

菜豆种质资源抗普通细菌性疫病鉴定

朱吉风, 武 晶, 王兰芬, 朱振东, 王述民

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:采用针刺叶片接种法、温室地面水层保湿方式, 对 146 份普通菜豆种质资源进行抗普通细菌性疫病鉴定和评价, 结果表明, 该接种方法简便实用, 保湿方式效果良好, 鉴定结果准确; 从 146 份普通菜豆种质中筛选出抗病种质(R) 2 份、中抗(MR) 种质 50 份、感病(S) 种质 81 份、高感种质(HS) 13 份。本研究表明针刺叶片接种、温室地面水层自然蒸发保持湿度可以作为大规模菜豆抗普通细菌性疫病鉴定的适宜方法。

关键词:水层保湿; 普通细菌性疫病; 针刺叶片法; 资源筛选

Screening of Resistant Germplasm Resources to Common Bacterial Blight on Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

ZHU Ji-feng, WU Jing, WANG Lan-feng, ZHU Zhen-dong, WANG Shu-min

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: By using ground storage water to moisturize after needle method, 146 accessions were evaluated for resistance to common bacterial blight of common bean in the greenhouse. The results showed that the inoculation was reliable. Combined with moisturizing of ground storage water after inoculation by needle method, we found 2 resistant, 50 moderately resistant, 81 susceptible and 13 high susceptible accessions of germplasm resources. This paper provided a reference method to evaluate resistant resources to common bacterial blight of common bean. The inoculation technique could be used as a basal identification method of seedling stage resistance to common bacterial blight in the greenhouse.

Key words: storage water; common bacterial blight; needle method; resistant germplasm resources screening

普通菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.) 是世界上种植面积仅次于大豆的食用豆类, 是人类膳食中重要的植物蛋白来源之一^[1]。由地毯草黄单胞杆菌菜豆致病变种(*Xap*, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) 和褐色黄单胞菌褐色亚种(*Xff*, *X. fuscans* subsp. *fuscans*) 引起的菜豆普通细菌性疫病(common bacterial blight of common bean) 是目前菜豆生产上的主要病害之一, 可导致 20% ~ 60% 的产量损失, 严重时损失高达 80%, 甚至绝产^[2]。近年来该病在我国菜豆主产区有逐年加重的趋势^[3], 严重威胁着我国普通菜豆的生产。

防治普通细菌性疫病最经济安全有效的方法是种植抗病品种^[4]。国外比较早地开展了抗菜豆普

通细菌性疫病的种质资源筛选及抗病育种工作, 利用普通菜豆及其近缘种(多花菜豆、宽叶菜豆等), 通过种内杂交或种间杂交培育抗病种质, 并应用于育种研究中^[5-8]。我国对菜豆普通细菌性疫病的研究起步较晚^[3, 9-10], 抗病种质缺乏, 抗病育种尚未开始, 生产上应用的多数品种感病较重, 对菜豆的产量和品质造成了极大影响。因此, 筛选抗病种质资源、发掘抗病基因、开展抗病育种意义重大。

菜豆普通细菌性疫病的抗病性鉴定是筛选抗病种质、发掘抗病基因、开展抗病育种的基础。而稳定准确的鉴定方法则是开展这些研究的关键。针刺叶片法是目前菜豆普通细菌性疫病抗病性鉴定中普遍采用的接种方法^[6-8, 11-12], 接种后的保湿方式直接影

收稿日期: 2015-01-09 修回日期: 2015-03-02 网络出版日期: 2015-04-10

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150410.1629.021.html>

基金项目: 食用豆现代农业产业技术体系(CARS-09); 科技支撑计划(2013BAD01B03-18a); 中国农业科学院科技创新工程

第一作者研究方向为作物种质资源。E-mail: zhujifeng0224@163.com

通信作者: 王述民, 研究方向为作物种质资源。E-mail: wangshumin@caas.cn

响着发病效果及鉴定结果。本研究首先探索了针刺叶片法接种后两种不同的保湿方式,以获得更方便有效的保湿方法,提高接菌鉴定的准确性;另外,采用针刺叶片法并用接种后地面水层保湿的方式,对 146 份普通菜豆种质进行抗菜豆普通细菌性疫病的鉴定和评价,筛选抗病种质资源,验证温室苗期人工接种鉴定菜豆普通细菌性疫病的可靠性,为大规模进行菜豆普通细菌性疫病抗病性鉴定提供参考方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究所采用的病原菌为地毯草黄单胞杆菌菜豆致病变种(-*Xap*)菌株 XS₂,于 2010 年从山西省岢岚县采集的种子样品中分离获得^[13],由本实验室保存。

146 份普通菜豆种质由中国农业科学院作物科学研究所提供,冬季在中国农业科学院作物科学研究所检疫基地温室内进行抗病性鉴定。其中感病材料英国红^[13]选取 30 粒饱满无病种子,播种于口径为 23 cm × 18 cm × 18 cm 的花盆中,每盆种 5 粒,共种 6 盆,用于探索针刺接种后有效的保湿方式;其余每份材料选取 5 粒种子,播种于同样规格的花盆中,在有效保湿条件下,用于针刺叶片法接种鉴定,控制室内温度白天为 28 ± 2 °C、晚上为 20 ± 2 °C。

1.2 接种体制备

取保存于 -80 °C 冰箱的 -*Xap* 菌株 XS₂,利用牛奶吐温培养基(简称 MT)重新纯化,然后将纯化的 XS₂转入牛肉膏蛋白胨液体培养基(简称 NB)中,28 °C 200 r/min 振荡培养 48 h,用灭菌蒸馏水稀释至菌液浓度为 1 × 10⁸ cfu/mL,用于接种。MT 培养基制备方法参考 ISTA(International Seed Testing Association)方法^[14]。NB 培养基成分包含 5 g NaCl、3 g 牛肉膏、10 g 胰蛋白胨和 1000 mL 蒸馏水,调节 pH 值为 6.6 ~ 7.2,121 °C 高压蒸汽灭菌 20 min。

1.3 接种方法及抗性评价

1.3.1 针刺叶片法及接种后保湿 当普通菜豆的第 1 片 3 出复叶完全展开后参照 M. Zapata^[15]进行接种。具体操作方法简述如下:用沾有菌液的 200 μL 微量吸头的枪尖在 3 出复叶中间小叶右半边中部距主脉 0.5 cm 左右处等距离刺穿 3 个位点,使病原菌通过伤口侵入寄主组织,以无菌水接种的 3 出复叶中间小叶的左半边为对照(图 1)。

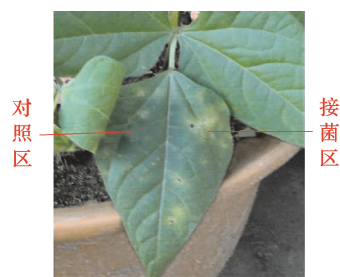


图 1 针刺叶片接种法

Fig. 1 Needle method

接种后,采用两种不同的方式对接种植株进行保湿。第 1 种方法是将接种植株置于白天温度为 28 ± 2 °C、晚上为 20 ± 2 °C 的温室中,利用加湿器连续保湿 3 d,然后每隔 1 d 开动加湿器进行保湿,接种 10 d 后停止保湿;第 2 种保湿方法是在相同的温度条件下,接种后保持温室地面 3 ~ 4 cm 的水层,依靠温室内水分的自然蒸发连续保湿 10 d;这两种保湿方式的室内相对湿度均保持在 75% ~ 100%^[13]。

1.3.2 评价标准与数据分析 接种 14 d 后,调查接种植株叶片的发病情况,参照 M. Zapata^[15]评级标准(表 1),逐个调查记录每株接种叶片的发病严重程度,并计算平均发病级别。

$$\text{平均发病级别}(\bar{X}) = \sum_{i=1}^n = 1(X_i \cdot a_i) / \sum a_i$$

式中: X_i —发病级别; a_i —各级病叶数; $\sum a_i$ —调查的总叶片数。

表 1 温室条件下针刺叶片法接种菜豆普通细菌性疫病菌的病害分级标准

Table 1 Grading system for trifoliate leaf after inoculation with needle method

发病级别 Rating scale	病症特征 Symptoms describe
1	无明显症状
2	接种区针口周围开始变色,但区域不超过 2 mm
3	接种区针口周围变色枯萎 3 ~ 5 mm
4	接种区针刺点周围枯萎变色且连接合并
5	接种区完全变色
6	接种区完全变色且小于 1/3 的对照区枯萎变色
7	1/3 的对照区枯萎变色
8	2/3 的对照区枯萎变色
9	中间小叶全部枯萎变色
10	中间小叶全部枯萎变色,左右 2 个小叶也枯萎变色

为区分不同种质间抗感差异,参照 M. Zapata 等^[12,16]、M. A. P. Corrales 等^[17]的方法,制定菜豆普通细菌性疫病抗病等级划分标准,根据平均发病级别将普通菜豆对菜豆普通细菌性疫病的抗性划分为

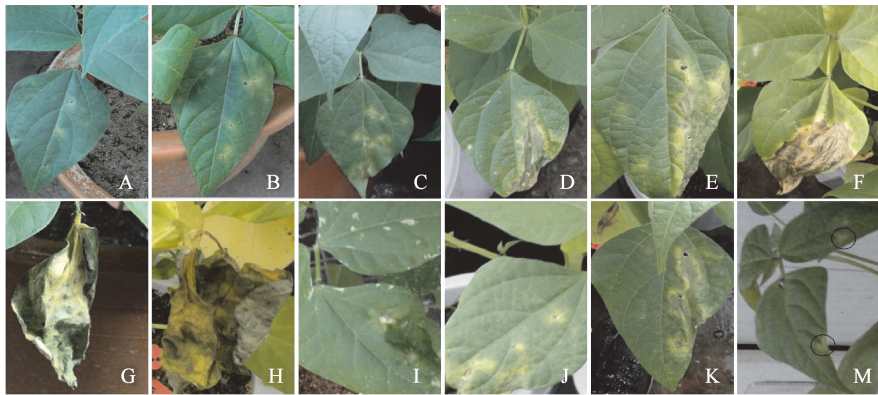
抗 ($R, \bar{X} \leq 2$)、中抗 ($MR, 2 < \bar{X} \leq 4$)、感病 ($S, 4 < \bar{X} \leq 8$) 和高感 ($HS, \bar{X} > 8$) 4 个等级。

2 结果与分析

2.1 针刺接种后两种保湿方式下植株发病情况比较

接种后感病植株叶片的一般发病过程如下:3 ~ 5 d 后叶片接种区针刺周围开始产生半透明、水渍状小斑点,7 ~ 9 d 后病斑扩大、颜色加深,14 d 后病斑周围萎黄、感病区干枯变褐。接种植株在温室地面水层保湿条件下,病斑仅从叶片接种区域向外扩展,接种叶片病斑扩展情况仅因品种而异,抗性好的品种接种后,仅在接种点周围形成小斑点且不向外扩展(图 2A、2B);抗性一般的品种接种 10 d 后接种针刺点向外扩展为圆形病斑,有时针刺点周围病斑

虽合并却不向外扩展(图 2C、2D);感病品种接种后,病斑迅速扩大为不规则圆形病斑,10 ~ 14 d 后病斑合并后覆盖中间小叶的接种边或对照边(图 2E、2F),甚至病斑覆盖整个接种小叶乃至整个复叶(图 2G、图 2H),导致叶片萎蔫下垂、干枯、坏死(图 2H),最后脱落。采用喷雾加湿器对接种植株进行保湿,同一材料的发病情况并不稳定,植株叶片的发病情况除取决于材料本身的抗病程度外,有时还与接种材料的摆放位置等其他原因有一定的关系,如同一材料离加湿器远近不同,接种叶片上病斑扩展情况或发病程度可能会不同(图 2I、2J、2K),甚至有些未接种叶片上也会有病斑形成(图 2M)。通过观察比较两种保湿条件下接种植株的发病情况发现,接种后利用水层保湿法获得的鉴定结果更可靠、准确。



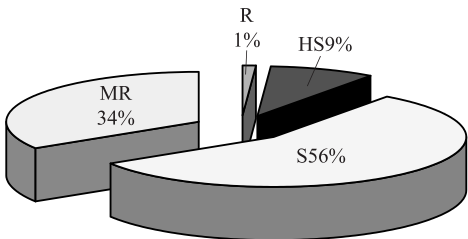
A~H:水层保湿条件下的接种植株叶片发病症状;I~J:利用加湿器加湿的接种植株叶片发病症状;M:黑圈里为病斑
A-H:Symptoms of plants by using storage water moisturizing,
I-J:Symptoms of plants by using humidifier moisturizing, M:Disease spots in black circles

图 2 温室内利用针刺叶片法接种的植株叶片发病症状

Fig. 2 Symptoms on inoculated plants using needle method in greenhouse

2.2 普通菜豆种质资源抗病性鉴定结果

本研究采用针刺叶片接种法、温室地面水层保湿方式,对 146 份普通菜豆种质资源进行抗病性鉴定,根据上述评级标准及抗性等级划分,温室鉴定评价结果如图 3 与表 2 所示,在 146 份种质中,共筛选出抗病种质 2 份,占供试种质的 1%;中抗 50 份,占 34%;感病 81 份,占 56%;高感 13 份,占 9%。所有抗性材料(抗病和中抗)的平均发病级别处在 1.8 ~ 4.0 之间(表 2);其中,2 份抗病种质分别为来自内蒙古的金连豆(全国统一编号 F0004217)和来自美国的 1 份菜豆种质(全国统一编号 F0003370),50 份中抗种质中有 33 份来源于我国,16 份来自国外,1 份来源不详(表 2)。



R:抗病;MR:中抗;S:感病;HS:高感;下同
R;Resistant, MR; Moderately resistant, S;Susceptible,
HS;High susceptible, The same as below

图 3 针刺叶片法鉴定 146 份种质资源抗性结果

Fig. 3 The resistant results to CBB of 146 accessions of common bean germplasm resources by needle method

表 2 针刺叶片法筛选的普通菜豆抗病种质资源

Table 2 Screening of resistant germplasm resources by needle method

统一编号 Accession No.	种质名称 Variety	来源 Origins	$\bar{X}$	抗病等级 Resistance	统一编号 Accession No.	种质名称 Variety	来源 Origins	$\bar{X}$	抗病等级 Resistance
F0004321	ANT49	CIAT	9.3	HS	F0005245	龙 270270	黑龙江	3.3	MR
F0004334	LRK32	CIAT	2.5	MR	F0005246	龙 270280	黑龙江	3.3	MR
F0004341	Mar-49	CIAT	4.0	MR	F0005249	龙 270709	黑龙江	4.8	S
F0004374	DRK139	CIAT	3.4	MR	F0003557	高四季豆	湖北	3.0	MR
F0004395	ISB-82-865	CIAT	5.0	S	F0003561	鸡窝梅豆子	湖北	5.0	S
F0004404	DOR482	CIAT	4.0	MR	F0003562	四季豆	湖北	4.4	S
F0004410	VIVA	CIAT	3.8	MR	F0003632	鸡窝梅豆	湖北	5.0	S
F0005514	GURGUTUBA	巴西	3.8	MR	F0004497	花生豆	湖北	4.2	S
F0005524	60 dias	巴西	3.8	MR	F0004557	花芸豆	湖北	7.8	S
F0005526	Cubano	巴西	2.4	MR	F0000483	小金黄	吉林	6.6	S
F0005540	Preto Catarinense	巴西	2.8	MR	F0000488	五月菜豆	吉林	7.2	S
F0005550	Jalo Precoco	巴西	4.0	MR	F0000507	饭豆	吉林	6.5	S
F0005574	Carioca MG	巴西	6.6	S	F0000513	花脸饭豆	吉林	4.0	MR
F0000002	芸豆	北京	7.4	S	F0002496	花饭豆	吉林	4.5	S
F0001279	菜豆	北京	4.2	S	F0002498	花饭豆	吉林	4.4	S
F0001280	菜豆	北京	5.5	S	F0002502	奶花芸豆	吉林	4.8	S
F0002178	CANNED	法国	4.0	MR	F0003370	—	美国	2.0	R
F0003363	—	法国	4.3	S	F0000121	大芸豆	内蒙古	3.4	MR
F0003396	法引 11 号	法国	4.0	MR	F0000126	挑花枚白连豆	内蒙古	4.3	S
F0002117	白豆子	甘肃	4.8	S	F0000133	苏白豆	内蒙古	3.4	MR
F0002121	小豆	甘肃	5.8	S	F0000134	小饭豆	内蒙古	5.0	S
F0004025	黑芸豆	甘肃	6.5	S	F0000154	跃进豆	内蒙古	3.8	MR
F0004026	黄芸豆	甘肃	3.5	MR	F0001736	花芸豆	内蒙古	5.2	S
F0001850	木梳豆	贵州	3.5	MR	F0002461	花芸豆	内蒙古	5.2	S
F0002959	黄鸡扒豆	贵州	8.4	HS	F0004217	金连豆	内蒙古	1.8	R
F0003082	硬壳鸡腰豆	贵州	4.0	MR	F0004273	矮生红	内蒙古	7.2	S
F0003733	白金豆	贵州	7.0	S	F0001292	洋菜豆	山西	3.4	MR
F0003757	大红豆	贵州	3.6	MR	F0001318	白菜豆	山西	5.6	S
F0003970	黑花豆	贵州	3.2	MR	F0001339	白菜豆	山西	4.4	S
F0002152	R-5550	国外	5.5	S	F0001433	夏红豆	山西	6.0	S
F0002167	BAT85	哥伦比亚	3.6	MR	F0001438	白黄连豆	山西	5.0	S
F0003403	小白豆	河北	9.4	HS	F0001458	无丝豆角	山西	4.4	S
F0003461	老虎蹲	河北	5.6	S	F0001463	到底青	山西	4.3	S
F0003468	芸豆	河北	6.0	S	F0001585	黑豆	山西	8.8	HS
F0000245	苏粒豆	黑龙江	7.3	S	F0001664	红花脸三分豆	山西	6.2	S
F0000259	黑脐饭豆	黑龙江	8.0	S	F0001691	花皮连豆	山西	5.8	S
F0000278	干枝密	黑龙江	3.8	MR	F0001704	花金豆	山西	3.5	MR
F0000314	紫花芸豆	黑龙江	4.3	S	F0001089	洋菜豆	陕西	3.6	MR
F0000331	铁荚子芸豆	黑龙江	3.2	MR	F0001102	洋蔓菜豆	陕西	4.2	S
F0000356	站秋花饭豆	黑龙江	5.8	S	F0001175	八月炸豆子	陕西	6.8	S
F0000415	花腰豆	黑龙江	7.6	S	F0001176	黑豆	陕西	8.4	HS
F0000518	赵家黄饭豆	黑龙江	3.4	MR	F0001942	红豆	陕西	3.4	MR
F0002521	黑芸豆	黑龙江	7.8	S	F0002032	四荏四季豆	陕西	5.0	S
F0003346	龙饭豆一号	黑龙江	3.6	MR	F0002054	抱母鸡	陕西	8.8	HS
F0005034	龙芸豆 3 号	黑龙江	5.3	S	F0002664	胖豆	四川	6.8	S
F0005243	龙 270240	黑龙江	5.3	S	F0002688	褐色豆	四川	3.6	MR
F0005244	龙 270267	黑龙江	3.6	MR	F0002803	甲坝曲波	四川	7.0	S
F0002863	奶花	四川	4.3	S	F0005453	—	云南	7.8	S
F0003673	花四季豆	四川	5.2	S	F0005654	本地红腰豆	云南	8.4	HS
F0004313	英国红芸豆	英国	6.0	S	F0005676	红腰子豆	云南	8.2	HS
F0000609	白菜豆	云南	4.0	MR	F0002127	W 126	哥伦比亚	3.0	MR
F0000683	鸡腰子豆	云南	4.2	S	F0004837	黑芸豆	中国	5.0	S
F0000686	大红豆	云南	8.8	HS	F0004845	黑芸豆	中国	2.2	MR
F0000705	京豆	云南	6.6	S	F0004852	黑芸豆	中国	2.8	MR
F0000730	黄鸡油豆	云南	5.6	S	F0004867	奶花芸豆	中国	4.8	S
F0000731	黄鸡油豆	云南	8.8	HS	F0004868	奶花芸豆	中国	3.8	MR
F0000867	菜豆	云南	4.2	S	F0004882	奶花芸豆	中国	4.4	S
F0005025	A0640-1	云南	4.4	S	F0004886	奶花芸豆	中国	6.2	S
F0005031	云丰 2 号	云南	5.2	S	F0004890	奶花芸豆	中国	5.3	S
F0005037	260217	云南	4.5	S	F0004910	奶花芸豆	中国	8.3	HS
F0005038	260218	云南	7.3	S	F0004918	奶花芸豆	中国	3.4	MR
F0005040	260220	云南	3.8	MR	F0004923	奶花芸豆	中国	6.5	S
F0005363	哈施菜豆	云南	4.8	S	F0004926	奶花芸豆	中国	4.8	S
F0005401	本地小花豆	云南	9.8	HS	F0004936	苏芸豆 1 号	中国	5.3	S
F0005420	红金豆	云南	3.6	MR	F0005003	格利 (Gally)	中国	3.8	MR
F0005919	—	秘鲁	7.6	S	F0005716	—	巴西	4.5	S
—	Manaus No5	国外	8.0	S	F0005715	—	巴西	7.3	S
—	刀豆	—	5.8	S	F0005879	—	哥伦比亚	4.4	S
—	龙 24-0511	黑龙江	4.0	MR	F0005718	—	巴西	2.6	MR
—	小黑芸豆	—	3.8	MR	F0005857	02A4	阿根廷	4.0	MR
—	Manaus No1	国外	6.0	S	F0005860	龙芸豆 6 号	黑龙江	8.5	HS
—	圆奶花芸豆 D	中国	7.2	S	F0005861	龙芸豆 7 号	黑龙江	2.8	MR
—	圆奶花芸豆 H	中国	4.0	MR	F0005865	—	哥伦比亚	4.3	S

 $\bar{X}$: 平均发病级别; CIAT: 国际热带农业研究中心; —: 不详 $\bar{X}$: Average severity, CIAT: International Center for Tropical Agriculture, —: Unknown information

3 讨论

本研究利用加湿器和地面水层两种不同的方式对针刺接种后植株进行保湿,从植株的发病情况中发现,喷雾加湿器保湿法存在未接种植株叶片感病、同一材料接种植株发病程度有高有低、加湿器周围不同位置的同一材料发病级别差异大等问题,造成这种现象的原因可能是加湿器开动过程中水汽在空气中的流动较大,叶片上易有水滴形成,叶片上聚结的水滴可能会改变接种叶片上菌液的浓度,或者由于病原菌可能会随着外界水分进行不同距离的传播而改变了叶片的发病程度。作为一种细菌性病害,病原菌是通过自然孔口或伤口随游离水侵入叶片,随后进入寄主细胞间隙,在细胞之间蔓延引起寄主植株发病。针刺叶片接种过程中,病原菌随游离水通过伤口侵入叶片,接种后叶片上的外界游离水含量可能会改变接种叶片上的菌液浓度而改变叶片的发病程度,进而影响接种效果。所以若解决加湿器保湿所存在的问题,必须解决空气中自由水流动所造成的水滴在叶片上的聚结问题。接种后依靠地面水层自然蒸发对植株进行保湿,叶片上就很难有除菌液之外的游离水形成,接种叶片上的菌液浓度几乎保持不变,在该保湿条件下,室内湿度均匀一致,无水汽流形成,不存在病原菌随流动水汽传播的情况,材料的抗病性不因位置而变,叶片上的病斑完全是由接种区针刺点向外扩展,由此,接种后采用水层保湿获得的鉴定结果稳定可靠,另外,接种后利用水层保湿在保湿过程中操作及日常管理均很方便。所以本研究建议将针刺叶片法接种、温室地面水层自然蒸发保持湿度作为温室抗菜豆普通细菌性疫病鉴定的基本方法。

本研究利用针刺叶片法对 146 份普通菜豆种质资源进行抗-*Xap* 菌株 XS_2 的初步鉴定,尚未获得对菜豆普通细菌性疫病产生免疫或高抗的普通菜豆种质,获得的抗病种质极少,仅 2 份抗性较好,占本次供试种质的 1%,中抗种质 50 份,占 34% (图 3),这些种质对抗病育种具有一定的价值。由于本次筛选的种质资源仅 146 份,所用菌株 XS_2 属-*Xap*,所筛选的 2 份抗病种质的平均发病级别分别为 1.8 和 2.0,50 份中抗种质的平均发病级别在 2.4~4.0 之间,属中低水平抗性,由此可见,普通菜豆中抗普通细菌性疫病的高抗或免疫材料很少;另外,本次种质

资源鉴定筛选中尚未涉及到引起普通细菌性疫病的另一病原菌-*Xff*,若想获得更多抗病及抗不同病原菌的种质材料,还需加强种质资源筛选工作以及利用不同来源的菌株对菜豆种质资源进行抗病性鉴定,并对筛选出的抗性好的种质进行重复鉴定,以提高鉴定结果的准确性,获得更多具有广谱抗性的种质材料,为育种生产提供抗病基因资源。

参考文献

- [1] Broughton W J, Hernandez G, Blair M W, et al. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes [J]. Plant Soil, 2003, 252: 55-128
- [2] Lema-Marquez M, Teran H, Singh S P. Selecting common bean with genes of different evolutionary origins for resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* [J]. Crop Sci, 2007, 47: 1367-1374
- [3] 徐新新, 陈泓宇, 王述民, 等. 菜豆种子普通细菌性疫病菌检测 [J]. 植物病理学报, 2013, 43(1): 11-19
- [4] Leaker C L A. A note on *Xanthomonas* blight of beans (*Phaseolus vulgaris* L. savi) and prospects for its control by breeding for tolerance [J]. Euphytica, 1973, 22: 132-140
- [5] Singh S P, Munoz C G. Resistance to common bacterial blight among *Phaseolus* species and common bean improvement [J]. Crop Sci, 1999, 39: 80-89
- [6] O'Boyle P D, Kelly J D, Kirk W. Use of marker-assisted selection to breed for resistance to common bacterial blight in common bean [J]. J Am Soc Hort Sci, 2007, 132(3): 381-386
- [7] Miklas P N, Smith J R, Singh S P. Registration of common bacterial blight resistant white kidney bean germplasm line USWK-CBB-17 [J]. Crop Sci, 2006, 46: 2338-2339
- [8] Miklas P N, Smith J R, Singh S P. Release of common bacterial blight resistant dark red kidney bean germplasm line USDK-CBB-15 [J]. Ann Rep Bean Improv Coop, 2005, 48: 192-193
- [9] 陈泓宇, 徐新新, 段灿星, 等. 菜豆普通细菌性疫病病原菌鉴定 [J]. 中国农业科学, 2012, 45(13): 2618-2627
- [10] 徐新新, 陈泓宇, 王述民, 等. 菜豆普通细菌性疫病菌在土壤和植株残体中的越冬能力 [J]. 植物保护学报, 2012, 39(3): 231-236
- [11] Andrus C F. A method of testing beans for resistance to bacterial blights [J]. Phytopathology, 1948, 38: 757-759
- [12] Zapata M, Beaver J S, Timothy G P. Dominant gene for common bean resistance to common bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli* [J]. Euphytica, 2011, 179: 373-382
- [13] 徐新新. 菜豆普通细菌性疫病病原学研究及抗病种质资源鉴定 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2012
- [14] Sheppard J W, Kurowski C, Remeus P M. International rules for seed testing, 7-021: detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fusca* on *Phaseolus vulgaris* [Z]. Bassersdorf: International Seed Testing Association (ISTA), 2007
- [15] Zapata M. Proposed of a uniform screening procedure for the evaluation of variability of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and resistance on leaves of *Phaseolus vulgaris* under greenhouse conditions [J]. Annu Rep Bean Improv Coop, 2006, 49: 213-214
- [16] Zapata M, Freytag F, Wilkinson R E. Evaluation for bacterial blight resistance in beans [J]. Seed, 1985, 3: 18
- [17] Corrales M A P, van Schoonhoven A. Standard system for the evaluation of bean germplasm [M]. Cali: CIAT, 1987: 7-8