Y C, Lin H, Fang W C, et al. Research that the excellent resource of wild soybean screen appraise and utilization in Heilongjiang [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(6):379-382.)