

大豆品种对孢囊线虫 4 号生理小种 抗性的遗传研究*

李莹 李原萍 张昕艳 杨桂莲

(山西省农科院农作物品种资源研究所 030031)

摘 要

1991年以抗大豆孢囊线虫(SCN)4号生理小种的兴县灰布支黑豆、中感或中抗(应县小黑豆)、感和高感4个品种为亲本,采用完全双列杂交配制12个组合,在抗、中感(中抗)×感和高感5个正交和4个反交组合中, F_1 全部感病, F_2 抗、中感(中抗)和感与高感分离为1:15的比率,测交分离为1:3比率。在抗×中感(中抗)的正反交组合中, F_1 表现抗病, F_2 抗和中感(中抗)分离3:1比率,测交为1:1比率,这些组合的结果经 χ^2 测定均符合予期比率。因此,确定上述两个抗源品种的抗性受1对显性基因和2对重叠的隐性基因控制。

关键词 大豆孢囊线虫;抗性;遗传

近10年来,我国已先后发现1~5号和7号生理小种,尤以4号侵染力强,主要分布在黄淮海地区,该病药剂防治成本高,因此,筛选抗源,选育抗病品种是有效的防治措施。我们自1983年以来,先后对中国1.3万份大豆资源进行了抗4号生理小种鉴定^[1],筛选出11个高抗4号生理小种的品种,其中兴县灰布支黑豆和五寨赤不流黑豆等5个品种还兼抗1,3,5号生理小种。(美近20年来对9153份大豆资源进行鉴定,仅筛选出1个兼抗多个小种的PI437654)。

对抗病品种的遗传研究,美国Caldwell(1960)^[3]曾提出,抗性受3个独立的隐性基因控制,Matson(1965)^[4]认为Peking还有一个显性抗病基因Rhg4,它与控制深色种皮的主基因连锁。但国内外对4号小种的抗性遗传报道甚少。我们(1990)^[2]曾对其遗传作过初步研究,为了克服抗病育种的盲目性,因此,进一步进行了大豆抗源品种抗性的遗传研究。

* 1991年王志参加杂交工作。常汝镇研究员审阅此文,谨致谢忱。

本文于1995年8月31日收到。

This paper was received on Aug. 31, 1995.

材料和方法

一、亲本和杂种的世代与抗性鉴定

以高抗品种兴县灰布支黑豆(简称灰布支黑豆)、中抗(应县小黑豆,简称小黑豆)晋大501(中感)、天镇秃荚黄豆(高感),1991年在常规育种田,按完全双列杂交配制12个组合,每组合获80—100粒杂交种子,1992年 F_1 鉴别真伪杂种,1/3 F_1 材料与隐性亲本测交获得 CB_1 回交种子,1/3 F_1 加代为 F_2 ,1/3 F_1 进行抗性鉴定。

二、病圃鉴定方法及分级

1993年将上年获得的全部杂交后代,包括有关亲本种植在太原山西农科院病圃中,经多年多点取样检查,每百克土含孢囊36—170个(芬奈维克漂浮法和淘洗过筛法下同)。试验材料设3次重复,顺序排列,于5月7日播种,行长2m,行距0.5m,每行20株,每份材料2~5行不等。为了防止小种的变化,田间设一套国际通用鉴别寄主品种。田间管理按常规进行。待根系白色孢囊充分显现时,进行病情调查,将全部植株根部挖起,轻轻抖掉根上的土粒,数根系孢囊数,以国家“七、五”和“八、五”攻关课题大豆抗病性鉴定分级为标准,①按寄生指数分级法,②按根系绝对孢囊数分为5级,每株平均孢囊数为0为0级(免疫),0.1~3.0为1级(抗),3.1~10为2级中感或称中抗,10.1~30为3级(感),30.1以上为4级(高感)。

结果和讨论

一、生理小种监测结果

表1 1992—1993年SCN4号生理小种在鉴别寄主上的反应

Table 1 Reaction of differential host to SCN race 4 from 1992 to 1993

年份 Years	项目 Items	鉴别寄主及反应 Differential host and reaction					灰布支黑豆 Huibizhi heidou	生理 小种 Race
		PI90763	PI88788	Peking	Pickett	Lee		
1992	每株平均孢囊数 Average number of cysts per plant	16.70	32.50	21.75	29.35	39.8	0.09	
	比率 Ratio	41.96	81.66	54.65	73.74	100.0	0.02	4
	反应型* Reaction type	+	+	+	+	+	-	
1993	每株平均孢囊数 Average number of cysts per plant	17.35	24.80	24.40	22.15	27.65	0.05	
	比率 Ratio	62.74	89.69	88.25	80.55	100	0.02	4
	反应型* Reaction type	+	+	+	+	+	-	

* 反应型+ ≥Lee 寄生孢囊的10%, - ≤Lee 寄生孢囊的10%。各品种根系平均孢囊含量均为2次重复。

* Reaction type + ≥10% parasitical cysts on Lee, - ≤10% Parasitical cysts on Lee, is the average of two replicates

content in root system of different varieties.

大豆孢囊线虫生理小种容易发生变异,首先必须确保鉴定对象生理小种的可靠性,因此,每年进行生理小种监测,所用品种为国际通用的一套鉴别大豆孢囊线虫的寄主品种 Peking、PI88788、Pickett、PI90763 和 Lee,因这套品种缺抗 4 号生理小种的抗源,经国内专家讨论,加进抗 4 号小种的新抗源灰布支黑豆。以感病品种 Lee 根系孢囊为 100,计算各鉴别品种的比率。从表 1 可以看出,不同年份,病圃中每个鉴别寄主品种孢囊含量显然有差异,但均超过感病品种 Lee 的 10%,证明太原山西农科院病圃,仍属 4 号优势小种侵染。

二、大豆品种抗性遗传研究

1. 亲本抗性鉴定结果

本试验用抗、感病亲本配制 4×4 共 12 个完全双列杂交组合,其亲本历年抗性鉴定见表 2。

表 2 历年亲本对 SCN4 号小种抗性的鉴定结果(太原)

Table 2 Result of evaluation of resistance of parental varieties to SCN race 4 in 1991-1993 (Taiyuan)

品种名称 Varieties	单株根系平均孢囊数			调查株数 Plant number investigated	抗病类型* Resistance type
	Average number of cysts in root system per plant				
	1991 年	1992 年	1993 年		
灰布支黑豆 Huibuzhiheidou	0.40	0.50	0.20	400	HR
小黑豆 Xiaohaidou	3.30	3.60	3.25	165	R
晋大 501Jinda 501	-	25.30	23.22	165	S
秀荚黄豆 Tujiahuangdou	-	44.40	34.27	165	HS

* HR—高抗、R—中抗、S—中感、HS—高感

* HR-high resistance R-medium resistance S-medium sensitivity HS-high sensitivity

灰布支黑豆和小黑豆经多年的抗性提纯,抗性稳定,晋豆 501 为中感品种,秀荚黄豆为高感品种,这 4 份材料在抗性上具有明显差异。

2. 大豆杂交后代抗性遗传鉴定结果

在配制 12 个组合中,除 9108 晋大 501 \times 兴县灰布支黑豆组合 F_1 表现伪杂种外,其余 11 个组合表现不同的遗传方式,为了简便说明问题,表中只列举了 8 个组合。他们的正交和反交组合,杂交 F_1 、 BC_1F_1 及 F_2 抗性鉴定结果见表 3。这些组合可分为 6 种类型。①9101 为中感(中抗) \times 高感、9104 为它的反交组合。②9102 为中感(中抗) \times 感、9109 为反交。③9107 为高感 \times 抗、9112 为反交。④9111 为抗 \times 感的组合,这 4 种类型都含有抗源亲本的血缘, F_1 调查 103 株的抗性,平均每株的孢囊含量均大于 10 个,表现感病,说明抗性受隐性基因控制。 F_2 抗、感植株均分离为 1:15 的比率,经 χ^2 测定, χ^2 在 0.0012~0.0135 之间,均小于 $\chi^2_{0.05}=3.840$ 的水准。将 F_1 与隐性亲本测交, BC_1F_1 抗与感病植株均出现 1:3 的比率,经测定 χ^2 在 0.0095~0.6368 之间,小于 $\chi^2_{0.05}$ 值。证明试验其分离符合 1:15 的比率,显而易见,这 5 个组合(包括反交)抗性的遗传方式相同,受 2 对隐性重叠基因控制,这与我们 1990 年所做的试验结果一致。⑤9103(正交)和 9110(反交)为抗 \times 中感(中抗)组合, F_1 57 株均表现高抗, F_2 高抗和中感(中抗)分离比率为 3:1,测交出现 1:1 的比率, χ^2 测定均小于 0.05 水准,证明灰布支黑豆的抗性还有一个显性基因存在,这与 J·D Thomas(1975)^[6]所报道抗性遗传分离比率略有不同,他用中抗(对 4 号小种)PI90763 与高

感亲本配制 2 个组合,其 F_2 分离出 3:61 的比率,接近 1:15 的比率,因此,他认为其遗传方式是由一个显性基因和 2 个隐性基因控制,这与我们的结论相一致。⑨9105 正交(9106 反交)为高感×感组合, F_1 、 BC_1F_1 及 F_2 均表现感病,没有出现抗病植株,表明这两个品种均没有抗性基因存在。

表 3 8 个组合杂交后代抗性遗传鉴定结果(1992~1993)

Table 3 Inheritance of resistance of progenies from 8 crosses (1992 to 1993)

组合 Crosses	亲本 Parents	F_1		F_2		预期比率		BC_1F_1		预期比率	
		株数		株数		Expected ratio	X^2	株数		Expected ratio	X^2
		S	R	S	R			S	R		
9101(正交)	小黑豆×秃荚黄豆	25	0	186	12	15:1	0.0013	11	6	3:1	0.4902
9104(反交)	秃荚黄豆×小黑豆	30	0	190	13	15:1	0.0029	26	9	3:1	0.0095
9102	小黑豆×晋大 501	30	0	175	11	15:1	0.0014	24	10	3:1	0.1569
9107	秃荚黄豆×灰布支黑豆	10	0	167	11	15:1	0.0135	20	8	3:1	0.0476
9111	灰布支黑豆×晋大 501	8	0	109	8	15:1	0.0051	15	6	3:1	0.0158
总计		103	0	829	55	15:1	0.0012	96	38	3:1	0.6368
9105	秃荚黄豆×晋大 501	30	0	266	0			39	0		
9103(正交)	小黑豆×灰布支黑豆	0	28	45	127	3:1	0.0698	/	/		
9110(反交)	灰布支黑豆×小黑豆	0	29	28	111	3:1	1.4988	5	7	1:1	0.0833

注: $X_{0.05}^2=3.48$ BC_1F_1 都是与抗性亲本测交结果,根系孢囊在 4 以上归为 S(感病),0~3 为 R(抗病)

Note: $X_{0.05}^2=3.48$, BC_1F_1 were results of test cross with resistant parents, S(Sensitive) shows that cysts number in root system is over 4, R(Resistant) shows that the number is 0~3.

讨 论

由于对 SCN 抗性的鉴定标准不同,划分标准的人为性,环境条件的多样性;抗感品种本身的抗性差异;抗性的遗传变异性及遗传的复杂性导致对抗病品种的遗传结论各异,是非常自然的现象。现就我们的研究提出 2 个问题进行讨论。

一、抗病性的鉴定标准

对 SCN 抗病性的鉴定标准,一般可分 2 套体系:一是直接以根系上的绝对孢囊数来判断,另一是根据寄生指数来判断。“七·五”和“八·五”国家攻关课题:大豆资源的抗性鉴定中,两种方法均作为判定标准。分级标准采用 5 级分级法,根系孢囊 0 为免疫,0.1~3.0 为 1 级(抗病),3.1~10 为 2 级(中感),10.1~30 为 3 级感病,30.1 以上为高感。本试验的抗性遗传是以此为标准,将根系孢囊 3:1 以上均划为感病品种进行分析,得出抗源品种由 2 对隐性基因和 1 对显性基因控制着抗性。Schmitt 等人(1992)总结了 1989 年田纳西州举行的美国大豆育种家年会讨论结果,提出抗病、中抗、中感、感病 4 种概念表示抗性是比较合理的。实质上在大豆资源鉴定和抗病育种的实践中,根系孢囊线虫在 3.1~10 之

间的中抗品种,这部份品种抗性稍差,但农艺性往往比高抗品种好。充分利用这些抗源可以加快育种步伐。如果,我们把标准定为 4 级(因对 4 号生理小种无免疫品种)。0~3 分为高抗,3.1~10 分为中抗,10.1~30 分为感病,30.1 以上分为高感。(因为高感的变幅相当大,根系孢囊 30.1~188 个不等)。按 4 级重新分析,采用 5 对代表组合,其结果见表 4。

表 4 5 个组合 F_2 种表现型分离结果Table 4 The results of phenotypic segregation in F_2 from 5 crosses

组合 Crosses	亲本 Parents	株 Plant		数 Number		预期比率 Expected ratio	X^2
		HR	R	HS	S		
9104	秃荚黄豆×小黑豆	12	44	43	91	1:3:3:9	5.8538
9107	秃荚黄豆×灰布支黑豆	11	38	29	106	1:3:3:9	2.0207
9102	小黑豆×晋大 501	11	28	42	105	1:3:3:9	2.8446
9111	灰布支黑豆×晋大 501	8	30	28	51	1:3	3.4900
9110	灰布支黑豆×小黑豆	111	28			3:1	1.4998

从表 4 看出, F_2 抗性分离, 前 3 组合 9104, 为高感×中抗, 9107 为高感×高抗, 9102 中抗×中感的遗传方式一样, 高抗×中抗、高感与中感均出现 1:3:3:9 的比率, X^2 测定(在 $K-1=3$ 时, $X_{0.5}^2=7.815$, $X_{0.1}^2=11.345$)均符合 2 对基因控制抗性的分离比率。高抗与中抗的机率增大, 两者为 1/4 的机率。在 9111 高抗×中感的组合中, 抗(高抗+中抗)与感(高感+中感)分离为 1:3 的比率, 说明在晋大 501 的背景下, 灰布支黑豆表现了较高的抗性, 出现抗病植株明显多于其他组合, 9110 为高抗×中抗组合, 其分离比率高抗为 3、中抗为 1, 9111 和 9110 两组合, 经 X^2 测定($K-1=1$ 时 $X_{0.05}^2=3.84$, $X_{0.1}^2=6.63$)均符合预期比率, 由于对抗性评价不同, 标准不同, 其遗传结论也不一样。

二、对大豆抗病品种的遗传评价

自 Caldwell 等人(1960)对抗病品种 Peking; Rao-Arelli(1992)对 Peking PI88788; Myers 等(1991)对 Peking 和 PI90763, 他们反复用这些抗病品种对 1、3 号生理小种作了遗传评价, 其结论是大同小异, 均得出 3 对抗性基因控制着抗性。Myers 等(1991)对 5 号和 14 号生理小种也作了遗传研究, 有不同结论, 这是由于品种本身, 环境的变化, 遗传的变异, 人为分级标准差异等等所造成。所以应进一步采用不同方法进行遗传研究。我们只对灰布支黑豆和应县小黑豆作过遗传研究, 他们兼抗 1、3、4、5 号小种, 在黄淮海多小种混合侵染地区有较高的利用价值, 灰布支黑豆抗性强于小黑豆, 但生育期长、蔓生性强, 花小, 花粉少, 野生低劣性状多, 以它作母本, 杂交困难, 许多育种家配组合成功率低, 即正反交抗性分离一样, 可用作父本。小黑豆抗性虽不及灰布支黑豆, 但生育期适中, 直立性强, 杂成交活率高, 目前国内有些地方以它作亲本已培育出中抗品系。

我国近 10 年来, 对中国 1.3 万余大豆资源进行了抗性鉴定, 筛选出 500—600 份抗 1—5 号小种及兼抗多个小种的资源, 由于 SCN 日益蔓延, 加之抗源品种遗传的复杂性及育种家的迫切需要, 应全面开展抗性品种的遗传研究, 摸清遗传规律, 为育种提供依据, 加快育种步伐, 使抗病品种早日推广到生产中。

参 考 文 献

- 1 李莹等, 1991, 中国大豆遗传资源对大豆孢囊线虫 4 号生理小种的抗性鉴定研究, 中国农业科学, 24(5), 64~69
- 2 王志、李莹等, 1990, 大豆抗孢囊线虫 4 号生理小种的遗传和转育, 山西农业科学, (6), 4-6
- 3 Caldwell B. E. et al, 1960, Inheritance of resistance of soybean to the cyst nematode. *Agro, J* 52, 635-636
- 4 Matson A L. et al, 1965, Evidence of a fourth for resistance to the soybean cyst nematode. *Crop Sci*, 5, 477
- 5 Thomas J. D et al, 1975, Inheritance of reaction to race of soybean cyst nematode. *Crop Sci*. 15, 208-210

**A GENETIC STUDY ON RESISTANCE OF SOYBEAN TO CYST NEMATODE
PHYSIOLOGICAL RACE NO. 4**

Li Ying Li Yuanping Zhang Xinyan Yang Guilan

(*Germplasm Resources Research Institute, Shanxi Academy
of Agricultural Science, Taiyuan 030031*)

Abstract

12 soybean crosses was made by using diallel cross with varieties which was different on resistance, medium resistance or medium susceptibility, susceptibility and high susceptibility to soybean cyst nematode (SCN). F_1 of the 5 resistant and medium resistant \times susceptible, and highly susceptible crosses and their 4 reciprocal crosses were all susceptible. In F_2 , the segregation ratio was 1 : 15 between medium susceptible (medium resistant) and susceptible (highly susceptible). The segregation ratio of test cross was 1 : 3. In the reciprocal crosses with resistance and medium sensitivity (medium resistance), F_1 progeny was resistance. The segregation of resistance to medium sensitivity in F_2 was 3 : 1 and the segregation ratio in testcross progeny was 1 : 1. These results were not significantly different from expected ratio through χ^2 test. We suggested that a pair of dominant genes and two pairs of overlapping genes controlled SCN resistance in resistant varieties, such as Xingxian Huibuzhiheidou and Yingxian Xiaoheidou.

Key words Soybean nematode; Resistance; Genetic