



东北地区大豆种质资源 SMV3 号株系抗性评价及农艺性状分析

张子戌^{1,2}, 张伟³, 王帅^{1,2}, 赵洪锬⁴, 刘晓冬¹, 王英男¹, 王玉民¹, 朴世领²

(1. 吉林省农业科学院 大豆研究所, 吉林 长春 130033; 2. 延边大学 农学院, 吉林 延吉 133002; 3. 吉林省农业科学院 植物保护研究所, 吉林 公主岭 136100; 4. 吉林省农业科学院 作物资源研究所, 吉林 公主岭 136100)

摘要:大豆花叶病毒病是危害大豆的世界性病害之一,防治该病最经济有效的方法是培育抗病品种,而抗性种质资源的筛选是培育抗病品种的基础。为筛选抗 SMV 品种,本研究采用摩擦接种法,以主要来源于东北地区的 349 份大豆种质资源为供试材料,在 2017 和 2018 年连续 2 年人工接种 SMV3 号株系,对其抗性进行了评价。结果表明:在 349 份供试材料中高抗 6 份,占总数的 1.72%,分别为九农 6 号、铁丰 18、黑农 40、黄金塔、黑滚豆和丹东金黄豆;抗病 20 份,占总数的 5.73%;中抗 35 份,占 10.03%;感病 264 份,占 75.64%;高感 24 份,占 6.88%。抗病品种的相关农艺性状与病情指数的灰色关联分析结果表明:生育日数与病情指数的关联度最高,为 0.524 2,其它农艺性状与病情指数的关联大小顺序为:百粒重 > 株高 > 茸毛色 > 粒色 > 花色。本研究鉴定出的抗病种质资源,可以为东北春大豆抗花叶病毒病育种提供重要的抗源材料。

关键词:大豆花叶病毒;SMV 3 号株系;种质资源;抗性评价;农艺性状

Evaluation of SMV3 Resistance and Analysis of Agronomic Characters of Soybean Germplasm Resources in Northeast China

ZHANG Zi-xu^{1,2}, ZHANG Wei³, WANG Shuai^{1,2}, ZHAO Hong-kun⁴, LIU Xiao-dong¹, WANG Ying-nan¹, WANG Yu-min¹, PIAO Shi-ling²

(1. Institute of Soybean, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China; 2. College of Agronomy, Yanbian University, Yanji 133002, China; 3. Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China; 4. Institute of Crop Resources, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: Soybean mosaic virus (SMV) disease is one of the worldwide diseases in soybean production. The breeding of soybean varieties resistant to SMV is the most economical and effective way to control this disease, and the screening of resistant germplasm resources is the basis for breeding resistant varieties. In order to screen SMV resistant varieties, 349 soybean germplasm resources mainly from northeastern China were inoculated artificially for two consecutive years in 2017 and 2018 to evaluate their resistance. The results showed that 6 highly resistant accessions, Jiunong 6, Tiefeng 18, Heinong 40, Huangjinta, Heigundou and Dandonghuangjindou, were identified, accounting for 1.72%; 20 resistant accessions, accounting for 5.73%; 35 accessions of medium resistance, accounting for 10.03%; 264 susceptible accessions, accounting for 75.64%; 24 highly susceptible accessions, accounting for 6.88%. The grey correlation analysis of agronomic traits and disease index of resistant varieties showed that the correlation degree between growth days and disease index was the highest (0.524 2). The order of correlation between other agronomic traits and disease index was 100-seed weight, plant height, hair color, seed color and flower color. The soybean germplasm resources resistant to soybean mosaic virus strain 3 identified in this study provide important resistance source for the spring soybean breeding in Northeast China.

Keywords: Soybean mosaic virus; SMV3 strain; Germplasm resources; Resistance evaluation; Agronomic traits

大豆花叶病毒病(soybean mosaic virus, SMV)是全球大豆产区普遍发生的严重病害。SMV 是马铃薯 Y 病毒属(Potyvirus),种子带毒为主要传播方式,蚜虫是田间 SMV 传播的主要媒介。SMV 侵染后,一般大豆产量损失在 10% 左右,病害严重年份

损失可达 35% ~ 50%,个别年份甚至绝产。SMV 还会造成大豆籽粒褐斑,严重影响大豆品质^[1-2]。

为了降低大豆花叶病毒病的危害,国内外采用了多种防治措施,包括降低种子带毒率、减少再侵染等方法,其中最经济有效的方法是选育和利用抗

收稿日期:2019-04-22

基金项目:国家重点研发计划资助(2016YFD0100201);吉林省农业科技创新工程人才基金项目(C92070406);吉林省农业科技创新工程重大项目(CXGC2017ZD014)。

第一作者简介:张子戌(1994-),男,硕士,主要从事大豆分子育种研究。E-mail: zhangzixu513@163.com。

通讯作者:王玉民(1968-),男,博士,研究员,主要从事大豆种质资源研究。E-mail: wangym@cjaas.com;

朴世领(1963-),男,硕士,教授,主要作物生理生化和分子育种研究。E-mail: pslpjj@ybu.edu.cn。

病品种^[3-4],筛选和研究利用抗病种质资源是大豆抗病育种的重要基础。王宇等^[5]对162份冀东地区野生大豆进行大豆花叶病毒SC7抗病鉴定,其中抗病材料7份,中抗材料6份。王大刚等^[6]对815份黄淮大豆资源进行大豆花叶病毒SC3和SC7 2个株系的抗病性评价,其中对SC3和SC7分别表现高抗的有136和42份,对两个株系都表现高抗的有13份。宋荣浩等^[7]对40个菜用大豆材料进行大豆花叶病毒SC3和SC7株系抗病性评价,其中有4个品种对SC3株系表现抗性,有2个品种对SC7表现抗性,有1份品种同时对2个株系表现抗性。

本研究以来源于国家种质资源库和吉林省农业科学院大豆研究所的349份大豆资源为试验材料,在网室条件下人工接种SMV3号株系进行抗性鉴定,筛选得到新的抗大豆花叶病毒病资源,为抗病品种选育提供基础材料。对抗病品种的相关农艺性状进行调查,分析农艺性状和病情指数的关系,为进一步研究抗病机理奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

供试的349份大豆材料由国家种质资源库和吉林省农业科学院大豆研究所提供,主要来源于东北地区(表1),抗病对照为中黄35,感病对照为九农9号^[4]。供试的大豆花叶病毒株系为东北地区流行大豆花叶病毒3号株系(SMV3),由吉林省农业科学院植物保护研究所提供。

表1 供试大豆种质资源来源分类
Table 1 Source and classification of soybean germplasms used in this experiment

材料来源 Material source	材料数量 Number of materials	育成品种(系) Breeding variety	地方品种 Local variety
黑龙江 Heilongjiang	122	64	58
吉林 Jilin	158	62	96
辽宁 Liaoning	60	17	43
内蒙古 Neimenggu	7	0	7
其它 Other	2	1	1
总计 Total	349	144	205

1.2 方法

1.2.1 大豆花叶病毒的繁殖和接种液的制备 将供试的SMV3号株系采用人工摩擦接种的方法,接种在感病品种九农9号的无毒株上隔离繁殖,症状显现后采集大豆植株上部的新鲜叶片用作毒源。将采集的毒源叶片剪成碎片,在冷冻条件下研磨成匀浆。加入0.1 mol·L⁻¹ pH7.0的磷酸缓冲液,将

匀浆稀释20倍,制备成大豆花叶病毒接种液。
1.2.2 接种病毒方法 根据大豆抗花叶病毒病鉴定技术规范^[8],将抗SMV3号株系鉴定的349份大豆资源分别于2017年6月30日和2018年7月5日种植在筛网孔径为425 μm防蚜虫网室中,各品种按照行长5 m,穴距10 cm点播^[9]。待大豆植株第一片复叶充分展开后开始接种毒源。

接种前在病毒接种液中加入2%的粒径为22 μm的金刚砂,充分搅拌均匀^[10]。采用人工摩擦接种法,对植株进行接种,接种时用短毛刷蘸取少量接种液,在第一对真叶的叶面摩擦造成微创伤,然后立即用清水将叶面冲洗干净^[11]。以九农9号为感病对照品种,检验环境条件和接种操作是否能使感病品种充分发病。

1.2.3 大豆抗病性评价

(1)抗性分级及病情指数 在接种20~30 d后对每份材料进行单株调查,根据发生病害的症状,将病情级别分为:0级、1级、3级、5级、7级、9级6个级别(表2),记录病情级别和调查的总株数,最后计算病情指数(DI)。

$$DI(\%) = \frac{\sum(s \times n)}{N \times s} \times 100$$

式中:DI:病情指数;s:病情级别的代表数值;n:病情级别的植株数;N:调查总株数;S:最高病情级别的代表数值。

表2 大豆抗花叶病毒病鉴定病情级别及症状
Table 2 Disease grade and symptoms in resistance evaluation to soybean mosaic virus

病情级别 Disease grade	症状 Symptoms
0	无症状。
1	轻花叶型,植株正常,叶片平展不皱,有黄绿相间的轻花叶。
3	重花叶型,植株基本正常,叶片微皱,有明显的黄绿相间的花叶。
5	皱花叶型,植株接近正常,不矮化,叶片皱缩,有曲叶、突起。
7	皱缩型,植株不正常,略矮化,叶片明显皱缩,叶片畸形卷曲。
9	矮化型,植株极端矮化,叶片严重畸形卷曲,出现顶端枯死。

(2)抗性评价标准 根据2017年病情指数确定供试材料对大豆花叶病毒SMV3号株系的抗性水平(表3)。2018年对资源材料进行重复鉴定,根据重复鉴定结果,以记录的最高病情指数,对材料进行抗病性评价^[8]。

表 3 大豆对花叶病毒病抗性评价标准

Table 3 Evaluation criteria for soybean resistance to mosaic virus disease

病情指数 Disease index (DI)	抗性评价 Resistance evaluation
0 ≤ DI ≤ 20	高抗 High resistance (HR)
20 < DI ≤ 35	抗病 Resistance (R)
35 < DI ≤ 50	中抗 Moderately resistance (MR)
50 < DI ≤ 70	感病 Susceptible (S)
70 < DI ≤ 100	高感 High susceptible (HS)

1.2.4 农艺性状的调查 在大豆生长 R2 期(盛花期)调查记录每个品种的花色和茸毛色。在 R7 期(初熟期)调查、测量每个品种的粒色、株高和百粒重。从播种到收获,记录每个品种的生育日数。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 对数据进行分析,采用灰色关联分析法^[12-13]分析抗病品种的病情指数与农艺性

状间的关系。

2 结果与分析

2.1 大豆种质资源对 SMV3 号株系抗性分析

2.1.1 抗 SMV3 号株系的种质分析 接种 SMV3 号株系后,综合 2 次鉴定结果,以最高发病程度进行抗病性评价,得出 349 份材料中表现为抗病性的有 61 份(表 4),其中高抗材料 6 份,分别为九农 6 号、铁丰 18、黑农 40、黄金塔、黑滚豆、丹东金黄豆,占供试材料的 1.72%;抗病材料 20 份,占供试材料的 5.73%;中抗材料 35 份,占供试材料的 10.03%。表现为感病性的材料有 288 份,其中感病材料 264 份,占供试材料的 75.64%;高感材料 24 份,占供试材料的 6.88%。本研究鉴定出的抗病和感病材料可用于大豆对花叶病毒病抗性遗传机制的研究,其中的高抗种质还可以作为抗病品种选育的亲本材料应用到育种实践中。

表 4 抗 SMV3 号株系大豆种质资源

Table 4 Soybean germplasm resources resistant to SMV3 strain

品种 Variety	来源地 Place of origin	2017		2018		最终抗性评价 Final resistance assessment	
		病情指数	抗级	病情指数	抗级	病情指数	抗级
		Disease index	Resistance grade	Disease index	Resistance grade	Disease index	Resistance grade
九农 6 号	吉林	16.33	HR	16.44	HR	16.44	HR
铁丰 18	辽宁	7.41	HR	16.48	HR	16.48	HR
黑农 40	黑龙江	17.67	HR	17.24	HR	17.67	HR
黄金塔	吉林	18.39	HR	20.00	HR	20.00	HR
黑滚豆	山西	16.58	HR	15.43	HR	16.58	HR
丹东金黄豆	辽宁	11.11	HR	15.87	HR	15.87	HR
黄脐豆	吉林	33.33	R	27.78	R	33.33	R
黑皮青瓢	吉林	7.41	HR	31.48	R	31.48	R
铁丰 17	辽宁	6.35	HR	30.37	R	30.37	R
铁丰 19	辽宁	12.70	HR	25.67	R	25.67	R
铁丰 9 号	辽宁	3.70	HR	20.47	R	20.47	R
6521	辽宁	3.17	HR	29.86	R	29.86	R
宁安小黑脐	黑龙江	11.11	HR	34.44	R	34.44	R
吉林 18	吉林	33.33	R	19.19	HR	33.33	R
延农 72	吉林	29.89	R	33.33	R	33.33	R
辽豆 3 号	辽宁	17.78	HR	29.78	R	29.78	R
铁丰 22	辽宁	8.89	HR	31.25	R	31.25	R
铁丰 25	辽宁	15.56	HR	33.33	R	33.33	R
黑脐大豆	辽宁	33.33	R	27.20	R	33.33	R
绥农 8 号	黑龙江	33.33	R	20.99	R	33.33	R
吉林 21	吉林	13.13	HR	25.49	R	25.49	R
吉林 25	吉林	3.70	HR	28.10	R	28.10	R
吉林 28	吉林	16.67	HR	20.99	R	20.99	R

续表 4

品种 Variety	来源地 Place of origin	2017		2018		最终抗性评价 Final resistance assessment	
		病情指数 Disease index	抗级 Resistance grade	病情指数 Disease index	抗级 Resistance grade	病情指数 Disease index	抗级 Resistance grade
辽 86-5453	辽宁	20.99	R	16.52	HR	20.99	R
吉林 30	吉林	11.11	HR	29.41	R	29.41	R
辽豆 11	辽宁	11.11	HR	26.16	R	26.16	R
合丰 17	黑龙江	44.44	MR	31.90	R	44.44	MR
苗圃	黑龙江	48.72	MR	36.11	MR	48.72	MR
吉林 2 号	吉林	49.21	MR	38.62	MR	49.21	MR
铁丰 8 号	辽宁	49.21	MR	38.56	MR	49.21	MR
小金黄	辽宁	48.15	MR	42.22	MR	48.15	MR
一窝猴	辽宁	35.66	MR	37.25	MR	37.25	MR
小白眉	辽宁	38.46	MR	37.37	MR	38.46	MR
丹豆 1 号	辽宁	40.00	MR	32.37	R	40.00	MR
青豆	辽宁	36.51	MR	21.84	R	36.51	MR
北丰 1 号	黑龙江	36.87	MR	38.35	MR	38.35	MR
铁荚青	黑龙江	39.89	MR	40.28	MR	40.28	MR
小黄脐	黑龙江	40.86	MR	44.44	MR	44.44	MR
平顶香 B	黑龙江	46.03	MR	49.76	MR	49.76	MR
满地金	黑龙江	41.41	MR	39.87	MR	41.41	MR
通农 4 号	吉林	49.21	MR	37.25	MR	49.21	MR
长农 1 号	吉林	49.21	MR	37.25	MR	49.21	MR
争光 1 号	吉林	48.15	MR	39.32	MR	48.15	MR
抚松有限白花	吉林	48.15	MR	17.90	HR	48.15	MR
安图白花绿大豆	吉林	45.30	MR	49.31	MR	49.31	MR
蛟河小黑豆	吉林	46.67	MR	39.05	MR	46.67	MR
安图黑色大豆	吉林	46.67	MR	19.84	HR	46.67	MR
安图小黑豆	吉林	47.47	MR	34.92	R	47.47	MR
辉南紫花黑豆	吉林	41.41	MR	34.13	R	41.41	MR
铁荚金黄豆	辽宁	41.41	MR	49.63	MR	49.63	MR
里外青	辽宁	36.33	MR	36.75	MR	36.75	MR
高丽黄	辽宁	44.44	MR	39.13	MR	44.44	MR
诱变 30	北京	37.78	MR	36.11	MR	37.78	MR
黑河 5 号	黑龙江	46.36	MR	47.22	MR	47.22	MR
绥农 7 号	黑龙江	44.44	MR	50.00	MR	50.00	MR
白秣食豆	吉林	42.22	MR	42.06	MR	42.22	MR
吉青 1 号	吉林	38.89	MR	18.01	HR	38.89	MR
克旗小黑豆	内蒙古	35.56	MR	35.37	MR	35.56	MR
红黄豆	内蒙古	46.30	MR	26.85	R	46.30	MR
黑农 38	黑龙江	43.33	MR	46.15	MR	46.15	MR
九农 21	吉林	35.80	MR	35.14	MR	35.80	MR

2.1.2 抗 SMV3 号株系种质的差异分析 综合 2 年试验数据进行联合方差分析,结果表明(表 5),不同省份间、育成品种与地方品种间、不同年份间差异均极显著($P < 0.01$)。

表 5 大豆种质资源对 SMV3 抗性鉴定结果联合方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	显著性
Source of variation					Significant
不同省份 Different provinces	3	3257.985	1085.995	9.508	0.001
育成品种与地方品种 Breed and local breed	1	276.889	276.889	9.501	0.002
不同年份 Different years	1	6478.818	6478.818	39.301	0.006

(1)省份间差异
根据抗性鉴定结果显示,不同地区供试材料均有抗大豆花叶病毒 SMV3 号株系的种质资源分布。在鉴定的 349 份材料中,高抗资源占比较高省份依次是辽宁(3.33%)、吉林(1.27%)、黑龙江(0.82%),另有 1 份山西资源;抗病资源占比较高省份依次是辽宁(16.67%)、吉林(5.06%)、黑龙江(1.64%);中抗资源占比较高省份依次是内蒙古

(25.00%)、辽宁(15.00%)、吉林(8.23%)、黑龙江(8.20%),另有 1 份北京资源;感病资源占比较高省份依次是黑龙江(81.14%)、吉林(77.21%)、辽宁(63.33%)、内蒙古(62.50%);高感资源占比较高省份依次是内蒙古(12.50%)、吉林(8.23%)、黑龙江(8.20%)、辽宁(1.67%)(图 1)。总体上看,辽宁的种质资源中的高抗、抗病和中抗病品种共占 35%,抗性最强。

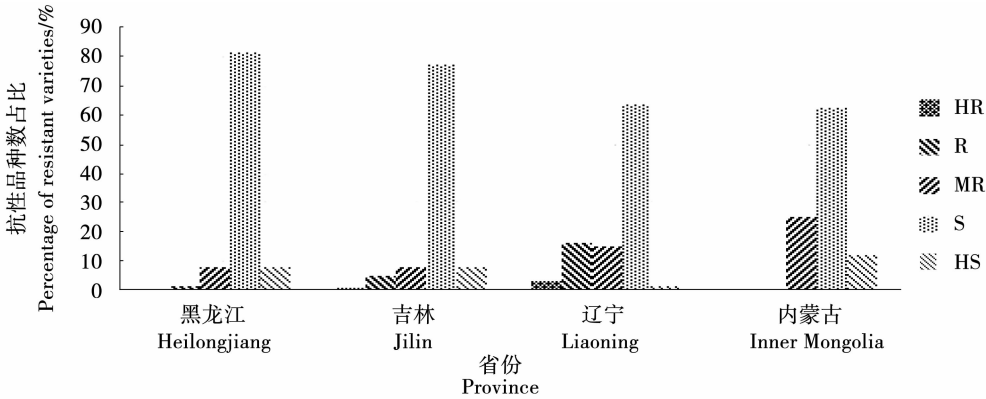


图 1 4 省份大豆种质资源对 SMV3 号株系的抗性级别分布
Fig. 1 The distribution of different resistance level to SMV3 of soybean germplasm resources from 4 provinces

(2)育成品种与地方品种差异
在鉴定的 349 份材料中有育成品种 144 份和地方品种 205 份。育成品种中,高抗品种 3 份,占 2.08%;抗病品种 15 份,占 10.42%;中抗品种 14 份,占 9.73%;感病品种 102 份,占 70.83%,高感品种 10 份,占 6.94%。地方品种中,高抗品种 3 份,占 1.46%;抗病品种 5 份,占 2.44%;中抗品种 21 份,占 10.24%;感病品种 162 份,占 79.03%;高感材料 14 份,占 6.83%。从总体上看,育成品种比地方品种抗性强,说明人工选育和采用现代育种技术提高了品种的抗病性。

(3)年份间差异
在 2017 年的抗性鉴定中,高抗材料 20 份,占 5.73%;抗病材料 7 份,占 2.01%;中抗材料 56 份,占 16.04%;感病材料 255 份,占 73.07%;高感材料 11 份,占 3.15%。在 2018 年的抗性鉴定中,高抗材

料 15 份,占 4.30%;抗病材料 36 份,占 10.32%;中抗材料 124 份,占 35.53%;感病材料 157 份,占 44.98%;高感材料 17 份,占 4.87%。从总体上看,2017 年的发病程度比 2018 年严重。

2.2 抗病品种农艺性状分析

对 61 份抗病品种的百粒重、株高、生育日数、花色、茸毛色和粒色等农艺性状的调查结果显示:抗病品种百粒重为 9.6 ~ 23.5 g,株高为 29.2 ~ 126.1 cm,生育日数为 98 ~ 150 d,各性状变异系数分别为 17.88%、22.65%和 6.89%,遗传变异丰富(表 6)。抗病品种中花色有白色和紫色两种,其中 30 个品种为白花,占抗病材料的 49.18%;紫花品种 31 个,占抗病材料的 50.82%。抗病品种茸毛色有灰色和棕色两种,灰色茸毛品种 49 个,占抗病材料的 80.33%;棕色茸毛品种 12 个,占抗病材料的 19.67%。抗病品种粒色有 4 种,其中黄粒品种 48

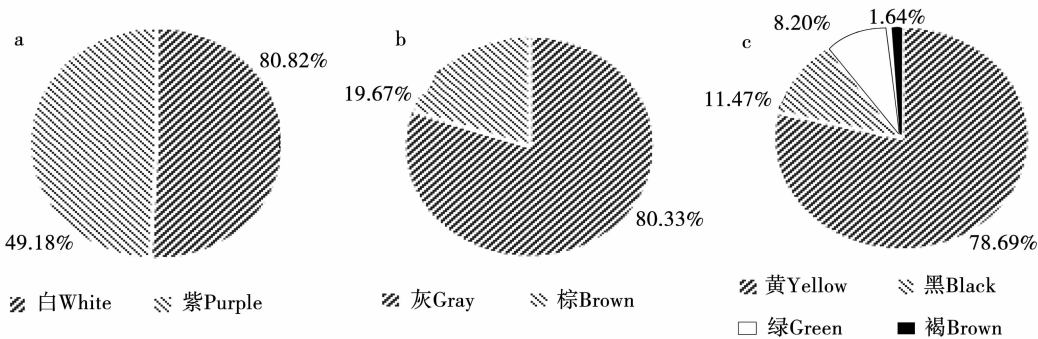
个,占抗病材料的 78.69% ;黑粒品种 7 个,占抗病材料的 11.47% ;绿粒品种 5 个,占抗病材料的 8.20% ;褐色粒品种1 个,占抗病材料的 1.64% (图 2)。高抗材料中黑农 40 和丹东金黄豆百粒重超过 20 g,株高超过 100 cm,农艺性状较好^[12],可直接用于大豆花叶病毒高发区防治大豆花叶病毒病(表 6)。

表 6 抗大豆花叶病毒 3 号株系材料的农艺性状
Table 6 Agronomic traits of soybean varieties resistant to SMV3

品种 Variety	百粒重 100-seed weight/g	株高 Plant height /cm	生育日数 Days of growing period/d	花色 Flower color	茸毛色 Hair color	粒色 Seed color
九农 6 号	19.5	80.1	123	紫	灰	黄
铁丰 18	19.2	90.3	132	紫	灰	黄
黑农 40	22.5	103.6	127	白	灰	黄
黄金塔	14.2	69.4	113	紫	灰	黄
黑滚豆	11.3	70.5	126	紫	棕	黑
丹东金黄豆	22.5	103.6	127	白	灰	黄
黄脐豆	15.5	72.4	122	白	灰	黄
黑皮青瓢	17.3	97.2	123	白	棕	黑
铁丰 17	17.5	86.4	118	紫	灰	黄
铁丰 19	16.6	95.0	118	白	灰	黄
铁丰 9 号	17.6	60.4	135	紫	灰	黄
6521	15.3	60.2	131	紫	灰	黄
宁安小黑脐	20.2	96.1	129	紫	灰	黄
吉林 18	18.6	82.4	122	白	灰	黄
延农 72	16.2	86.7	111	白	灰	黄
辽豆 3 号	18.9	83.9	132	紫	灰	黄
铁丰 22	16.3	70.9	129	白	灰	黄
铁丰 25	18.7	70.4	130	紫	灰	黄
黑脐大豆	23.2	68.2	124	白	棕	黄
绥农 8 号	23.5	98.2	120	紫	灰	黄
吉林 21	14.7	64.8	132	白	灰	黄
吉林 25	18.5	56.2	127	紫	灰	黄
吉林 28	23.5	80.5	132	紫	灰	黄
辽 86-5453	18.8	107.3	129	紫	灰	黄
吉林 30	18.2	105.3	133	白	灰	黄
辽豆 11	23.3	100.4	135	紫	灰	黄
合丰 17	19.6	70.6	127	白	灰	黄
苗圃	19.6	95.2	128	白	灰	黄
吉林 2 号	17.5	100.2	130	白	灰	黄
铁丰 8 号	23.2	90.3	130	紫	灰	黄
小金黄	12.4	90.2	121	紫	灰	黄
一窝猴	17.4	103.2	131	白	灰	黄
小白眉	17.3	72.4	144	紫	棕	黄
丹豆 1 号	19.5	100.0	150	白	灰	绿
青豆	15.2	80.4	122	白	棕	绿
北丰 1 号	21.6	74.2	98	紫	灰	黄

续表 6

品种 Variety	百粒重 100-seed weight/g	株高 Plant height /cm	生育日数 Days of growing period/d	花色 Flower color	茸毛色 Hair color	粒色 Seed color
铁荚青	19.4	70.1	122	紫	灰	黄
小黄脐	18.7	87.1	122	紫	灰	黄
平顶香 B	18.2	57.3	128	紫	灰	黄
满地金	17.3	107.6	132	白	灰	黄
通农 4 号	15.7	111.7	124	白	灰	黄
长农 1 号	19.5	94.2	124	紫	灰	黄
争光 1 号	18.2	66.4	120	白	灰	黄
抚松有限白花	16.9	29.2	119	白	灰	黄
安图白花绿大豆	22.7	51.8	125	白	棕	绿
蛟河小黑豆	11.9	110.8	116	白	灰	黑
安图黑色大豆	14.2	118.4	134	白	棕	黑
安图小黑豆	13.1	100.2	119	紫	棕	黑
辉南紫花黑豆	14.6	126.1	128	紫	棕	黑
铁荚金黄豆	18.2	90.9	125	白	灰	黄
里外青	15.4	100.0	130	白	灰	绿
高丽黄	19.6	79.6	147	紫	灰	黄
诱变 30	20.1	95.6	146	紫	灰	黄
黑河 5 号	20.2	50.8	115	紫	灰	黄
绥农 7 号	20.5	95.5	120	白	灰	黄
白秣食豆	13.3	121.7	142	白	棕	黄
吉青 1 号	22.1	115.2	134	白	灰	绿
克旗小黑豆	9.6	110.4	118	白	棕	黑
红黄豆	14.5	110.3	126	紫	棕	褐
黑农 38 号	20.4	100.4	125	白	灰	黄
九农 21	18.5	100.9	127	紫	灰	黄



a: 花色;b:茸毛色;c:粒色。
a: Flower color;b: Hair color;c: Seed color.

图 2 抗病大豆品种花色、茸毛色、粒色分布
Fig. 2 Flower color, hair color and seed color distribution
of disease-resistant soybean varieties

2.3 相关性分析

61 份抗病品种的病情指数与相关农艺性状之

间关系的分析结果表明:关联度大的数列与参考数

列的关系较为密切。生育日数与病情指数的关联

度最高,为0.524 2,花色与病情指数关联度最小,为0.390 0,具体农艺性状与病情指数的关联大小顺序为:生育日数>百粒重>株高>茸毛色>粒色>花色(表7)。

表7 抗病品种病情指数与相关农艺性状的关联系数

Table 7 Correlation coefficient between disease index and related agronomic traits of resistant varieties						
农艺性状 Agronomic trait	百粒重 100-seed weight	株高 Plant height	生育日数 Days of growing period	花色 Flower color	茸毛色 Hair color	粒色 Seed color
关联系数 Correlation coefficient	0.5146	0.4843	0.5242	0.3900	0.4439	0.4029
关联序 Correlation order	2	3	1	6	4	5

3 讨 论

与唐向民等^[14]和宋英培等^[15]的研究结果相同,本研究经过接种大豆花叶病毒病 SMV3 号株系,大豆植株有花叶、皱缩、黄斑、起泡、卷曲、黄化、矮化、顶枯等症状。不同品种接种同一病毒株系症状不同,说明症状反应与品种的遗传基因有关,同时也是病毒与植株互作的结果,且品种的抗性还受环境等因素的影响。根据大豆抗花叶病毒病鉴定技术规范,将大豆花叶病毒引起的症状类型分为无症状、轻花叶型、重花叶型、皱花叶型、皱缩型、矮化型等6种类型^[8]。其中症状较轻的无症状、轻花叶型对产量影响不大;重花叶型、皱花叶型、皱缩型等严重症状,会导致产量和籽粒品质严重下降;而矮化型对大豆的影响最严重,甚至会导致顶端枯死,致使大豆绝产^[16-18]。

对东北地区不同省份的种质资源的抗病性分析结果得出,辽宁省的品种整体上抗病性强,可能与辽宁省品种相对较少,地域分布不广泛有关。育成品种整体上抗病性较地方品种强。育成品种是利用现代育种技术人工选育的、品质较好的品种,说明现代育种技术对培育抗病品种具有积极的实际意义。不同年份间抗病性结果分析表明2017年的发病更严重,可能是2017年的气候和温度更适合病毒繁殖,导致发病严重。根据相关经验^[18-19]考虑到不同年份同一供试品种的鉴定结果会有差异,所以在2017年鉴定后,2018年进行重复鉴定,以2年鉴定的最高发病程度对材料进行抗病性评价。具体的品种抗性评价及高抗品种筛选等相关工作中也要注意需要对品种多年内的抗病情况进行综合性评价才能得到比较准确的鉴定结果。

选育和利用抗病品种是控制SMV最为经济有效的方法,因此对种质资源的抗性鉴定十分重要,是种质资源合理利用的前提^[20-22]。本研究所用的大豆花叶病毒3号株系为东北强毒株系,供试材料主要来自中国大豆主产区东北地区,因此,筛选出的抗病资源更符合东北地区大豆抗病育种需要。

下一步,需对鉴定出的抗性种质资源进行深入研究,发掘定位其抗病基因,揭示其抗病机制,为抗病育种提供基础数据,提高大豆抗花叶病毒病育种水平。

4 结 论

本研究对收集来的349份大豆种质资源进行鉴定,共鉴定出抗病性资源61份,其中高抗6份,分别为九农6号、铁丰18、黑农40、黄金塔、黑滚豆、丹东金黄豆,其中黑农40和丹东金黄豆抗性高、农艺性状好,是进行抗病育种的理想材料。抗病材料20份,中抗35份;感病性材料288份,其中感病264份,高感24份。另外,对抗病品种的农艺性状进行调查,采用灰色关联分析法分析抗病品种的病情指数与相关农艺性状的关系,得出生育日数与病情指数的关联度最高,为0.5242,其它农艺性状与病情指数的关联大小顺序为:百粒重>株高>茸毛色>粒色>花色。本研究不仅筛选出适宜东北地区种植推广的抗SMV3资源,还对与感病指数相关的农艺性状进行关联分析,以期为东北地区优秀种质资源的筛选鉴定和大豆花叶病毒病的感病机理研究奠定基础。

参考文献

[1] 张怀仁. 大豆产量相关性状 QTL 的遗传解析及优异等位变异的挖掘[D]. 南京:南京农业大学,2015. (Zhang H R. Dissection of genetic architecture for quantitative traits loci of yield related traits and mining best alleles in soybean [Glycine max (L.) Merr.]. [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015.)

[2] 李春燕. 大豆对大豆花叶病毒 SC10 株系抗性的遗传和抗性基因的定位及标记辅助选择[D]. 南京:南京农业大学,2010. (Li C Y. Inheritance and gene mapping of resisance to soybean mosaic virus strain SC10 in soybean [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.)

[3] 季志强,盖颜欣,杨青林,等. 承德地区大豆花叶病毒病的发生规律与防治[J]. 种子科技,2010,28(5):34-35. (Ji Z Q, Gai Y X, Yang Q L, et al. Occurrence and control of soybean mosaic virus disease in Chengde area[J]. Seed Science, 2010,28(5): 34-35.)

[4] 王大刚,胡国玉,黄志平,等. 大豆种质资源抗大豆花叶病毒的鉴定[J]. 作物杂志, 2013(2):32-36. (Wang D G, Hu G Y, Huang Z P, et al. Identification of soybean germplasm resources resistance to soybean mosaic virus[J]. Chinese Journal of Crop Sciences, 2013(2): 32-36.)

[5] 王宇,张锴,孙伟明,等. 冀东野生大豆对大豆花叶病毒的抗性鉴定及抗病反应[J]. 大豆科学,2017,36(1):92-97. (Wang Y, Zhang K, Sun W M, et al. Resistance identification and response of wild soybean (*Glycine soja*) to soybean mosaic virus in eastern Hebei province[J]. Soybean Science, 2017, 36(1): 92-97.)

[6] 王大刚,陈圣男,李杰坤,等. 大豆品系抗 SMV 评价及亲本来源分析[J]. 大豆科学,2018,37(5):657-663. (Wang D G, Chen S N, Li J K, et al. Evaluation of resistance and analysis of parental origins for soybean lines to soybean mosaic virus[J]. Soybean Science, 2018, 37(5): 657-663.)

[7] 宋荣浩,顾卫红,马坤,等. 菜用大豆品种资源对大豆花叶病毒病的抗性评价[J]. 植物保护,2015,41(2):162-166. (Song R H, Gu W H, Ma K, et al. Identification of soybean mosaic virus resistance in vegetable soybean [J]. Plant Protection, 2015, 41(2):162-166.)

[8] 中华人民共和国农业部. 大豆抗病虫性鉴定技术规范,第1部分:大豆抗花叶病毒病鉴定技术规范[Z]. 2017-09-30. (Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Technical specification for evaluation of soybean for resistance to pests—Part 1: Technical Specification for evaluation of soybean for resistance to soybean mosaic virus disease[Z]. 2017-09-30.)

[9] 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(农业科学版),2011,29(3):53-56. (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 (Agricultural Sciences), 2011, 29(3): 53-56.)

[10] 李文福,刘春燕,于妍,等. 大豆种质资源对东北 SMV1 号和 3 号株系的抗性鉴定[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(1):94-96. (Li W F, Liu C Y, Yu Y, et al. Identification of the resistance of soybean germplasm to SMV1 and SMV3 strains in North-east[J]. Chinese Journal of Oil Crops, 2009, 31(1): 94 -96.)

[11] 滕卫丽,卢双勇,高阳,等. 不同省份大豆新品种(系)对东北大豆强弱花叶病毒株系的抗性鉴定[J]. 东北农业大学学报, 2011,42(10): 16-19. (Teng W L, Lu S Y, Gao Y, et al. Identification of SMV1 and SMV3 resistance in soybean cultivars(lines) from different provinces[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2011, 42(10): 16-19.)

[12] 刘明,卜伟召,杨文钰,等. 山东间作大豆产量与主要农艺性状关联分析[J]. 中国油料作物学报,2018,40(3):344-351. (Liu M, Bu W Z, Yang W Y, et al. Correlation analysis of yield and agronomic traits of soybean for intercropping in Shandong [J]. Chinese Journal of Oil Crops, 2018, 40(3): 344-351.)

[13] 胥凯,周青,张志民,等. 灰色关联度和 DTOPSIS 法综合分析河南区域试验中大豆新品种(系)的农艺性状表现[J]. 大豆科学,2018,37(5):664-671. (Zan K, Zhou Q, Zhang Z M, et al. Gray correlation analysis and DTOPSIS method for comprehensive agronomic performance analysis of new soybean varieties (lines) in Henan regional test [J]. Soybean Science, 2018, 37(5): 664-671.)

[14] 唐向民,杨守臻,陈怀珠,等. 160 份广西春大豆种质对大豆花叶病毒株系 SC15 和 SC18 的抗性评价[J]. 大豆科学,2019,38(2):181-188. (Tang X M, Yang S Z, Chen H Z, et al. Resistance evaluation of 160 Guangxi spring-sowing soybean germplasms to soybean mosaic virus strains SC15 and SC18[J]. Soybean Science, 2019, 38(2): 181-188.)

[15] 宋英培,高乐,刘志涛,等. 大豆花叶病毒成株抗性及种粒抗性的鉴定[J]. 大豆科学,2015,34(6):1015-1019. (Song Y P, Gao L, Liu Z T, et al. Evaluation of adult resistance and soybean seed resistance to soybean mosaic virus [J]. Soybean Science, 2015, 34(6): 1015-1019.)

[16] 李凯,智海剑. 大豆对大豆花叶病毒病抗性的研究进展[J]. 大豆科学,2016,35(4):525-529. (Li K, Zhi H J. Advances in resistance to soybean mosaic virus disease in soybean[J]. Soybean Science, 2016, 35(4): 525-529.)

[17] 黄志平,李杰坤,王维虎,等. 大豆新品系抗 SMV 鉴定及其抗性来源分析[J]. 大豆科学,2017,36(4):598-605. (Huang Z P, Li J K, Wang W H, et al. Identification of resistance and preliminary analysis of resistance sources for the soybean mosaic virus in new soybean lines [J]. Soybean Science, 2017, 36(4): 598-605.)

[18] 王显宗,孙健,关永鑫,等. 水稻立枯病抗性资源筛选[J]. 西北农业学报, 2018,27(4):518-527. (Wang X Z, Sun J, Guan Y X, et al. Screening of rice germplasm resistant to fusarium verticillioides [J]. Northwest Agricultural Journal. 2018, 27(4): 518- 527.)

[19] 董利东,王金生,吴俊江,等. 野生大豆种质资源对大豆菌核病抗性评价[J]. 大豆科学,2014,33(6):900-902. (Dong L D, Wang J S, Wu J J, et al. Identification the resistance of wild soybean germplasm to sclerotinia sclerotiorum [J]. Soybean Science, 2014, 33(6): 900-902.)

[20] 李明姝,于维,曲红彤,等. 大豆种质资源对大豆胞囊线虫 3 号生理小种的抗性评价[J]. 大豆科学,2017,36(5):778-781. (Li M S, Yu W, Qu H T, et al. Evaluation of resistance of soybean germplasm to race 3 of soybean cyst nematode [J]. Soybean Science, 2017, 36(5): 778-781.)

[21] 阳小凤,杨永庆,郑桂杰,等. 大豆对大豆花叶病毒株系 SC6 和 SC17 抗病基因的精细定位[J]. 作物学报, 2013,39(2):216-221. (Yang X F, Yang Y Q, Zheng G J, et al. Fine mapping of resistance genes to SMV strains SC6 and SC17 in soybean [J]. Acta Agronomica Sinica, 2013,39(2):216-221.)

[22] 张婵娟,廖胜泉,宋欢,等. 大豆种质资源对尖镰孢菌根腐病的抗性鉴定及生理分析[J]. 大豆科学,2017,36(3):441-446. (Zhang C J, Liao S Q, Song H, et al. Identification for resistance to root rot caused by fusarium oxysporum in soybean germplasm and physiological analysis [J]. Soybean Science, 2017, 36(3): 441-446.)