

# 大豆胞囊线虫非小种特异性抗性品种的抗性评价与农艺性状相关分析

王梓贞, 韩英鹏, 滕卫丽, 郭长军, 李文滨

(东北农业大学大豆研究所, 大豆生物学教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘 要:**以东北农业大学大豆研究所选育的抗大豆胞囊线虫非小种特异性品种 L-10 为父本、黑农 37 为母本杂交所衍生的 141 个  $F_{2:8}$  大豆重组自交系群体作为材料, 采用塑料钵柱法在温室病圃对大豆重组自交系抗性进行鉴定, 并对抗病性和主要农艺性状进行相关性分析。结果表明:大豆重组自交系寄生指数与株高、单株荚数、百粒重呈负相关;与花色存在相关,与种皮、种脐色存在显著相关。高抗品系呈现椭圆的粒形、黑色种皮、黑色脐、棕色茸毛为主,这些质量性状可为高抗大豆胞囊线虫品种的选育提供参考依据。

**关键词:**大豆;重组自交系;胞囊线虫;生理小种;相关分析

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2009)04-0647-04

## Multiple SCN Races Resistance in Soybean Related to Several Agronomic Traits

WANG Zi-zhen, HAN Ying-peng, TENG Wei-li, GUO Chang-jun, LI Wen-bin

(Soybean Research Institute of Northeast Agricultural University, Key Laboratory of Soybean Biology of Chinese Education Ministry, Harbin 150030, Heilongjiang, China)

**Abstract:** The resistance of soybean cultivars to soybean cyst nematode (SCN) closely related with some agronomic traits. Therefore, studying the relationship between characters of SCN resistance and agronomic characters had great reference value for breeding practice. A recombinant inbred lines (RILs) population with 141  $F_{2:8}$  individuals derived from the cross of L-10, a nonrace specific soybean line as male parent, and Heinong 37 as female parent, was taken as materials. Plastic bag method was introduced in greenhouse disease nursery to evaluate the resistance of soybean RILs, and correlation analysis between SCN resistance and main agronomic characters was conducted. Results showed the cysts parasitic index exhibited a negative correlation with plant height, pods number per plant and 100-seed weight; the cysts parasitic index had a correlation with flower color, and had a significant correlation with seed coat and hilum color. The high-resistance varieties exhibited the character of oval grains, black seed coat, black hilum and brown pubescence, and these qualitative traits can provide referable basis for selection of soybean varieties with high resistance to cyst nematode.

**Key words:** Soybean; Recombinant inbred line; Soybean cyst nematode; Biological strain; Agronomic traits; Correlation

大豆胞囊线虫 (*Heterodera glycines* Ichinohe) 属异皮科胞囊线虫属, 是大豆和其它豆科植物黄萎病的重要病原线虫, 由该线虫引起的病害是世界上威胁大豆生产最严重的病害之一。土壤一经感染, 则极难防治。选育抗病品种, 特别是对多种生理小种具有抗性的非小种特异性抗病品种, 是最为经济有效的防治方法。

目前, 国内对大豆胞囊线虫抗性与农艺性状的相关研究主要集中在大豆品种与单一 SCN 生理小种抗性之间的相关分析。2002 年, 史宏等以晋豆 23

× 灰布支的大豆重组自交系为材料, 对 4 号生理小种的抗性和主要农艺性状进行了研究分析。结果表明:大豆重组自交系抗性与主要农艺性状相关显著<sup>[1]</sup>。李永春等的研究表明 RILs 群体抗性与质量性状无明显相关关系;与主茎节数和百粒重有极显著的正向相关关系, 与生育期有显著的负向相关关系<sup>[2]</sup>。

而针对非小种特异抗性大豆品种与 SCN 生理小种抗性之间的相关分析少有报道。以非小种特异抗性大豆品种 L-10 为父本、黑农 37 为母本的大豆

收稿日期:2009-01-16

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)重点资助项目(2006AA100104-4)。

作者简介:王梓贞(1981-),男,硕士研究生,研究方向大豆生物技术。

通讯作者:李文滨,教授,博士生导师。E-mail: wenbinli@yahoo.com。

重组自交系群体为材料,进行大豆重组自交系群体的抗性鉴定,分析主要农艺性状与大豆重组自交系根系寄生指数的相互关系,为非小种特异抗性大豆品种的育种提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

以黑农 37 为母本,L-10 为父本进行杂交获得的 F<sub>2</sub>代,经本地种植结合海南加代,衍生成包含 141 个 F<sub>2:8</sub>家系的 RIL 群体。L-10 为筛选出的非小种特异性抗大豆胞囊线虫材料,抗 10 个胞囊线虫小种;黑农 37 为黑龙江省主栽大豆品种,产量高,脂肪含量为 21.56%,对 SCN 敏感。

#### 1.2 鉴定方法

采用塑料钵柱法<sup>[1]</sup>在温室病圃对大豆重组自交系抗性进行鉴定,病土中每百克风干土的平均胞囊数 85 ~ 145 个。亲本和 RIL 群体在蛭石中发芽,当第一片三出复叶展开后移入塑料薄膜制成直径 4 ~ 5 cm、高 20 cm 的塑料筒,装入混匀的病土<sup>[3-4]</sup>。每株系设 3 次重复,以 L-10 和黑农 37 做对照。鉴定的最佳时期一般为移苗后 30 ~ 35 d 左右,大豆根系显囊盛期<sup>[5-6]</sup>,打破塑料钵柱,取出完整植株的根系,在盛有水的烧杯内洗掉根上剩余的土,逐株检查根上生长的胞囊数,记录胞囊量。大豆胞囊线虫生理小种鉴别依据的是 Riggs 模式,鉴别寄主:Pickett, Peking,PI88788,PI90763,感病对照为 Lee68<sup>[7]</sup>。

大豆重组自交系抗性鉴定采用 Schmitt 和 Shannon<sup>[8]</sup>提出的鉴定大豆抗病性的寄生指数 IP( Index of parasitism)作为鉴定标准,(寄生指数 = (测试植株的胞囊平均数/Lee68 胞囊平均数) × 100),IP 标准将抗性级别分为 4 级:高抗,0 ~ 9% (VR);中抗,10% ~ 30% (MR);中感,31% ~ 60% (MS);大于 60% 为感病 (VS)<sup>[9]</sup>。

#### 1.3 田间农艺性状调查

2008 年构建成由 141 个株系组成的大豆重组自交系 F<sub>2:8</sub>,种植在东北农业大学实验实习基地,行长 3 m,垄距 65 mm,株距 6 cm,随机区组排列,3 次重复。其主要农艺性状按常规育种标准进行田间观察、记载和考种。大豆重组自交系家系间表型性状差别明显,家系内表型性状趋于一致表型纯合。每份材料均随机取样 5 株,大豆重组自交系各个农艺性状均求其平均值。依据根系着生的胞囊数和寄生指数,分析大豆重组自交系抗病性与各个农艺性状

相互关系。

#### 1.4 数据处理与统计分析

使用 SAS8.0 和 SPSS11.0 统计学软件进行正态性检测,用大豆重组自交系根系对 SCN 3、14 号生理小种的抗病标准寄生指数与主要农艺性状进行相关分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 大豆重组自交系抗大豆胞囊线虫 3 号、14 号生理小种抗性鉴定

以鉴定大豆抗病性的 IP 标准,作为抗性划分的依据,对大豆重组自交系 141 个家系进行抗性分析。

鉴定结果表明(表 1),大豆重组自交系对大豆胞囊线虫 3 号生理小种表现高抗的材料有 9 份,中抗材料 18 份,中感材料 36 份,高感材料 78 份;杂交后代大豆重组自交系感抗分离比例为 3:6:12:26。对大豆胞囊线虫 14 号生理小种表现高抗材料有 18 份,中抗材料 21 份,中感材料 51 份,高感材料 51 份,杂交后代大豆重组自交系感抗分离比例为 6:7:17:17。有 6 个株系对大豆胞囊线虫 3 号生理小种的抗性超过父本,有 18 个株系对大豆胞囊线虫 14 号生理小种的抗性超过父本。

表 1 大豆重组自交系的抗性鉴定  
Table 1 The identification of resistance to SCN

	3 号生理小种	14 号生理小种
	SCN 3	SCN 14
高抗 Resistant	9	18
中抗 Moderately resistant	18	21
中感 Moderately susceptible	36	51
高感 Susceptible	78	51

#### 2.2 大豆重组自交系寄生指数的正态性检测

利用 SAS8.0 软件对大豆重组自交系 3、14 号生理小种寄生指数进行正态性检测<sup>[10]</sup>,分析生理小种的遗传变异。大豆重组自交系 3 号生理小种寄生指数的频率分布如图 1,正态性检测表明,峰度为 0.072514,偏度为 0.271395,遗传变异率(CV%)为 53.69%。

大豆重组自交系 14 号生理小种寄生指数的频率分布如图 2,正态性检测表明,峰度为 -0.58972,偏度为 0.22372,遗传变异率为 61.76%。杂交后代群体抗病性遗传分析,说明群体寄生指数的频率分布没有显著偏离正态分布,大豆重组自交系的抗性遗传,是主基因作用和多基因修饰共同作用的结果。

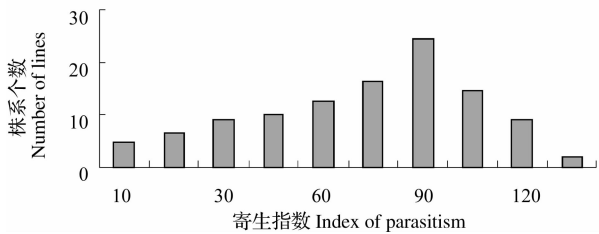


图1 3号生理小种的正态检测

Fig. 1 Genetic distribution of 3 race(index of parasitism)

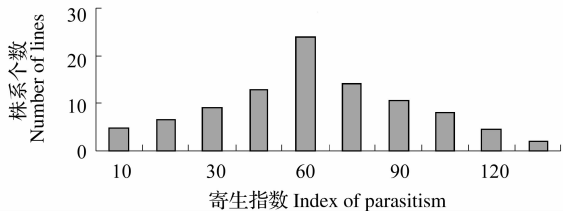


图2 14号生理小种的正态检测

Fig. 2 Genetic distribution of 14 race(index of parasitism)

2.3 大豆重组自交系高抗材料的数量性状

高抗3号生理小种的材料株高62.2~114.0 cm,单株节数13.8~18.8个,分枝数1~2个,单株荚数19.6~41个,单株粒数33.2~61.0粒,百粒重2.88~16.3 g,生育日数110~131 d。高抗14号生理小种材料的株高63.0~130.2 cm,单株节数11.8~20.6个,单株分枝数1~3个,单株荚数18~86个,单株粒数35.6~109.8个,百粒重15.91~17.25 g,生育日数110~133 d。总体上,高抗材料的株高、单株粒数和单株产量优于父本L-10,并且高抗材料主茎节数多而分枝少,荚集中在主茎上。

2.4 大豆重组自交系高抗材料的质量性状

大豆重组自交系后代材料中,花色主要由白色和紫色组成,紫花与白花接近3:1的分离比例,遗传上受一对基因控制;绒毛色为褐色和灰色;荚皮色以褐色为主;叶形主要是披针叶和圆叶两种类型;抗病材料和感病材料叶柄长短和叶色深浅没有明显区别,这类特征与材料的抗性无关;种皮色、脐色是公认的判断大豆品种具有抗病能力的直观表型特征,大豆重组自交系不同抗性株系中脐色为黑色的株系占群体的29.19%;种皮色以双色(黄色和黑色)和黄色为主,Anand的研究表明高抗材料有明显的双色种皮特征,主要原因是大多数抗病品种抗源的遗传基础相似<sup>[11]</sup>。

2.5 大豆重组自交系与主要农艺性状值的相关分析

对大豆重组自交系抗性 with 数量性状进行相关分

析(表2),结果表明大豆重组自交系着生SCN3号小种的胞囊数,与生育日数、单株荚数呈显著负相关,与百粒重、节数和株高呈负相关,与分枝数、单株粒数呈正相关。大豆重组自交系14号生理小种的寄生指数,与生育日数、单株荚数呈显著负相关,与百粒重、节数、株高和分枝数呈负相关,与单株粒数呈正相关。大豆重组自交系的寄生指数与3号和14号生理小种相关性分析存在差异的原因是,寄生指数是人为划分的科学根据不足,将IP标准以“10%”的标准划分抗病级别很难反映抗病级,在9%和11%之间抗病级本质差异不大,在计算胞囊时,往往几个胞囊的影响,就可能使抗病级别在感抗级之间转移。

表2 农艺性状与SCN抗性的相关分析

Table 2 Correlations between SCN resistance and agronomic traits

农艺性状 Quantative traits	相关系数 Correlation coefficient	
	3号生理小种 SCN3	14号生理小种 SCN 4
株高 Plant height	-0.1312	-0.1125
主茎节数 Node number	-0.1821	-0.2182
分枝数 Branches number	0.3100	-0.1310
单株荚数 Pod number	-0.1350 **	-0.1580 **
单株粒数 Seed weight	0.0719	0.0619
百粒重 100-seed weight	-0.5320	-0.5900
生育期 Growth stage	-0.1810 **	-0.5621 **

\* and \*\* represent the significance at  $P < 0.05$  and  $0.01$ , respectively.

大豆重组自交系寄生指数与质量性状的相关关系,采用质量性状与抗感分离卡方检验(2×C列联表的独立性检验)的方式进行相关分析(表3),表明3、14号生理小种的胞囊线虫寄生指数与粒形存在相关,与粒色、种脐色存在显著相关。

3 讨论

3.1 高抗大豆胞囊线虫株系与数量性状的相关

一般认为抗病性与产量性状间呈负相关关系,试验结果与已有结论部分一致<sup>[12]</sup>,胞囊线虫寄生指数与产量性状的相关分析表明:单株荚数、单株粒数和大豆重组自交系抗性之间有密切关系,大豆重组自交系中的高抗材料都表现对大豆胞囊线虫3、14号生理小种的抗性较强,同时胞囊线虫寄生指数与其他农艺性状也有不同程度相关,并且抗大豆胞囊线虫3、14号生理小种的高抗材料具有秆强,分枝

少,产量高、籽粒数量多的优点。

表3 质量性状与 SCN 抗性的相关分析

		qualitative traits					
		抗 3 号生理小种 的株系			抗 14 号生理小种 的株系		
质量性状		Strain of resistance to SCN3			Strain of resistance to SCN14		
Qualitative traits		抗	感	$\chi^2$	抗	感	$\chi^2$
		(R)	(S)		(R)	(S)	
粒形	圆形 Round	13	39	22.13**	20	39	12.39**
Seeds shape	椭圆形 Oval	60	33		53	29	
粒色	黄色 Yellow	15	70	27.57**	25	60	25.73**
Seeds capsule	双色 Yellow	33	23		33	23	
colour	and Black						
种脐色	黄 Yellow	1	20	32.62**	3	18	39.89**
Umbilicus	褐 Brown	20	26		23	23	
colour	深褐 Dark brown	20	11		6	15	
	黑 Black	33	10		40	3	
绒毛色	灰 Gray	25	25	0.47	14	35	0.24
Pubescence	棕 Brown	51	40		30	62	
colour							

$df=1,\chi^2_{0.05}=3.84,\chi^2_{0.01}=6.63;$   
 $df=3,\chi^2_{0.05}=7.81,\chi^2_{0.01}=11.34$

3.2 高抗大豆胞囊线虫株系与质量性状的相关

抗大豆胞囊线虫多个生理小种的材料与粒色的关系,前人做了相关的研究<sup>[13-14]</sup>。抗 SCN 多个生理小种的品种粒色主要是黑色和双色,主要原因是抗 SCN 的基因之一 *Rhg 4* 与控制深色种皮的基因 *I* 紧密连锁<sup>[15]</sup>。通过相关分析表明:粒形、种皮色、种脐色等质量性状与大豆对胞囊线虫的抗性呈正相关,种皮色和种脐色与抗病性呈极显著的相关关系。划分到抗病类的株系中的质量性状表现在:粒形呈椭圆形、种皮色双色、脐色呈黑色,这与国外研究结果一致<sup>[16]</sup>。

尽管我国具有丰富的抗源,但在大豆抗胞囊线虫育种中难以充分利用,特别是缺乏对多个大豆胞囊线虫生理小种具有非小种特异抗性的大豆品种,明确大豆各类农艺性状与对胞囊线虫抗性的关系,可以为获得株型适中、综合性状优良的非小种特异性大豆抗线品种提供依据。

参考文献

[1] 史宏,任小俊,马俊奎,等. 大豆重组自交系 JinF F10 抗大豆胞囊线虫 4 号生理小种抗性的分析研究[J]. 华北农学报,2008, 23 (3):176-180. ( Shi H, Ren X J, Ma J K, et al. Studies on rela-

tionship between agronomic traits and resistance of SCN4 race in soybean canopies [ J ]. Acta Agriculturae Boreali- Sinica,2008,23 (3):176-180. )

[2] 李永春. 大豆对胞囊线虫抗性和主要农艺性状的自然选择效应[D]. 南京:南京农业大学,2007:44. ( Li Y C. The natural selection effect on resistance to SCN and major argonomic character of soybean [ D ]. Nanjing: Nanjing Agricultural University 2002:44. )

[3] Riggs R D, Schmitt D P, Noel G R. Variability in race tests with *Heterodera glycines* [ J ]. Journal of Nematology, 1988, 20 (4): 565-572.

[4] 齐军山,李长松,李林,等. 大豆胞囊线虫生理小种及其鉴定技术[J]. 中国油料作物学报,2000,22 (4):71-74. ( Qi J S, Li C S, Li L, et al. The race of cyst nematode and terminology of infraspecific forms of the soybean cyst nematode [ J ]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2000,22 (4):71-74. )

[5] 陈品三,齐军山,王寿华,等. 我国大豆胞囊线虫生理分化动态的鉴定和监测研究[J]. 植物病理学报,2001,31 (4):336-341. ( Chen P S, Qi J S, Wang S H, et al. Studies on identification and monitoring of physiologic variation of *Heterodera glycines* in China [ J ]. Acta Phytopathologica Sinca,2001,31 (4):336-341. )

[6] Ross J P, Brim C A. Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double-row method [ J ]. Plant Disease Reporter,1957,41 (12):923-924.

[7] Golden A M, Epps J M, Riggs R D. Terminology and identity of infraspecific forms of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) [ J ]. Plant Disease Reporter,1970,54 (7):544-546.

[8] Schmitt D P, Shannon J G. Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races [ J ]. Crop Science,1992,32:275-277.

[9] 颜清上,王连铮. 大豆抗胞囊线虫病鉴定方法研究进展[J]. 大豆科学,1995,14 (2):151-159. ( Yan Q S, Wang L Z. Advences in the methods of identification for resistance to *Heteodera glycines* in soybean [ J ]. Soybean Science,1995,14 (2):151-159. )

[10] 梁小筠. 正态性检验[M]. 北京:中国统计出版社,1997:22-25. ( Liang X J. Tests for departure form the normal distribution [ M ]. Beijing:Statistics Press,1997:22-25. )

[11] Anand S C, Rao- Arelli A P, Erytag A H, et al. Sereening for cyst nematode resistance in soybean breeding [ J ]. Soybean Genetics Newsletter,1983,10 (4):63-66.

[12] 邹学校,侯喜林,陈文超,等. 辣椒抗病性、果实营养含量和农艺性状间的典型相关分析[J]. 种子,2004,23 (2):33-36. ( Zhou X X, Hou X L, Chen W C et al. Canonical correlation analysis among resistances to diseases, nutritive contents of fruit and agronomic characters in pepper [ J ]. Seed,2004,23 (2):33-36. )

[13] Riggs R D, Hamblen M L, Rakes L. Resistance in commercial soybean cultivar to six races of *Heterodera glycines* and to *Meloidogyne incognita* [ J ]. Annuals of Applied Nematology,1988 (2):70-76.

[14] Anand S C, Gallo K M. Idetification of additional soybean germplasm with resistance to race 3 of the soybean cyst nematode [ J ]. Plant Disease,1984,68:593 -595.

[15] Anand S C. Soybean plant introductions with resistance to race 4 or race 5 of soybean cyst nematode [ J ]. Crop Science, 1988, 29: 1181-1184.

[16] Matson A L, Williams L F. Evidence of a fourth gene for resistance to the soybean cyst nematode [ J ]. Crop Science,1965,5:47.