

中国大豆抗(耐)胞囊线虫病品种及其系谱分析

袁翠平, 沈波, 董英山

(吉林省农业科学院 生物技术研究中心, 吉林省农业生物技术重点开放实验室, 吉林 长春 130033)

摘要:大豆胞囊线虫病是大豆生产上的重要病害, 给大豆生产造成巨大损失。种植抗病品种是经济有效、环境友好型防治方法, 国内外大豆抗胞囊线虫病育种取得了较大成绩。汇总我国自1978年以来所审定的大豆抗(耐)胞囊线虫病品种, 系谱分析了其抗病基因来源, 指出了我国抗病品种遗传基础狭窄, 抗病品种抗性单一的问题, 提出了利用新的抗源或新型抗病基因是拓宽抗病品种遗传基础的重要途径, 并就未来研究从3个方面进行了探讨, 以期能够对我国抗病育种提供参考。

关键词:大豆; 大豆胞囊线虫; 抗病品种; 抗病基因

中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-9841(2009)06-1049-05

Released Soybean Varieties Resistant to Cyst Nematode in China and Their Resistance Genetic Derivation

YUAN Cui-ping, SHEN Bo, DONG Ying-shan

(Biotechnology Research Center, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Agricultural Biotechnology, Changchun 130033, Jilin, China)

Abstract: Soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) is a seriously destructive pathogen in soybean production worldwide and causes great loss. Planting resistant variety is an effective and environment-friendly method to decrease its damage. The paper summarized released soybean SCN resistant cultivars in China and analyzed derivation of their resistance genes according to pedigree of these resistant cultivars, then discussed the problem of narrow genetic base in the soybean SCN breeding and suggested 3 research emphases on the utilization of novel resistant germplasm (or genes) to broaden the genetic base.

Key words: Soybean; Soybean cyst nematode; Resistant soybean cultivar; Resistant gene

大豆胞囊线虫病 (Soybean cyst nematode, SCN) 是大豆生产上的重要病害之一, 在美国、中国、日本、朝鲜、韩国、埃及、巴西和加拿大等大豆主产国均有分布, 给大豆生产造成巨大损失^[1]。我国存在1、2、3、4、5、6、7、9和14号9个生理小种^[2-4], 主要分布于东北和黄淮大豆主产区的黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、山东、河北、山西、安徽、河南、北京等省(市), 尤其以东北三省西部、内蒙古东部的风沙、干旱、盐碱地普遍发生^[2]。目前SCN防治措施有轮作换茬、合理施肥与灌溉、药剂和生物防治等, 其中, 种植抗病品种是经济有效、环境友好型防治方法。

美国大豆抗SCN育种成绩突出, 但长期以来, 育种主要利用少数抗病材料造成美国抗病品种遗传

基础狭窄^[5]。我国抗SCN育种起步较晚, 但也取得较大成绩, 自1978年育成抗病品种周7327-118^[6]以来, 到目前已审定80个抗(耐)病品种。现就我国大豆抗(耐)SCN品种及其抗病基因源进行综述与分析, 以期能够为抗SCN育种提供参考。

1 我国大豆抗(耐)SCN品种的选育

自1978年以来, 我国已审定了80个抗(耐)病品种(表1), 其中东北大豆主产区品种36个, 黄淮海大豆主产区44个。纵观育种历程, 抗病育种成效呈明显加快趋势, 最初11a(1978~1989)我国审定抗病品种10个, 而1990~1999年间审定29个, 2000~2009年间审定41个。在品种抗性水平上,

收稿日期: 2009-06-04

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目(2006AA10Z120); 吉林省农科院博士科研启动经费资助项目; 吉林省青年科研基金资助项目(20090170)。

第一作者简介: 袁翠平(1978-), 女, 博士, 研究方向为野生大豆优异基因发掘与遗传改良。E-mail: cpyuan2004@126.com。

通讯作者: 董英山, 研究员, 博士生导师。E-mail: ysdong@cjaas.com。

表1 我国审定的大豆抗胞囊线虫品种
Table 1 Released soybean SCN resistant cultivars in China

品种名称 Cultivar	审定年份 Year	抗病水平 (生理小种) Resistance grade (Race)	抗病基因来源 Resistance gene	系谱 Parents	育成单位 Breeding Academy
抗线虫 1 号 ^[7]	1992	高抗(3)	Franklin	丰收 12/Franklin	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 2 号 ^[7]	1995	高抗(3)	Franklin	嫩丰 9 号/F ₂ (嫩丰 10/Franklin)	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 3 号 ^[7]	1999	高抗(3)	Franklin	抗线虫 2 号/8314-122	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 4 号 ^[7]	2003	抗(3)	Franklin	8108-5/九丰 1 号	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 5 号 ^[8]	2003	抗(3)	Franklin	合丰 25/安 8804-33	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 6 号 ^[9]	2007	高抗(3)	Franklin	安 8201-205(抗线虫 2 号)为受体,导入三亚海滩 野生大豆的总 DNA	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 7 号	2007	高抗(3)	Franklin	合丰 36/抗线 3 号	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 8 号	2008	高抗(3)	Franklin	东农 690/安 95-1409	黑龙江省农业科学院大庆分院
抗线虫 9 号	2009	中抗(3)	Franklin	黑农 37/安 95-1409	黑龙江省农业科学院大庆分院
庆丰 1 号 ^[10]	1994	抗(3)		晋豆 3 号/(庆 5117/庆 8319)	黑龙江省农业科学院大庆分院
嫩丰 14 ^[6]	1988	抗		从安 70-4176 中选育而来	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
嫩丰 15 ^[7]	1994	抗(3)	CN210	CN210/黑河 3 号	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
嫩丰 18 ^[11]	2005	中抗(3)		嫩 92046(北 202/美国大豆)F ₁ /合丰 25	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
嫩丰 19 ^[12]	2006	中抗(3)		嫩丰 13(嫩 76569-17)/334 诱变	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
嫩丰 20	2008	中抗(3)		合丰 25/安 7811-277	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
黑河 46	2007	抗(4),中抗(3)		黑交 92-1526/北垦 94-11	黑龙江省农业科学院黑河分院
黑河 47	2007	中抗(3,4)		黑河 94-47/黑生 101	黑龙江省农业科学院黑河分院
垦丰 1 号 ^[6]	1987	抗		系选 1 号/黑河 54/	黑龙江省农垦科学院农作物所
垦秣 1 号 ^[6]	1989	抗		双河秣食豆中系统选育	黑龙江省农垦科学院农作物所
东农 43 ^[8]	1999	抗(3)	CN210	绥农 8 号/CN210	东北农业大学
白农 2 号 ^[6]	1986	抗(3)		柳树川满仓金/合交 6 号	吉林省白城农业科学院
白农 4 号 ^[6]	1988	抗		(集体 5 号/铁荚四粒豆)F ₂ /群选 1 号	吉林省白城农业科学院
白农 5 号 ^[8]	1995	抗(3)		(集体 5 号/铁荚四粒豆)F ₂ /群选 1 号	吉林省白城农业科学院
白农 8 号 ^[8]	1998	抗		(长农 4 号/吉林 20)F ₁ /吉林 27	吉林省白城农业科学院
白农 9 号 ^[8]	1999	高抗(3)	北京小黑豆	白交 8209-8/吉林 20	吉林省白城农业科学院
吉林 22 ^[6]	1989	耐		吉林 15/Beeson	吉林省农业科学院大豆中心
吉林 23 ^[6]	1990	抗(3)		公交 7723-4/吉林 20	吉林省农业科学院大豆中心
吉林 32 ^[8]	1995	抗		公交 7802-8/长农 4 号	吉林省农业科学院大豆中心
吉育 47 ^[8]	1999	抗(3)		海交 83147-2/吉林 20 号	吉林省农业科学院大豆中心
吉育 94	2008	中抗(3)		红丰 2 号/吉林 35	吉林省农业科学院大豆中心
吉育 95 ^[13]	2008	中抗		公交 9417-10/公交 9404A-1	吉林省农业科学院大豆中心
辽阳 1 号 ^[8]	1999	抗		从辽豆 10 号中系统选育而成	辽宁省辽阳市农科所
辽豆 13 ^[8]	2000	抗(1,3)	Franklin	辽豆 10 号/Franklin	辽宁省农业科学院作物所
辽豆 22	2006	中抗		辽 8878-13-9-5/辽 93010-1	辽宁省农业科学院作物所
兴抗线 1 号 ^[8]	2003	高抗(3)	Franklin	抗线虫 2 号/花佛 100	内蒙古自治区兴安盟农科所
丰豆 2 号 ^[14]	2006	抗(3)	Franklin	安 87-7163(抗线虫 4 号)/东农 47	内蒙古自治区兴安盟农科所
中黄 1 号 ^[15]	1989	耐		早熟 6 号/海 94(晋豆 4 号)	中国农业科学院作物所
中黄 6 号 ^[15]	1994	抗		早熟 6 号/晋豆 4 号	中国农业科学院作物所
中黄 8 号 ^[8]	1995	中抗(4)		大金元/究黄 1 号	中国农业科学院作物所
中黄 9 号 ^[8]	1996	中抗		科丰 6 号/荷 7308-1-2	中国农业科学院作物所
中黄 10 号 ^[8]	1996	抗		文丰 7 号/鲁豆 4 号	中国农业科学院作物所
中黄 12 ^[8]	2000	中抗(4)		晋遗 20/遗-4	中国农业科学院作物所
中黄 13 ^[8]	2001	中抗(4)		豫豆 8 号/中作 90052-76	中国农业科学院作物所
中黄 17 ^[8]	2001	中抗(4)		遗-2/Hobbit	中国农业科学院作物所
中黄 18 ^[8]	2001	中抗		中品 661/Century-2	中国农业科学院作物所
中黄 23 ^[8]	2002	中抗		杂抗 F ₆ /鲁豆 4 号	中国农业科学院作物所
中黄 24 ^[8]	2003	中抗		吉林 21/F ₁ (汾豆 21/中豆 19)	中国农业科学院作物所
中黄 26 ^[8]	2003	中抗(4)	PI437654	单 8/PI437654	中国农业科学院作物所

续表 1

品种名称 Cultivar	审定年份 Year	抗病水平 (生理小种) Resistance grade (Race)	抗病基因来源 Resistance gene	系谱 Parents	育成单位 Breeding Academy
中黄 41	2007	中抗(1)		科丰 14/科新 3 号	中国农业科学院作物所
科丰 14 ^[8]	2001	中抗		早熟 3 号/安徽大青豆	中国科学院遗传所
鲁黑豆 2 号 ^[8]	1993	高抗(1,2)	北京小黑豆	7605/北京小黑豆	山东省农业科学院作物所
齐茶豆 1 号 ^[8]	1995	抗	北京小黑豆	鲁豆 4 号/北京小黑豆	山东省农业科学院作物所
齐黄 25 ^[8]	1995	抗(1,3,5)	哈尔滨小黑豆	鲁豆 4 号/哈尔滨小黑豆	山东省农业科学院作物所
齐黄 26 ^[8]	1999	中抗	哈尔滨小黑豆	鲁豆 7 号/哈尔滨小黑豆	山东省农业科学院作物所
齐茶豆 2 号 ^[8]	2002	抗(1,3,5)	北京小黑豆	济 3045/潍 8640	山东省农业科学院作物所
齐黄 28 ^[8]	2003	高抗(1,3,5)	北京小黑豆	济 3045/潍 8640	山东省农业科学院作物所
齐黄 29 ^[8]	2003	高抗(1,3,5)	北京小黑豆	济 3045/潍 8640	山东省农业科学院作物所
齐黄 31 ^[8]	2004	抗	北京小黑豆	济 3045/潍 8640	山东省农业科学院作物所
临豆九号	2008	中抗(1)		豫豆八号/临 135	山东省临沂市农业科学院
84-51 ^[8]	1995	抗		齐黄 23/8101	山东省青岛市植保站、青岛市农科所
鲁豆 11 ^[8]	1995	耐		鲁豆 6 号/北京 8201	山东省潍坊市农业科学院
高作选 1 号 ^[8]	1995	高抗(1,2,3,5) 中抗(4)		不详	山东省高密市植保站、山东省农业科学院作物所
鲁豆 9 号 ^[8]	1993	中抗		F ₁ (7528/7405) 种子经 4.644C/kg ⁶⁰ Co 照射	山东省菏泽市农业科学院
晋豆 11 ^[6]	1990	抗		龙 76-9293/不详	山西省农业科学院作物遗传所
晋豆 31 ^[16]	2005	抗(4)	灰皮支黑豆	埂 283/1259	山西省农业科学院经作所
汾豆 65	2007	中抗(3)		晋豆 15/早熟 18	山西省农业科学院经作所
临豆 1 号	2001	抗		安泽县冀氏村农家种小黄豆中系统选育而成	山西省农业科学院小麦所
豫豆 8 ^[6]	1988	耐		郑 74046-0-1-0 中系统选育而成	河南省农业科学院经作所
豫豆 18 ^[8]	1995	耐		郑 80024-10/中豆 19	河南省农业科学院经作所
豫豆 22 ^[8]	1997	中抗		郑 87174/豫豆 18	河南省农业科学院经作所
郑 92116 ^[8]	2001	耐		郑 504/郑 100	河南省农业科学院经作所
周 7327-118 ^[6]	1978	抗		徐豆 2 号/跃进 3 号	河南省周口地区农科所
商丘 7608 ^[6]	1980	抗		商丘 65/浦东大黄豆	河南省商丘地区农林科研所
合豆 1 号 ^[8]	2000	抗		蒙 84-20/油 88-86	安徽省农业科学院作物所
合豆 2 号 ^[8]	2003	抗		皖豆 16 经等离子处理(N 50 次,30 keV) 的突变株/豫豆 10 号	安徽省农业科学院作物所
合豆 3 号 ^[8]	2003	抗		F ₁ (蒙 84-20/荷 84-5)/泗豆 11	安徽省农业科学院作物所
合豆 5 号	2007	中抗(1)		鲁豆 4 号/蒙 86-11-11	安徽省农业科学院作物所
皖豆 24 ^[8]	2003	抗		F ₁ (山东 8502/南 88-217)/F ₁ (蒙 84-20/阜 8128-1)	安徽省农业科学院作物所
皖豆 25 ^[8]	2004	抗		不育系 W931A/恢复系 WR016	安徽省农业科学院作物所
皖豆 16 ^[8]	1996	高抗(2,3,4,5)		科系 8 号(58-161/徐豆 1 号)/徐豆 1 号	安徽省农业科学院作物所、濉溪县农科所、中国农业科学院植保所

除辽豆 13、高作选 1 号、齐黄 29 和皖豆 16 等少数抗病品种兼抗 2 个或 2 个以上生理小种外,多数品种仅专一抗(耐)某个生理小种。

从育种方法来看,常规的有性杂交是最为常用、成效最大的方法(育成 70 个品种),系统选育(育成 5 个品种)和突变育种(育成 2 个品种)也得到成功应用。值得一提的是,黑龙江省农业科学院大庆分院首次利用 DNA 导入技术育成抗病品种抗线虫 6 号,而安徽省农业科学院作物所则以 M 型质核互作雄性不育系 W931A 与恢复系 WR016 组配杂交组

合,选育出我国首个抗病杂交夏大豆品种皖豆 25。

上述 80 个抗(耐)病品种由东北和黄淮海大豆主产区的 28 个科研单位选育或参与选育而成,属于东北大豆产区的育种单位 10 个,属于黄淮海大豆产区的有 18 个,其中黑龙江省农业科学院大庆分院、黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院、中国农业科学院作物所、山东省农业科学院作物所、吉林省农业科学院大豆研究中心、吉林省白城市农业科学院和安徽省农业科学院作物所 7 个科研单位育成或参与育成抗病品种合计 55 个,占育成品种总数的 68.8%。

2 抗原在我国抗病育种中的利用现状

对抗病品种系谱分析明确了 25 个抗病品种的抗性基因来源(表 1),其中有 12 个品种的抗性基因可追溯到 Franklin,2 个品种可追溯到 CN210,7 个品种来自北京小黑豆,2 个品种来自哈尔滨小黑豆,各有 1 个品种来自 PI 437654 和灰皮支黑豆。Franklin 和 CN210 分别是美国于 1980 年和 1988 年注册的抗病品种,其抗源均为 Custer,其抗病基因来自 Peking,然而 Peking 是美国自我国引进的北京小黑豆。因此,上述 25 个抗病品种中,24 个品种的抗病基因源自我国北京小黑豆、哈尔滨小黑豆和灰皮支黑豆,其中 21 个品种(87.0%)来自北京小黑豆。可见,我国抗病品种遗传基础也比较狭窄,抗病品种的抗性单一。另外,这些抗病品种的抗病基因均来自单一抗源,尚未见将不同来源的抗病基因成功聚合在一个品种的报道。

直接利用优良的抗病品种(系)作为亲本材料开展品种选育是最常用、成效最大的选配方式。抗性基因来源明确的 25 个抗病品种中,直接以育成品种(Franklin 和 CN210)或其衍生品种(系)作为亲本育成 13 个(52.0%),以地方品种衍生的优良品系为亲本育成 6 个(24.0%),而直接以地方品种抗源如北京小黑豆、哈尔滨小黑豆等为亲本只育成 5 个(20.0%)。

3 问题与展望

生产中,大豆胞囊线虫群落是一个基因型异质的群体。在抗病品种选择作用下大豆胞囊线虫群体会发生变异,非优势线虫数量增多,进而造成抗病品种抗性丧失^[17],产量降低。可见,常年种植抗性单一的抗病品种会给大豆稳产带来潜在风险,而拓宽抗病品种的遗传基础是提高抗 SCN 大豆稳产性的一项重要措施。

利用新的抗源或新型抗病基因是拓宽抗病品种遗传基础的重要途径。国外研究主要集中在野生大豆抗病基因鉴定与利用、新类型抗病基因(如大豆 Hs1^{pro-1}类抗病基因)发掘两个方面^[5]。我国大豆资源丰富,已保存 23 000 多份栽培大豆和 7 600 多份野生大豆种质,在抗病资源发掘与利用方面具有独特优势。尽管我国通过多次较大规模的抗源鉴定^[18],已筛选到抗 1、2、3、4 和 5 号生理小种,甚至兼抗多个生理小种的大豆种质,但是仅有北京小黑

豆、灰皮支黑豆、哈尔滨小黑豆 3 个抗源在育种中得到有效利用,因此未来研究可加强以下几个方面的工作。

3.1 深入开展地方品种的抗病基因鉴定

我国曾从 DNA 水平评价了高抗或免疫栽培大豆种质在主要抗性基因的等位变异^[19-20],构建了抗病应用核心种质^[21],为抗病种质在育种中的合理利用提供了参考。然而,抗病基因定位与克隆研究较少,仅开展了灰皮支黑豆及其衍生品系的抗性基因鉴定^[22],其它抗源鲜见报道。从我国免疫或高抗的地方品种资源中发掘抗病基因对于拓宽我国抗病育种遗传基础具有重要价值。

3.2 加强野生大豆抗病基因资源发掘研究

我国野生大豆不仅具有蛋白质含量高、抗逆性好等优异特性,而且具有比栽培大豆更为广泛的遗传变异,因此,它也是丰富抗病品种遗传基础的重要资源。但是与栽培大豆相比,其抗源筛选及其抗病基因鉴定研究薄弱,仅采用常规鉴定方法对少数野生大豆种质进行了 SCN 抗性评价,鲜见发掘野生大豆抗性基因以及利用抗病野生大豆培育抗病品种的报道。可见,在继续开展野生大豆抗性鉴定筛选抗病种质的同时,加强抗病种质评价和抗病基因发掘研究是野生大豆抗病研究的重要内容。

3.3 利用分子标记技术进行辅助选择,提高抗病育种效率

抗病基因与低产、黑种皮等不利性状的紧密连锁可能是导致抗源利用率低下的主要原因之一。常规育种中,打破这种连锁需要较大的杂交群体和较高的世代,从而使得杂交后代的抗性鉴定和繁育工作量大。分子标记辅助选择不仅快速,而且可在育种早代完成,大大缩短育种周期^[23],被广泛用于常规杂交、轮回杂交和基因聚合等育种程序中。通过 QTL 定位方法鉴定的连锁分子标记往往具有较强的遗传背景依赖性,应用于其它遗传材料的鉴定效率可能较低。基于我国抗源开发与利用抗性关联的分子标记是提高分子标记辅助选择效率的重要措施。

参考文献

- [1] Wrather J A, Anderson T R, Arsyad D M, et al. Soybean disease loss estimates for the top ten soybean-producing countries in 1998 [J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 2001, 23: 115-121.
- [2] 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 Sinica, 2001, 31(4): 336-341.)
- [3] 卢为国, 盖钧镒, 李卫东. 黄淮地区大豆胞囊线虫生理小种的抽样调查与研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(2): 306-312. (Lu W G, Gai J Y, Li W D. Sampling survey and identification of races of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe) in Huang-Huai valleys [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(2): 306-312.)
- [4] 田中艳, 高国金, 周长军, 等. 大豆胞囊线虫生理小种变异的研究[J]. 大豆科学, 2007, 26(2): 290-292. (Tian Z Y, Gao G J, Zhou C J, et al. Study on the variation of soybean cyst nematode [J]. Soybean Science, 2007, 26(2): 290-292.)
- [5] Concibido V C, Diers B W, Arelli P R. A decade of QTL mapping for cyst nematode resistance in soybean [J]. Crop Science, 2004, 44: 1121-1131.)
- [6] 胡明祥, 田佩占. 中国大豆品种志 (1978-1992) [M]. 北京: 农业出版社, 1993. (Hu M X, Tian P Z. Characteristics of Chinese soybean cultivars released in 1978-1992 [M]. Beijing: Agriculture Press, 1993.)
- [7] 李云辉, 李肖白, 潘红丽. 黑龙江省大豆抗胞囊线虫育种的抗源利用与分析[J]. 大豆通报, 2000(6): 14. (Li Y H, Li X B, Pan H L. Analysis of soybean resistant germplasm utilization in soybean breeding for resistance to soybean cyst nematode in Heilongjiang Province [J]. Soybean Bulletin, 2000(6): 14.)
- [8] 邱丽娟, 王曙明. 中国大豆品种志 (1993-2004) [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. (Qiu L J, Wang S M. Characteristics of Chinese soybean cultivars released in 1993-2004 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1993.)
- [9] 田中艳, 周长军, 吴耀坤, 等. 抗线 6 号大豆品种的选育[J]. 作物研究, 2007(3): 373. (Tian Z Y, Zhou C J, Wu Y K, et al. Selection of soybean variety Kangxian 6 [J]. Crop Research, 2007(3): 373.)
- [10] 董立华, 张志发, 郝奎, 等. 抗大豆胞囊线虫 1、3 号生理小种、早熟、高蛋白新抗源选育和鉴定 [J]. 大豆科学, 1998, 17(1): 91-94. (Dong L H, Zhang Z F, Hao K, et al. Breeding and evaluating new soybean germplasm of early maturing high protein and resistance to race 1, 3 of soybean cyst nematode [J]. Soybean Science, 1998, 17(1): 91-94.)
- [11] 王连霞, 王守义, 王淑荣, 等. 高油抗线大豆嫩丰 18 特征特性与应用研究[J]. 黑龙江农业科学, 2007(5): 125-127. (Wang L X, Wang S Y, Wang S R, et al. Character and application of soybean variety Nenfeng 18 with high oil and resistant to cyst nematode [J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2007(5): 125-127.)
- [12] 袁明. 高油大豆嫩丰 19 特征特性与高产栽培技术 [J]. 作物杂志, 2007(2): 88. (Yuan M. Character and cultivation technique of high oil soybean variety Nenfeng 19 [J]. Crops, 2007(2): 88.)
- [13] 刘佳, 刘玉芝, 董志敏, 等. 高产大豆新品种吉育 95 选育报告 [J]. 吉林农业科学, 2008, 33(5): 18-19. (Liu J, Liu Y Z, Dong Z M, et al. Breeding report of high yield soybean variety Jiyu 95 [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2008, 33(5): 18-19.)
- [14] 朱知运, 董汉文, 张静媛, 等. 大豆新品种丰豆 2 号的选育及栽培 [J]. 内蒙古农业科技, 2007(1): 40. (Zhu Z Y, Dong H W, Zhang J Y, et al. Selection and cultivation of soybean variety Fengdou 2 [J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2007(1): 40.)
- [15] Cui Z, Carter T E, Gai J, et al. Origin, description and pedigree of Chinese soybean cultivars released from 1923-1995 [R]. U. S. Department of Agriculture Technical Bulletin, 1999: 1871.
- [16] 马俊奎, 任小俊, 史宏, 等. 抗大豆胞囊线虫病 4 号生理小种大豆新品种晋豆 31 号选育 [J]. 大豆通报, 2007(2): 9-11. (Ma J K, Ren X J, Shi H, et al. Selection of SCN soybean variety Jindou 31 resistant to the race 4 [J]. Soybean Bulletin, 2007(2): 9-11.)
- [17] 崔文馥. 我国大豆胞囊线虫抗源筛选及抗病育种研究进展 [J]. 大豆科学, 1998, 17(1): 79-82. (Cui W F. Advances in study of breeding for resistance to soybean cyst nematode of China [J]. Soybean Sciences, 1998, 17(1): 79-82.)
- [18] 王文辉, 邱丽娟, 常汝镇, 等. 中国大豆种质抗 SCN 基因 *rhg1* 位点 SSR 标记等位变异特点分析 [J]. 大豆科学, 2003, 22(4): 246-250. (Wang W H, Qiu L J, Chang R Z, et al. Characteristics of alleles at Satt309 Locus associated with *rhg1* gene resistant to SCN of Chinese soybean germplasm [J]. Soybean Sciences, 2003, 22(4): 246-250.)
- [19] 邱丽娟, 常汝镇, 王文辉, 等. 大豆抗胞囊线虫病种质 *rhg1* 和 *Rhg4* 位点的单核苷酸多态性 (SNPs) [J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(2): 89-93. (Qiu L J, Chang R Z, Wang W H, et al. Single nucleotide polymorphism (SNPs) at both loci of *rhg1* and *Rhg4* in soybean resistant germplasm [J]. Journal of Plant Genetic Resource, 2003, 4(2): 89-93.)
- [20] Ma Y S, Wang W H, Wang L X, et al. Genetic diversity of soybean and the establishment of a core collection focused on resistance to soybean cyst nematode [J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2006, 48(6): 722-731.
- [21] 卢为国, 盖钧镒, 郑永战, 等. 大豆遗传图谱的构建和抗胞囊线虫 (*Heterodera glycines* Ichinohe) 的 QTL 分析 [J]. 作物学报, 2006, 32(9): 1272-1279. (Lu W G, Gai J Y, Zheng Y Z, et al. Construction of a soybean genetic linkage map and mapping QTLs resistant to soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe) [J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(9): 1272-1279.)
- [22] 蒙忻, 刘学义, 方宣钧. 利用大豆分子连锁图定位大豆胞囊线虫 4 号生理小种抗性 QTL [J]. 分子植物育种, 2003, 1(1): 6-21. (Meng X, Liu X Y, Fang X J. QTL mapping genes conferring resistance to race 4 of soybean cyst nematode in soybean ZDD2315 (*Glycine max* (L.) Merr.) based on public molecular genetic linkage map [J]. Molecular Plant Breeding, 2003, 1(1): 6-21.)
- [23] 倪新强, 王忠华, 夏英武. 分子标记辅助选择及其在水稻育种中的应用 [J]. 中国农学通报, 2001, 17(3): 58-61. (Ni X Q, Wang Z H, Xia Y W. Molecular marker-assisted selection and its application in rice breeding [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2001, 17(3): 58-61.)