

江淮大豆育种种质对细菌性斑点病 S1 菌株的抗性鉴定

程伟¹, 许媛², 王自力¹, 孔杰杰¹, 高学文², 盖钧镒¹, 赵团结¹

(1. 南京农业大学 大豆研究所/国家大豆改良中心/农业部大豆生物学与遗传育种重点实验室(综合)/作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏 南京 210095; 2. 南京农业大学 植物保护学院, 江苏 南京 210095)

摘要:大豆细菌性斑点病是江淮地区大豆生产中常见病害,但大豆种质资源抗性水平及抗源鉴定工作较少。本研究采用对大豆叶片正反面高压喷雾的接种方法鉴定了江淮地区 309 份育成品种(系)及亲本材料对大豆细菌性斑点病生理小种 S1 的抗感反应。结果表明:供试材料抗性差异明显,分别鉴定出高抗和中抗材料 61 和 68 份,占总数的 19.74% 和 22.1%,表现为感病和高感的材料共有 180 份,占总数的 58.25%。适合淮北和淮南地区种植的 140 和 169 份品种(系)中,抗病材料(高抗+中抗)分别有 68 和 61 份,感病材料(感病+高感)分别有 72 和 108 份,江淮淮北地区抗病品种(系)的比例高于淮南地区。供试材料抗性反应等级与成熟期等性状存在相关性。同时还发掘出徐豆 18、南农 99-6 等高抗品种,及具有高蛋白、高油特性的优质抗性种质材料。

关键词:大豆;新品系;大豆细菌性斑点病;抗性鉴定;相关分析

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2016.01.0100

Evaluation of Resistance to the S1 Strain of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* in a Soybean Breeding Line Population from Yangtze and Huaihe River Valleys
CHENG Wei¹, XU Yuan², WANG Zi-li¹, KONG Jie-jie¹, GAO Xue-wen², GAI Jun-yi, ZHAO Tuan-jie¹

(1. Soybean Research Institute /National Center for Soybean Improvement/ Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement, Ministry of Agriculture /National Key Laboratory for Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Bacterial leaf blight is one of the common diseases in soybean production in the Yangtze and Huaihe River Valleys. However, the resistance performance of soybean germplasm in this region remains unclear. In the present study, the resistance levels of 309 selected soybean varieties or breeding lines to *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* S1 strain were evaluated by inoculating both sides of leaves through spray method in field condition. The results showed that there were significant resistance differences in the sample. 61 (19.74%) and 68 (22.1%) varieties or breeding lines were identified with high and medium resistance levels respectively, a total of 180 (58.25%) varieties (lines) of the sample were found with susceptible or highly susceptible level. In the sample, 68 and 72 varieties (lines) were identified as resistant and susceptible in northern Huaihe River region respectively, and 72 and 108 varieties (lines) were identified as resistant and susceptible types in southern Huaihe River region respectively. The ratio of resistance varieties (lines) to *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* from Northern Huaihe River regions was higher than that from the southern region, and significant correlation between the disease resistance grade and maturity was found. Some high-resistant varieties (lines) including Xudou 18 and Nannong 99-6 and some high-resistant lines with high seed protein content or oil content were identified and could be used in the resistance breeding and prevention of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* in soybean.

Keywords: Soybean; Breeding line; *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*; Resistance evaluation; Correlation analysis

大豆细菌性斑点病(*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*)是世界性的病害,主要为害幼苗、叶片、叶柄、茎及豆荚^[1]。生长季节高温高湿和频繁降雨的条件下易于发生,我国南北大豆生产区均有不同程度的发生和流行。近年来东北地区该病害发病严重^[2]。黑龙江省的佳木斯、哈尔滨、宾县、牡丹江、绥化、黑河等地区发病日趋严重^[3,4],优势小种为 4 号生理小种^[5]。吉林省发现了 14 个生理小种^[6]。目前,国外已鉴定出 0、1~12 共 13 个生理小种^[7-10]。高洁等^[11]通过鉴定来自我国不同地区的 199 个大豆细菌性斑点病菌株,共发现 8 个生理小种,其中 4 号小种为东北优势小种,来自武汉和北京的菌株分属 4 号和 5 号小种,有 3 个(10~12 号)为新命名小种。王玉全等^[4]对黑龙江省 620 份细菌性斑点病病害叶片上的病原菌进行分离鉴定,最终确定了 38 个菌株。安徽、河南、山东、江苏、湖北、上海也均有相

收稿日期:2015-06-17
基金项目:国家高技术研究发展计划(“863 计划”)(2012AA101106);国家自然科学基金(31271750);国家公益性行业(农业)科研专项经费(201203026-4);长江学者和创新团队发展计划(PCSIRT13073);江苏省优势学科建设工程专项(PAPD);江苏省现代作物生产协同创新中心项目(JCIC-MCP);转基因生物新品种培育重大专项(2014ZX08004001-010)。
第一作者简介:程伟(1988-),男,硕士,主要从事大豆抗病研究。E-mail:chengwei124@sina.cn。
通讯作者:赵团结(1969-),男,教授,博导,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: tjzhao@njau.edu.cn。

关病害的报道^[12-14]。张佳环等^[15]在北京、武汉、贵州、云南、南京、苏州等省区都采集到了大豆细菌性斑点病样本,并成功分离了致病菌株 4 号生理小种和 5 号生理小种。

我国抗大豆细菌性斑点病的大豆材料已有一些报道,张佳环等^[16]对东北 12 个品种抗性鉴定发现丹豆 4 号和吉农 1 号对该病 2 号和 4 号生理小种有抗性,绥农 7 号、合丰 31、吉农 2 号、吉农 7 号和黑农 25 抗 4 号生理小种,绥农 8 号抗 2 号生理小种。孙永吉等^[17]1982-1985 年期间对收集 1 253 份大豆品种进行抗性鉴定,鉴定结果表明高杭材料 322 份,抗病材料 247 份。2005 年张淑珍等^[5]对收集到的 108 份大豆种质进行盆栽,用针刺法人工接种鉴定,鉴定出垂直抗性较好的大豆种质九丰 5 号、农大 9799、铁丰 18、九丰 4 号、东农 42、黑河 9 号和合丰 15 等 15 份材料,24 个大豆种质表现为中间类型。美国一些品种如 Avery、PI68708、PI189968、Flambeau 和 Norchief 对此病害有抗性^[18-19]。然而,随着时间的推移和病原菌生理小种的分化,以前鉴定出的抗病品种已经不能满足现实农业生产的需求。截至目前,对黄淮和南方地区夏大豆对大豆细菌性斑点病的抗性还没有较系统的研究报道。因此,本研究拟对适合江淮地区种植的一批夏大豆新品种(系)及亲本材料进行接种鉴定,以期了解本地种质资源抗性水平,并筛选出抗大豆细菌性斑点病菌的优异抗源,服务抗病遗传育种工作。

1 材料与方法

1.1 材料

供试大豆材料共 309 份,包括适合鲁豫苏皖淮东北地区种植的夏大豆品种(系)及亲本材料 140 份,适合江淮及长江以南地区种植的夏大豆品种(系)及亲本材料 169 份,由南京农业大学国家大豆改良中心种质库提供。

大豆细菌性斑点病菌株 S1 是从黑龙江省佳木斯市发病严重豆田采集样本分离鉴定获得^[20],由南京农业大学植保学院植病系植物病原细菌实验室提供。将菌株在 NA 平板上培养 24~48 h,取单菌落在 KB 培养基上培养,然后在 28℃,220 r·min⁻¹摇床上摇菌 24 h 后用灭菌蒸馏水配成浓度为 5×10⁸ CFU·mL⁻¹ 的细菌悬浮液,用于田间接种试验。

1.2 试验设计

2013 年在南京农业大学江浦农学站进行田间试验,随机区组设计,3 次重复,田间调查株高、主茎节数、分枝数、开花期、成熟期性状。收获种子用于 2014 年田间抗性鉴定及蛋白质、油脂、百粒重性状的测量。品质分析使用 FOSS 公司生产的 1255 型近红外仪。

接种试验于 2014 年在南京农业大学江浦农学站网室进行,裂区设计,主区设接 S1 菌株和清水对照 2 个处理。穴播,每穴 5~8 苗,2 次重复。在大豆第 3 片复叶展开期进行大田接种,间隔 10 d 后再接种一次,采用高压喷雾方法^[16-17,21]在叶正背两面喷雾接种,接种后第 20 和 30 天分别调查两个重复的发病情况。

参照同类病害的抗病性分级标准^[21-22],以病斑多少、病斑在叶片上所占的面积以及病斑是否扩展判断病情的严重程度,将感病度记载为 1,3,5,7 级(图 1)。分级标准:1 级为叶片无病斑或仅散生少量局限型褐色斑点,直径 0.5 mm 左右,病斑占叶面积 1% 以下;3 级为病斑散生,较多局限型或不规则型斑点,直径 1~2 mm,占叶面积 5%~10%;5 级为病斑不规则,扩展相连呈小片坏死斑,占叶面积 10%~25%;7 级为病斑扩展,大块连片,占叶面积 26% 以上,叶片枯萎死亡。不同材料的抗性等级由感病度的平均值 \bar{x} 划分:高抗(HR)为 $\bar{x}=1.0$,抗(R)为 $1.0<\bar{x}\leq 3.0$,感(S)为 $3.0<\bar{x}\leq 5.0$,高感(HS)为 $\bar{x}>5.0$ 。

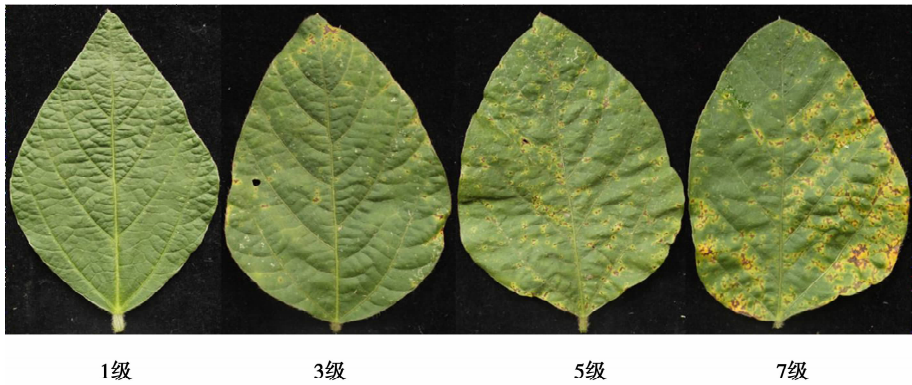


图 1 叶片症状及抗病反应级别

Fig. 1 Leaf symptoms and reaction scale of the resistance to *Pseudomonas syringae*

1.3 数据分析

供试材料抗病级别与农艺性状间的相关分析采用 SPSS Statistics V 21 进行。

2 结果与分析

2.1 大豆种质接种细菌性斑点病 S1 小种的症状反应

田间发病情况表明,大豆细菌性斑点病发生普遍,在大豆各生育时期均有发生。种子发病表现出侵入点呈灰白色,周围有褐色斑;子叶表现为褐色褪绿斑,呈水浸状;复叶表现多为水浸斑或褐色坏死斑,周围有褪绿晕圈,病斑直径为 3~4 mm。不同级别抗性反应的症状特点如图 1 所示,抗感品种差异明显。

2.2 不同地区大豆种质对细菌性斑点病 S1 小种的抗性表现

从表 1 可见,在接种鉴定的 309 份材料中,表现高抗的有 61 份,占 19.74%;表现中度抗性的材料有 68 份,占鉴定材料的 22.01%;表现感病和高感的材料分别有 99 份和 81 份,二者之和占总数的 58.25%。

来自淮北地区的 140 份夏大豆品种(系)及其

亲本中,表现抗性(高抗+抗)的有 68 份,占鉴定材料的 48.57%;其余为感病材料。来自淮南地区的 169 份夏大豆品种(系)及其亲本中,表现抗性(高抗+抗)的材料有 61 份,占鉴定材料的 36.10%;其余为感病材料。(表 1)。供试淮南种质中感病和高感类型所占比例达 63.61%,高于淮北材料。不同地区的品种(系)对大豆细菌性斑点病的抗性存在一定差异。

进一步分析供试材料对大豆细菌性斑点病菌 S1 抗性反应等级与植株株高、主茎节数、分枝数、开花期、成熟期、蛋白质含量、油脂含量、百粒重 8 个性状间的简单相关系数。结果表明,所研究的 309 份材料植株对 S1 菌株的抗性反应等级与植株开花期呈显著正相关($r=0.122$)。不同地区材料的相关性也有差异,淮北夏大豆抗性反应与植株成熟期($r=0.192$)、蛋白质含量($r=0.218$)呈显著正相关,与油脂含量($r=-0.204$)呈显著负相关。淮南夏大豆抗性反应与与植株成熟期($r=-0.222$)呈显著负相关。抗性反应等级与其它性状间相关性不显著(表 2)。

表 1 供试大豆品种(系)对大豆细菌性斑点病 S1 小种的抗感反应
Table 1 Resistance reaction of the soybean varieties (lines) to bacterial leaf spot S1 strain

抗感反应 Reaction of resistance	淮北材料 Variety(line) from northern Huaihe River region		淮南材料 Variety(line) from southern Huaihe River region		所有材料 Whole sample	
	材料比例	抗性等级	材料比例	抗性等级	材料比例	抗性等级
	Sample propotion/%	Resistant rank	Sample propotion/%	Resistant rank	Sample propotion/%	Resistant rank
高抗 HR	38(27.14)	1.0±0	23(13.61)	1.0±0	61(19.74)	1.0±0
抗病 R	30(21.43)	2.39±0.53	38(22.49)	2.46±0.53	68(22.01)	2.43±0.53
感病 S	41(29.29)	4.12±0.59	58(34.32)	4.37±0.60	99(32.04)	4.27±0.61
高感 HS	31(22.14)	6.30±0.58	50(29.29)	6.20±0.62	81(26.21)	6.25±0.64
合计 Sum	140(100)		169(100)		309(100)	

表 2 供试材料的植株抗感反应与 8 个农艺品质性状的相关分析
Table 2 Correlation analysis between the soybean resistance reaction level and eight agronomic and quality traits

材料来源	株高	主茎节数	分枝数	开花期	成熟期	蛋白质含量	油脂含量	百粒重
Source of variety	Plant height	Nodes number on main stem	Branch number	Flowering time	Growth period	Protein content	Oil content	100-seed weight
淮北 Northern Huaihei River region	0.068	0.136	0.021	0.107	0.192 *	0.218 *	-0.204 *	0.012
淮南 Southern Huaihe River region	-0.039	-0.012	-0.002	0.011	-0.222 **	0.024	-0.016	0.066
所有材料 Total	0.054	0.111	0.031	0.122 *	0.069	0.095	-0.110	0.031

* 和 ** 分别代表在 0.05 和 0.01 水平达到显著相关。
* and ** represent the correlation at the level of $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively.

2.3 优异抗源筛选与特性分析

表 3 列出适合淮北和淮南种植的高抗材料。淮北地区的高抗代表品种(系)有 NG5545、淮豆 11、淮豆 7 号、六丰、泗豆 520、徐豆 14~18、NJ092、NJ127、NJ153 等品种(系),淮南地区高抗代表品种(系)有南农 99-6、南雄黄豆、NJ547、NJ165、NJ171、NJ184 等。一些新品种如南农 33、南农 39、通豆 8 号、通豆 6 号等的抗性等级表现为抗病。

从表 3 可见,高抗材料中存在一些优质材料,如适合淮北地区种植的 NJ154 和 NJ595 蛋白质含量分

别为 50.7% 和 47.1%,SF553 油脂含量为 22.6%;适合淮南地区种植的南雄黄豆和 NG6255 蛋白质含量分别为 48.7% 和 48.6%,NJ585 油脂含量为 21.7%。这些材料可用于培育优质高抗品种。供试材料中还有 37 份适合作为鲜食大豆的大粒种质,表现高抗或中抗的材料一共有 15 份,其中 11 份为来自淮北地区的夏大豆,4 份为来自淮南地区的夏大豆。高抗材料滁豆 1 号百粒重达 31.4 g,淮南地区 NJ600 百粒重值最大为 37.2 g。

表 3 部分高抗品种(系)及其农艺品质性状表现
Table 3 Performance of some agronomic and quality traits of some highly resistant varieties (lines)

材料名称 Variety (line)	适应区 Area	株高 Plant height/cm	主茎节数 Nodes number on main stem	生育期 Whole growth period/d	蛋白质含量 Protein content/%	油脂含量 Oil content/%	百粒重 100-seed weight /g
NG5545	淮北	78.3	19.2	105.3	44.5	18.8	16.6
Graham	淮北	42.8	11.6	114.0	39.2	22.4	11.3
NG94-14	淮北	49.2	15.1	100.0	46.4	18.2	25.2
NG94-16	淮北	57.2	13.8	109.0	46.8	18.4	27.4
NJ092	淮北	47.9	13.9	102.3	45.8	17.1	17.0
NJ127	淮北	93.0	23.0	109.7	44.5	19.8	22.1
NJ153	淮北	94.6	20.4	115.3	46.2	19.8	22.8
NJ154	淮北	49.3	12.6	96.0	50.7	16.4	18.6
NJ155	淮北	56.7	14.2	105.3	43.2	21.3	20.9
NJ171	淮北	88.1	18.4	112.0	44.2	20.0	14.9
NJ199	淮北	90.4	19.8	109.7	45.2	19.1	18.5
NJ251	淮北	50.8	13.9	91.0	43.4	18.9	14.4
NJ342	淮北	54.4	14.2	104.3	45.8	19.1	23.2
NJ346	淮北	70.8	17.8	105.0	47.1	16.5	15.1
NJ350	淮北	98.1	20.8	112.0	43.2	21.5	18.8
NJ365	淮北	46.8	12.9	97.5	46.0	18.9	19.7
NJ376	淮北	54.2	16.0	100.0	44.9	21.2	22.7
NJ394	淮北	105.3	22.0	104.7	44.0	19.7	16.1
NJ395	淮北	87.7	21.2	102.7	42.2	20.9	13.6
NJ405	淮北	93.0	21.4	102.7	43.7	21.2	21.3
NJ424	淮北	96.1	24.4	109.7	40.7	21.6	16.7
NJ595	淮北	56.5	15.4	102.7	47.1	18.1	25.8
SF553	淮北	70.1	23.3	102.3	39.6	22.6	11.2
SF556	淮北	82.4	20.2	114.0	42.6	21.2	17.6
SF558	淮北	85.6	21.3	110.5	42.9	21.7	17.4
SF564	淮北	55.8	18.0	102.7	40.9	20.9	15.2
SF568	淮北	43.1	13.0	100.0	44.9	20.6	20.7
滁豆 1 号 Chudou 1	淮北	63.8	14.7	109.7	44.5	21.2	31.4
淮豆 7 号 Huaidou 7	淮北	65.0	14.6	94.3	45.5	19.6	17.5
淮豆 11 Huaidou 11	淮北	53.3	13.3	105.0	43.6	21.2	17.4
六丰 Liufeng	淮北	46.4	12.1	93.0	43.7	20.5	19.3
泗豆 520 Sidou 520	淮北	67.0	16.3	96.7	43.4	19.8	19.0
徐豆 14 Xudou 14	淮北	54.9	12.9	97.3	42.7	20.7	19.7
徐豆 15 Xudou 15	淮北	52.3	12.7	103.7	44.0	20.0	20.1
徐豆 16 Xudou 16	淮北	51.8	12.8	105.3	44.1	20.3	21.8
徐豆 17 Xudou 17	淮北	52.3	12.8	96.7	43.4	20.8	20.7

续表 3

材料名称 Variety (line)	适应区 Area	株高 Plant height/cm	主茎节数 Nodes number on main stem	生育期 Whole growth period/d	蛋白质含量 Protein content/%	油脂含量 Oil content/%	百粒重 100-seed weight /g
徐豆 18 Xudou 18	淮北	51.8	12.2	101.0	45.3	20.1	18.8
D76-1609	淮南	62.3	15.6	129.3	47.1	18.0	13.2
NG6255	淮南	55.9	16.3	116.7	48.6	15.6	11.9
NJ165	淮南	115.6	25.7	115.3	45.3	19.8	16.0
NJ184	淮南	102.1	24.4	118.7	43.9	20.2	17.4
NJ192	淮南	102.3	25.7	118.7	45.4	18.8	18.6
NJ193	淮南	104.7	23.0	118.7	45.7	18.7	15.4
NJ201	淮南	93.3	25.0	119.0	39.8	21.4	14.5
NJ278	淮南	60.0	18.4	114.0	41.5	21.6	13.1
NJ345	淮南	95.5	18.3	125.7	43.8	20.3	14.6
NJ358	淮南	106.0	25.3	122.7	44.2	18.9	18.8
NJ412	淮南	63.1	18.8	117.7	42.5	21.1	12.4
NJ463	淮南	78.1	18.5	128.3	41.9	21.2	31.2
NJ537	淮南	122.2	29.4	140.0	45.8	18.4	21.2
NJ543	淮南	69.0	14.3	136.7	43.4	19.5	21.4
NJ551	淮南	99.2	25.6	119.3	44.0	18.9	17.1
NJ581	淮南	94.9	24.4	123.3	44.0	17.6	24.5
NJ585	淮南	57.4	16.3	125.7	39.1	21.7	14.3
NJ586	淮南	82.2	24.6	119.3	41.5	20.1	16.0
NT-1	淮南	69.8	20.1	117.3	40.9	20.5	15.9
NN99-6	淮南	95.1	22.8	122.3	43.4	19.1	16.1
南雄黄豆 Nanxionghuangdou	淮南	121.9	25.8	140.0	48.7	18.2	24.1

3 结论与讨论

大豆细菌性斑点病在高温高湿条件下易于发生流行,而防治此病害的最好方法是培育抗病品种。孙永吉等^[17]、张佳环等^[15]和张淑珍等^[5]对我国北方地区抗病品种已有报道。但是对黄淮海地区研究较少,本研究对 309 份江淮大豆育种种质接种 S1 菌株,结果发现来自淮北地区的种质的抗病性总体上优于淮南材料,共筛选出 61 份高抗种质和 68 份中抗种质。此外新六青、合丰 35、周 92029-2、浙春 3 号、圣丰 007、灌豆 2 号、垦丰 16、淮豆 9 号、台湾 75、自贡冬豆、NG94-156、南农 33、南农 39、通豆 8 号、通豆 6 号等品种(系)也表现为抗病。抗性材料邯郸里外青、滁豆 1 号、六丰、新六青、苏鲜豆 21 等为鲜食大豆类型,可有效防治大豆细菌性斑点病,提高豆荚品质。这些抗源中,南农 99-6、苏鲜 21、徐豆 16、D76-1609、南农 94-16、台湾 75、通豆 6 号等对大豆细菌性斑疹病菌 B523、C5 菌株也表现出较好抗性^[23]。发掘出 NJ154、NG6255 等具有高蛋白品种特性及 SF553、NJ585 等具有高油脂品种特性的优质抗源,一些抗源同时具有高蛋白质和高油脂含量特性,为抗大豆细菌性斑点病遗传育种研究提供新的亲本材料。

本研究发现适合不同地区的材料对大豆细菌性斑点病的抗性存在一定差异,这有可能与地区流行的大豆细菌性斑点病病菌、生态环境条件以及所选育品种的遗传基础有关。Wrather 等^[18]对抗、感品种 Pershing、Avery 进行不同耕作方式下发病程度试验发现,品种与耕作方式间存在显著互作效应,传统耕作方式下感病品种 Pershing 发病程度高于免耕方式,抗病品种 Avery 的发病程度则无影响。表明有效栽培和田间管理措施在一定程度上可提高大豆对细菌性斑点病的抗性。

相关分析发现供试材料的抗病反应等级与植株的成熟期、蛋白质、油脂含量显著相关。表明植株的这些特性对大豆抗病性有一定的影响。目前只有 4 个大豆细菌性斑点病抗病基因位点被报道,分别为 *Rpg1*、*Rpg2*、*Rpg3*、*Rpg4*^[24]。根据 SoyBase QTL 定位数据,*Rpg1* 在染色体上的位置与油脂 QTL 位点 Seed oil 13-3,蛋白质 QTL 位点 Seed protein 21-6 的位置相近,*Rpg4* 与成熟期 QTL Pod maturity 16-4 的位置相近。这可能是大豆对大豆细菌性斑点病菌 S1 抗性 with 植株成熟期、油脂含量、蛋白质含量存在相关性的主要原因。还有待更深入的研究以揭示抗大豆细菌性斑点病抗性基因的遗传机制,进而有利于繁育优质大豆抗性品种。

参考文献

[1] Wrather J A, Anderson T R, Arsyad D M, et al. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994 [J]. Plant Disease, 1997, 81(1): 107-110.

[2] 孙殿君, 刘春燕, 李涛, 等. 大豆细菌性斑点病的发病原因与防治方法[J]. 大豆科技, 2014(3): 11. (Sun D J, Liu C Y, Li T, et al. Pathogenesis and prevention methods of bacterial blight disease of soybean[J]. Soybean Science & Technology, 2014(3): 11.)

[3] 韩雪. 大豆细菌斑点病的发生原因及防治[J]. 现代化农业 2006(1): 14. (Han X. The causes and prevention of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* of soybean [J]. Modernizing Agriculture, 2006(1): 14.)

[4] 王玉全, 李祥羽, 徐鹏飞, 等. 黑龙江省大豆细菌性斑点病病原菌的分离鉴定及病害分布研究[J]. 黑龙江农业科学, 2006(6): 34-35. (Wang Y Q, Li X Y, Xu P F, et al. Study on the Isolation and identification of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* and its distribution in Heilongjiang province [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2006(6): 34-35.)

[5] 张淑珍, 徐鹏飞, 雷虹, 等. 黑龙江省大豆细菌性斑点病菌生理小种鉴定及抗性资源筛选[J]. 大豆科学, 2006, 25(2): 141-144. (Zhang S Z, Xu P F, Lei H, et al. Study on the race identification of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* and screening of resistance resource of soybean [J]. Soybean Science, 2006, 25(2): 141-144.)

[6] 张佳环, 高洁, 袁美丽, 等. 大豆细菌性斑点病菌生理小种的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2002, 24(2): 100-103. (Zhang J H, Gao J, Yuan M L, et al. Studies on physiological races of *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea* [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2002, 24(2): 100-103.)

[7] Thomas M D, Leary J V. A new race of *Pseudomonas glycinea* [J]. Phytopathology, 1980, 70(4): 310-312.

[8] Fett W F, Sequeira L. Further characterization of the physiologic races of *Pseudomonas glycinea* [J]. Canadian Journal of Botany, 1981, 59(3): 283-287.

[9] Kucharek T, Stall B. A bacterial leafspot of soybean caused by a new race of *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea* [C]. Proceedings, Soil and Crop Science Society of Florida. 1985, 44: 174-177.

[10] Staskawicz B, Dahlbeck D, Keen N, et al. Molecular characterization of cloned avirulence genes from race 0 and race 1 of *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea* [J]. Journal of Bacteriology, 1987, 169(12): 5789-5794.

[11] 高洁, 张佳环. 我国大豆细菌性斑点病菌生理分化的初步研究[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20(1): 10-12. (Gao J, Zhang J H. Physiological specialization of the bacterial blight pathogen of soybean, *P. syringae* pv. *Glycinea* [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 1998, 20(1): 10-12.)

[12] 林艺. 淮北地区夏大豆田间常见病虫害的识别与防治技术[J]. 安徽农学通报, 2013, (8): 78-79. (Lin Y. The identification and prevention of common pests and diseases of summer soybean field [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2013(8): 78-79.)

[13] 张光秀. 黄淮地区大豆常见病虫害防治技术 [J]. 种业导刊, 2014(6): 22-25. (Zhang G X. Prevention of common pests and diseases of soybean field [J]. Journal of Seed Industry Guide, 2014(6): 22-25.)

[14] 王大刚, 智海剑, 黄志平, 等. 黄淮海南部地区大豆主要病虫害种类及防控措施 [J]. 大豆科技, 2011(5): 23-26. (Wang D G, Zhi H J, Huang Z P, et al. The identification and prevention of common pests and diseases of Huang-Huai-Hai soybean field [J]. Soybean Science & Technology, 2011(5): 23-26.)

[15] 张佳环, 高洁. 大豆细菌性斑点病菌生理小种分布的研究[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(1): 24-26. (Zhang J H, Gao J. Studies on distribution of physiological races of *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2003, 25(1): 24-26.)

[16] 张佳环, 高洁. 大豆品种对大豆细菌性斑点病的抗性鉴定[J]. 大豆科学, 2000, 19(2): 180-183. (Zhang J H, Gao J. Identification of the resistance of soybean varieties to bacterial blight disease of soybean [J]. Soybean Science, 2000, 19(2): 180-183.)

[17] 孙永吉, 刘宗麟, 刘玉芝, 等. 大豆品种资源抗细菌斑点病鉴定与评价[J]. 大豆科学, 1989, 8(2): 185-189. (Sun Y J, Liu Z L, Liu Y Z, et al. Evaluation and identification of soybean cultivars and lines for resistance to bacterial blight [J]. Soybean Science, 1989, 8(2): 185-189.)

[18] Wrather J A, Anderson S H, Wollenhaupt N C, et al. Effects of tillage, row width, and cultivar on foliar diseases of double-crop soybean [J]. Plant Disease, 1993, 77(11): 1151-1152.

[19] 丁俊杰. 大豆细菌斑点病抗性鉴定的研究概况 [J]. 黑龙江农业科学, 2013(1): 132-134. (Ding J J. The research status of the resistance identification to *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea* [J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2013(1): 132-134.)

[20] 张金梅. 大豆细菌性斑点病原物的分离鉴定及其两个Ⅲ型效应因子的克隆与功能研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2011. (Zhang J M. Identification of the causal organism of soybean bacterial spots and two type Ⅲ secreted effectors' s clone and functional analysis [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011.)

[21] 郭亚辉, 许志刚, 杨光. 大豆品种对大豆细菌性斑疹病的抗性[J]. 大豆科学, 2011, 30(2): 263-265. (Guo Y H, Xu Z G, Yang G. Resistance of soybean varieties to bacterial pustule spot [J]. Soybean Science, 2011, 30(2): 263-265.)

[22] 邱丽娟, 常汝镇, 刘章雄, 等. 大豆种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006. (Qiu L J, Chang R Z, Liu Z X, et al. Descriptors and data standard for soybean (*Glycine* spp.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.)

[23] 徐媛, 程伟, 伍辉军, 等. 大豆细菌性斑疹病的病原鉴定及大豆新种质抗性评价[J]. 大豆科学, 2015, 34(3): 463-469. (Xu Y, Cheng W, Wu H J, et al. Identification of pathogen causing bacterial pustule spot of soybean and resistance evaluation of new soybean germplasm [J]. Soybean Science, 2011, 34(3): 463-469.)

[24] Keen N T, Buzzell R I. New disease resistance genes in soybean against *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*: Evidence that one of them interacts with a bacterial elicitor [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1991, 81(1): 133-138.