

## 抗大豆胞囊线虫病野生大豆种质资源的初步筛选

朱英波<sup>1</sup>, 史凤玉<sup>1</sup>, 李建英<sup>2</sup>, 龙 茹<sup>1</sup>, 武云鹏<sup>1</sup>, 乔亚科<sup>1</sup>

(1. 河北科技师范学院 生命科技学院, 河北 昌黎 066600; 2. 黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316)

**摘要:**对来自河北东部沿海地区的119份野生大豆资源进行了大豆胞囊线虫的抗性鉴定, 结果表现抗病的有48份, 占40.3%, 表现感病的资源有71份, 占59.7%。通过对供试材料的部分农艺性状与雌虫指数进行相关分析, 发现单荚粒数和根瘤数与野生大豆抗胞囊线虫反应呈极显著正相关。对野生大豆资源的来源分析表明, 抗大豆胞囊线虫病野生大豆资源在冀东分布广泛, 其中滦南野生大豆抗性资源比较丰富。

**关键词:**野生大豆; 种质资源; 大豆胞囊线虫病; 抗性筛选

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2011)06-0959-05

## Identification on Soybean Germplasm Resistant to Soybean Cyst Nematode from *Glycine soja*

ZHU Ying-bo<sup>1</sup>, SHI Feng-yu<sup>1</sup>, LI Jian-ying<sup>2</sup>, LONG Ru<sup>1</sup>, WU Yun-peng<sup>1</sup>, QIAO Ya-ke<sup>1</sup>

(1. College of Life Science, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli 066600, Hebei; 2. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing 163316, Heilongjiang, China)

**Abstract:** A total of 119 wild soybean accessions from the eastern coastal region of Hebei province were identified for their reaction to SCN. The results showed that there were 48 accessions resistant to SCN, and 71 accessions susceptible to SCN, accounting for 40.3% and 59.7% of the tested accessions, respectively. Correlation analysis for several characters and female index of the accessions tested were conducted. There was a significantly positive correlation between seeds per pod, root nodule number and resistance to SCN. The results indicated that the distribution of SCN resistant wild soybeans was extensive in the eastern coastal region of Hebei province, especially in Luannan.

**Key words:** Wild soybean; Germplasm source; Soybean cyst nematode; Resistance identification

大豆胞囊线虫 (*Heterodera glycines* Ichinohe) 是世界大豆生产上危害最大的病害之一, 大豆受其危害后一般减产 20% ~ 30%, 重者可达 70% ~ 80%, 甚至颗粒无收<sup>[1]</sup>, 该病害已成为限制我国东北和黄海等大豆生产的主要因素。防治大豆胞囊线虫病有很多措施, 目前最为经济、有效的措施是培育和推广抗病品种。然而随着抗病品种推广年限的延长, 由于品种选择压力作用, 会引起线虫群体的小种类型发生变化, 致使抗病品种丧失抗性<sup>[2]</sup>, 这将给抗病育种工作带来了极大的挑战。因此, 只有不断地发掘新的抗病基因, 才有可能确保抗病育种工作持续、有效的进行。

野生大豆 (*Glycine soja*) 是栽培大豆 (*Glycine max*) 的近缘祖先种, 具有高蛋白、抗逆性强、适应性强和繁殖系数高等优异的可遗传性状, 研究表明利用野生大豆创造新的种质资源, 拓宽大豆育种的遗传基础是有效的<sup>[3]</sup>。

目前我国国家种质库已收集和保存了约 8 500 份野生大豆资源, 占世界保存的 90% 以上, 为我国野生大豆的深入研究奠定了基础<sup>[4]</sup>。尤其近些年来, 已有学者对我国野生大豆种质资源的大豆胞囊线虫病抗病性进行了研究, 发现了一批抗性野生大豆种质资源<sup>[5-6]</sup>, 但对河北东部沿海地区的野生大豆研究甚少。

该文对来源于河北东部沿海地区的 119 份野生大豆种质资源进行大豆胞囊线虫病的抗病性筛选, 同时考察了叶色、叶形、单荚粒数及开花到成熟期天数等农艺性状与 SCN 抗性的关系, 为进一步开展野生大豆种质资源的评价和利用打下基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

选用 119 份野生大豆 (表 1), 来源于河北东部沿海地区, 由河北科技师范学院野生大豆遗传资源

收稿日期: 2011-09-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30940050); 河北省自然科学基金资助项目 (C2006000559; C2009000868); 河北省科技厅资助项目 (06547005D-3; 09220103D-1); 河北省教育厅资助项目 (Z2008114)。

第一作者简介: 朱英波 (1974-), 男, 副教授, 博士, 主要从事植物和微生物基因资源的挖掘与利用。E-mail: xiaozhu\_1688@126.com。

通讯作者: 乔亚科 (1964-), 男, 教授, 从事作物资源与育种研究。E-mail: qiaoyake@126.com。

课题组提供。

## 1.2 试验方法

1.2.1 大豆胞囊线虫病抗性鉴定 抗性鉴定所用病土取自黑龙江省农业科学院大庆分院试验地,取样地块前两茬均种植大豆且有大豆胞囊线虫病发生。将病土充分混匀后取出土样阴干,经漂浮计数每 100 g 干土胞囊数大于 20 个,病土能显现大豆对胞囊线虫的抗性差异。采用塑料钵柱法<sup>[7]</sup>进行抗性鉴定,将病土装入容积 500 mL 塑料杯中,野生大豆种子先机械微破种皮,每个材料分别取 15 粒种子播种于杯中,每杯播 3 粒种子,待子叶展开后每杯留苗 1 株。鉴定于 2010 年 6 月 25 日至 8 月 1 日进行,期间月平均气温在 26℃ 以上。采取覆膜等措施保证出苗整齐,按照干湿交替补充水分,30 d 左右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。以大豆品种合丰 25 作为感病对照品种。

抗性评价标准以雌虫指数<sup>[8]</sup>为性状值。雌虫指数为:

雌虫指数(Female Index, FI) =

$$\frac{\text{鉴别寄主单株平均着生胞囊数}}{\text{感病对照品种单株平均着生胞囊数}} \times 100\%$$

FI ≤ 10% 为抗病(R), FI > 10% 为感病(S)。

1.2.2 农艺性状调查 田间试验于 2010 年在河北科技师范学院生命科技学院试验地进行,于 5 月下旬将供试野生大豆材料播种,穴播,穴距 80 cm。田间小区行长 5 m, 3 行区,顺序排列,常规栽培管理。对各供试野生大豆农艺性状包括叶形、叶色、茎色、茸毛色、花色、单荚粒数、开花到成熟天数、株高、根瘤数等指标进行形态特征观测与记载。

## 1.3 数据分析

应用 DPS V7.05 及 Excel 2003 对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 野生大豆对 SCN 的抗性鉴定

对来源于河北东部沿海地区 119 份野生大豆进行田间抗大豆胞囊线虫鉴定。从表 1 可以看出,各供试野生大豆的雌虫指数差异较大,雌虫指数为 0 ~ 97.2%, 平均为 19.3%, 变异系数 94.3%, 其中表现为抗病的野生大豆材料有 48 份,雌虫指数为 0 ~ 8.7%, 占供试野生大豆的 40.3%; 表现感病的野生大豆材料有 71 份,雌虫指数为 10.2% ~ 97.2%, 占供试野生大豆的 59.7%。

表 1 参试野生大豆部分性状统计

Table 1 The statistics of the several characters

代号 Code	叶色 Leaf color	叶形 Leaf shape	茸毛色 Pubescence color	茎色 Stem color	花色 Flower color	单荚粒数 Seeds per pod	开花到成熟天数 Days from blossom to mature	株高 Plant height/cm	根瘤数 Root nodule per plant	雌虫指数 Female index/%	抗感反应 Reaction to SCN
1 HSG076	1	1	0	0	0	3	57	172	9	13.6	S
2 HSG244	0	0	0	0	0	3	51	165	26	6.4	R
3 HSG234	1	1	1	1	0	4	59	186	23	15.7	S
4 HSG226	1	1	1	0	0	3	77	112	22	36.6	S
5 HSG186	0	1	0	0	0	4	57	215	42	5.1	R
6 HSG072	1	1	0	1	0	4	53	143	19	11.5	S
7 HSG035	0	1	0	0	0	3	52	205	14	21.8	S
8 HSG052	1	0	1	0	0	4	50	217	21	10.2	S
9 HSG105	0	1	0	0	0	3	53	94	32	9.7	R
10 HSG173	2	1	0	0	0	4	58	175	38	1.7	R
11 HSG085	0	1	0	1	0	4	52	152	27	2.9	R
12 HSG250	0	0	0	0	0	4	55	131	30	3.4	R
13 HSG102	1	1	1	0	1	3	51	132	17	20.0	S
14 HSG055	2	0	0	0	0	4	59	138	19	43.4	S
15 HSG249	0	0	0	0	0	2	62	149	27	20.8	S
16 HSG145	0	0	0	0	0	3	62	141	20	12.3	S
17 HSG197	0	1	0	0	0	3	56	118	15	12.8	S
18 HSG120	1	1	1	1	0	3	52	154	38	8.5	R
19 HSG193	0	0	0	0	0	4	46	217	36	6.3	R
20 HSG235	2	0	0	1	0	2	55	159	29	3.8	R
21 HSG219	0	1	0	0	0	4	53	73	22	18.7	S
22 HSG189	0	0	0	0	0	4	47	158	15	35.3	S
23 HSG068	2	0	1	0	1	3	46	210	19	23.8	S
24 HSG232	1	1	1	0	0	3	47	235	7	29.8	S
25 HSG049	0	1	0	1	1	4	51	142	21	5.1	R

(续表 1)

代号	叶色	叶形	茸毛色	茎色	花色	单荚粒数	开花到成熟天数	株高	根瘤数	雌虫指数	抗感反应	
Code	Leaf color	Leaf shape	Pubescence color	Stem color	Flower color	Seeds per pod	Days from blossom to mature	Plant height/cm	Root nodule per plant	Female index/%	Reaction to SCN	
26	HSG202	0	1	0	1	0	3	48	168	43	4.3	R
27	HSG144	1	1	0	0	0	4	53	214	8	13.6	S
28	HSG247	0	0	0	0	0	4	56	245	11	35.7	S
29	HSG092	1	0	1	1	1	2	40	145	25	14.5	S
30	HSG111	0	1	0	0	0	4	51	168	18	8.5	R
31	HSG239	0	0	0	0	0	3	47	147	13	30.6	S
32	HSG125	2	2	1	0	0	4	57	97	28	4.3	R
33	HSG126	1	1	0	1	0	4	51	172	22	6.8	R
34	HSG119	0	0	0	0	0	4	47	182	39	4.3	R
35	HSG137	2	0	0	0	0	3	60	235	31	97.2	S
36	HSG218	0	1	0	0	0	4	47	109	28	8.5	R
37	HSG026	1	0	0	0	0	4	57	235	5	11.5	S
38	HSG242	0	0	0	1	0	4	51	127	12	27.7	S
39	HSG067	0	1	0	0	0	3	49	123	20	3.2	R
40	HSG089	0	1	0	0	0	4	52	149	19	37.4	S
41	HSG108	1	0	0	0	0	4	54	142	36	8.9	R
42	HSG196	0	1	0	1	0	4	74	157	28	36.2	S
43	HSG227	1	0	0	1	0	1	59	141	20	24.7	S
44	HSG022	2	1	0	1	0	4	62	120	41	9.4	R
45	HSG129	0	0	0	0	0	1	56	210	40	12.8	S
46	HSG241	1	0	0	0	0	4	47	201	36	85.5	S
47	HSG093	2	0	1	0	0	4	48	175	48	5.1	R
48	HSG086	2	1	1	0	0	3	51	149	30	15.7	S
49	HSG130	0	1	0	0	0	4	53	132	42	16.6	S
50	HSG132	0	0	0	0	0	4	46	183	53	0	R
51	HSG110	0	1	0	0	0	4	57	126	17	39.6	S
52	HSG246	0	0	0	0	0	1	48	73	29	20.0	S
53	HSG113	0	1	0	0	0	4	71	137	33	6.4	R
54	HSG162	0	0	0	1	0	3	46	162	7	34.0	S
55	HSG104	0	1	0	0	0	4	45	159	11	10.2	S
56	HSG109	0	1	0	1	0	4	46	160	10	37.0	S
57	HSG143	0	0	0	0	0	4	46	52	28	13.2	S
58	HSG080	0	1	1	0	0	4	44	158	31	35.7	S
59	HSG192	0	1	0	0	0	4	41	137	40	11.5	S
60	HSG115	0	0	0	1	0	4	53	170	46	4.3	R
61	HSG217	0	1	0	0	0	4	49	127	32	17.0	S
62	HSG190	0	1	1	1	0	3	50	143	39	8.9	R
63	HSG074	0	0	0	0	0	4	47	146	16	28.1	S
64	HSG214	0	1	0	0	0	4	54	148	9	88.9	S
65	HSG187	0	0	0	0	0	4	68	173	12	34.0	S
66	HSG233	2	1	0	0	0	2	47	157	17	25.5	S
67	HSG231	0	1	0	1	0	4	52	230	24	9.8	R
68	HSG155	2	1	1	0	0	3	46	147	27	13.6	S
69	HSG014	1	0	0	0	0	4	52	139	35	33.6	S
70	HSG114	1	1	0	0	0	3	46	132	52	0	R
71	HSG058	0	1	0	0	0	3	48	148	36	9.8	R
72	HSG199	0	0	0	0	0	4	44	159	30	39.1	S
73	HSG248	2	0	1	0	0	4	46	137	29	7.6	R
74	HSG002	2	0	1	0	0	4	56	182	14	5.1	R
75	HSG061	0	0	0	1	1	3	57	97	40	5.9	R
76	HSG041	0	1	0	0	0	1	44	110	35	6.4	R
77	HSG141	0	1	0	1	0	2	54	75	26	14.5	S
78	HSG158	0	0	0	0	0	1	46	197	20	86.1	S
79	HSG161	2	2	0	0	0	4	54	138	18	4.3	R
80	HSG182	0	1	0	0	0	2	47	137	25	16.2	S
81	HSG252	0	1	0	0	1	4	54	140	37	5.5	R
82	HSG211	0	0	0	0	1	1	58	162	20	49.4	S
83	HSG185	0	0	0	0	0	4	60	117	9	19.6	S
84	HSG070	1	0	1	0	1	4	60	125	23	5.1	R
85	HSG191	2	0	1	0	0	4	47	92	17	8.5	R
86	HSG079	2	0	0	0	0	4	52	127	52	0	R
87	HSG051	1	0	0	0	0	4	62	147	38	8.5	R
88	HSG094	0	0	0	0	0	4	45	120	30	8.5	R

(续表 1)

代号		叶色	叶形	茸毛色	茎色	花色	单荚粒数	开花到成熟天数	株高	根瘤数	雌虫指数	抗感反应
Code		Leaf color	Leaf shape	Pubescence color	Stem color	Flower color	Seeds per pod	Days from blossom to mature	Plant height/cm	Root nodule per plant	Female index/%	Reaction to SCN
89	HSG164	2	1	0	1	0	2	49	109	32	57.0	S
90	HSG152	0	0	0	1	0	4	55	87	32	4.3	R
91	HSG151	1	0	0	1	1	3	62	142	26	38.3	S
92	HSG007	1	1	1	0	0	4	63	110	41	6.4	R
93	HSG017	1	0	0	0	0	3	71	149	5	30.2	S
94	HSG038	0	1	0	0	0	4	60	135	18	7.7	R
95	HSG100	2	1	0	0	0	2	49	172	27	12.8	S
96	HSG103	0	1	0	0	1	3	43	193	13	20.0	S
97	HSG099	1	1	0	0	1	3	52	201	20	11.9	S
98	HSG116	1	0	1	1	0	3	57	215	28	18.7	S
99	HSG184	0	1	0	0	0	2	55	83	35	21.3	S
100	HSG081	2	0	1	1	0	3	56	79	3	46.8	S
101	HSG208	0	0	0	0	1	2	50	159	8	17.9	S
102	HSG183	1	0	0	0	0	2	52	138	17	18.3	S
103	HSG238	0	1	0	0	1	2	52	206	22	30.2	S
104	HSG240	1	0	0	0	1	3	63	125	9	32.3	S
105	HSG087	2	1	0	0	0	3	59	138	41	46.8	S
106	HSG117	0	0	0	1	0	4	56	117	35	31.9	S
107	HSG159	0	0	1	1	0	4	55	204	53	8.9	R
108	HSG221	0	0	0	0	0	4	48	98	2	40.0	S
109	HSG230	1	1	0	0	0	4	44	225	19	8.5	R
110	HSG179	2	1	0	0	1	4	50	163	22	8.5	R
111	HSG176	1	0	0	0	0	4	57	182	27	3.4	R
112	HSG194	1	1	0	0	1	3	61	147	11	26.4	S
113	HSG097	1	0	1	0	0	2	63	153	23	13.6	S
114	HSG046	0	1	0	0	0	3	75	166	8	11.5	S
115	HSG057	0	0	1	0	1	3	72	139	12	17.9	S
116	HSG286	1	0	0	0	0	4	48	172	28	5.5	R
117	HSG222	0	0	0	0	0	3	44	99	29	7.0	R
118	HSG188	1	0	0	0	0	3	48	104	44	2.1	R
119	HSG243	0	0	0	0	0	2	68	184	30	21.3	S

叶形:0 = 卵圆形,1 = 椭圆形,2 = 披针形;叶色:0 = 绿,1 = 淡绿,2 = 深绿;茸毛色:0 = 棕色,1 = 灰色;茎色:0 = 绿色,1 = 褐色;花色:0 = 紫色,1 = 白色;雌虫指数:R = 抗病型,S = 感病型

Leaf shape:0 = ovate,1 = oval,2 = lanceolate;Leaf color:0 = green,1 = pale green,2 = darkgreen;Pubescence color:0 = brown,1 = grey;Stem color:0 = green,1 = brown;Flower color:0 = purple,1 = white;Female index:R = resistant,S = susceptible.

## 2.2 野生大豆种质资源农艺性状间的相关分析

单荚粒数和根瘤数呈负相关,其中与单荚粒数和根瘤

由表 2 可知,茸毛色与叶色相关系数为 0.378,达

数的负相关达极显著水平。

到显著正相关;雌虫指数与叶色、叶形、茸毛色、茎色、

表 2 119 份野生大豆种质资源 10 个性状的相关系数

Table 2 Correlation coefficient of 10 characters in wild soybean accessions

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Y
叶色	叶形	茸毛色	茎色	花色	单荚粒数	开花到成熟期天数	株高	根瘤数	雌虫指数
Leaf color	Leaf shape	Pubescence color	Stem color	Flower color	Seeds per pod	Days from the blossom to mature	Plant height	Root nodule number	Female index
X1	0.013	0.378 **	-0.013	0.032	-0.040	0.074	0.043	0.010	-0.017
X2		-0.037	0.001	-0.038	0.065	-0.031	-0.073	0.031	-0.105
X3			0.078	0.094	-0.024	0.011	0.025	0.009	-0.039
X4				0.008	-0.024	0.074	-0.027	0.096	-0.030
X5					-0.211 *	0.056	0.023	-0.152 *	0.053
X6						-0.031	0.023	0.069	-0.213 **
X7							-0.020	-0.072	0.044
X8								-0.088	0.003
X9									-0.286 **

\* 表示 0.05 的显著水平,\*\* 表示 0.01 的显著水平。

\* Significant at the 0.05 probability level,\*\* Significant at the 0.01 probability level.

2.3 抗性野生大豆资源的分布

被鉴定的野生大豆资源来源于河北省东部昌黎、迁西、迁安、青龙和丰南等地区。结果在昌黎、迁西、迁安、青龙和滦南等地区资源中发现有抗大豆胞囊线虫病野生大豆资源(表1和表3),其中来源于滦南的抗性野生大豆资源最为丰富。在鉴定的27份滦南资源中有16份表现为抗病反应,占59.3%,其中HSG079、HSG114和HSG132这3份资源接种后植株雌虫指数为0。虽然该研究所鉴定的资源数量较少,但除丰南外,昌黎、迁西等县区资源中都发现抗性资源,这表明冀东地区普遍存在抗大豆胞囊线虫病的野生大豆资源。

表3 不同来源野生大豆资源对大豆胞囊线虫的反应

Table 3 Reaction of wild soybean accessions from different locations to SCN			
来源 Location	数量 Number	对大豆胞囊线虫的反应 SCN reaction	
		R	S
黄金海岸 Huangjinhaian	6	2	4
昌黎 Changli	12	5	7
迁西 Qianxi	10	4	6
迁安 Qianan	22	10	12
丰润 Fengrun	17	6	11
丰南 Fengnan	3	0	3
青龙 Qinglong	14	3	11
乐亭 Laoting	8	2	6
滦南 Luannan	27	16	11
总计 total	119	48(40.3%)	71(59.7%)

R = 抗病, S = 感病  
R = Resistant, S = Susceptible

3 结论与讨论

研究野生大豆对大豆胞囊线虫的抗性以及筛选抗源是栽培大豆抗SCN育种的关键。该研究对来源于河北东部沿海地区的119份野生大豆进行SCN抗感反应鉴定,在119份野生大豆材料中,表现为抗病的材料有48份,占供试材料的40.3%;表现为感病的材料有71份,占供试材料的59.7%,表明河北东部沿海地区野生大豆资源存在丰富的抗源。从抗病性和农艺性状的相关分析结果可以看出,供试野生大豆品种资源的雌虫指数和叶色、叶形、茸毛色、茎色、单荚粒数、株高等农艺性状均无显著相关性,而与单荚粒数和根瘤数呈极显著负相关,这说明野生大豆的单荚粒数和根瘤数与大豆胞囊线虫田间发病程度存在一定联系。

目前我国野生大豆的起源尚不清楚,但董英山等<sup>[9]</sup>研究表明野生大豆在我国存在3个遗传多样性中心,其中沿海地区有可能是一年生野生大豆起

源中心。李桂兰等<sup>[10]</sup>对来源于冀东沿海地区的370份野生大豆材料进行SSR多样性分析,结果表明该地区野生大豆存在着丰富的遗传多样性。一般而言,作物的起源中心存在着丰富遗传多样性和抗性多样性。由于文中没有评价野生大豆对大豆胞囊线虫病的抗性多样性,其抗性多样性与遗传多样性的地理分布是否一致还有待于进一步研究。

参考文献

[1] 卢为国,袁道华,李金英,等. 大豆抗胞囊线虫基因不同世代遗传率的变化[J]. 河南农业科学,2010(2):24-27. (Lu W G, Yuan D H, Li J Y, et al. Analysis of heritability of genes resistant to soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe) in different generations of soybean[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2010(2):24-27. )

[2] 马书君. 黑龙江省安达地区大豆胞囊线虫生理小种动态监测[J]. 大豆科学,1996,15(3):254-257. (Ma S J. Studies on dynamics detection to races of SCN in Anda area of Heilongjiang province[J]. Soybean Science, 1996, 15(3):254-257. )

[3] 杨光宇. 东北地区野生、半野生大豆在大豆育种中利用研究进展[J]. 大豆科学,1997,16(3):259-263. (Yang G Y. Advance of study on usage of wild and semi-wild soybean in soybean breeding in the northeast of China[J]. Soybean Science, 1997, 16(3):259-263)

[4] 刘亚男,李向华,王克晶. 国家基因库野生大豆微核心样本遗传变异性的SSR标记分析[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(2):211-217. (Liu Y N, Li X H, Wang K J. Analysis of the genetic variability for the mini-core collection of Chinese wild soybean (*Glycine soja*) collection in the national gene bank based on SSR markers[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2009, 10(2):211-217. )

[5] 马晓萍,杨光宇,杨振宇,等. 野生大豆在大豆育种中的应用[J]. 作物研究,2009,23(1):11-12. (Ma X P, Yang G Y, Yang Z Y, et al. Application of wild soybean in soybean breeding[J]. Crop Research, 2009, 23(1):11-12. )

[6] 来永才,林红,方万程,等. 黑龙江野生大豆优异资源筛选、评价及利用的研究[J]. 中国农学通报,2005,21(6):379-382. (Lai Y C, Lin H, Fang W C, et al. Research that the excellent resource of wild soybean screen appraise and utilization in Heilongjiang[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(6):379-382. )

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

[8] Beatty K D, Riggs R D, Widick D, et al. Cyst nematode screening methods, indexes and their uses[J]. Soybean Genetics Newsletter, 1983, 10:17-20

[9] 董英山,庄炳昌,赵丽梅,等. 中国野生大豆遗传多样性中心[J]. 作物学报,2000,26(5):521-527. (Dong Y S, Zhuang B C, Zhao L M, et al. The genetic diversity centers of annual wild soybean in China[J]. Acta Agronomica Sinica, 2000, 26(5):521-527. )

[10] 王丹,乔亚科,韩粉霞,等. 河北东部沿海地区野生大豆SSR多样性分析[J]. 大豆科学,2010,29(4):555-558. (Wang D, Qiao Y K, Han F X, et al. Genetic diversity of *Glycine soja* in eastern coastal area of Hebei province[J]. Soybean Science, 2010, 29(4):555-558. )