

黑龙江省野生大豆资源农艺性状和品质性状的遗传多样性分析

李 炜<sup>1</sup>,肖佳雷<sup>1</sup>,毕影东<sup>1</sup>,刘 森<sup>1</sup>,刘 明<sup>1</sup>,林 红<sup>2</sup>,张必弦<sup>3</sup>,来永才<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 黑龙江省农业科学院 育种研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;3. 黑龙江省农业科学院,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘 要:**为发掘具有优异农艺性状与品质性状的野生大豆资源,对 240 份黑龙江省野生大豆资源进行农艺和品质性状的遗传多样性分析。结果表明:黑龙江省野生大豆资源中主要是紫花、黑色种皮、卵圆和批针叶形、有泥膜为主;产量性状和生长性状的变异系数平均为 51.55%,多样性指数平均为 1.75;品质性状的变异系数平均为 17%,多样性指数平均为 1.94;聚类分析将试验材料分为 2 类,聚类分析将晚熟、单株产量高和异黄酮含量高的材料聚为一类,将叶形细长、蛋白含量高的材料聚为一类,第 I 类材料主要来自黑龙江省东部和中南部地区,第 II 类材料主要来自黑龙江省西部和北部地区。

**关键词:**野生大豆;农艺性状;品质性状;遗传多样性

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.01.0009

Diversity of Wild Soybean Resources Based on Agronomic and Quality Traits in Heilongjiang Province

LI Wei<sup>1</sup>, XIAO Jia-lei<sup>1</sup>, BI Ying-dong<sup>1</sup>, LIU Miao<sup>1</sup>, LIU Ming<sup>1</sup>, LIN Hong<sup>2</sup>, ZHANG Bi-xian<sup>3</sup>, LAI Yong-cai<sup>1</sup>  
(1. Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Crop Breeding Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to excavated excellent wild soybean resources, 240 wild soybean resources were taken as material to analyze the diversity based on agronomic and quality traits in Heilongjiang province. The results showed that, wild soybean resources in Heilongjiang province was mainly purple, black seed, oval and needle leaves and present bloom. The average variation coefficient and diversity index of yield and growth traits were 51.55% and 1.75, respectively. The average variation coefficient and diversity index of quality traits were 17% and 1.94, respectively. The materials were divided into 2 groups by cluster analysis. The late maturing, high yield and high isoflavone content materials were classified into group I. The slender leaf, high protein content of materials were classified into group II. Materials of group I mainly came from the East and the South area of Heilongjiang province. Materials of group II mainly came from the North and West area of Heilongjiang province.

**Keywords:** Wild soybean; Agronomic traits; Quality traits; Diversity

野生大豆是栽培大豆的近缘祖先种,染色体相同(2n=40),基因组相同(GG),种间无遗传隔离。野生大豆具有高蛋白、多花荚、抗逆性强等优良特性,是拓宽大豆资源遗传基础的重要基因来源,是研究大豆起源、进化、分类的宝贵资源。

许多学者针对野生大豆资源遗传多样性开展了研究,认为野生大豆表现为丰富的遗传多样性<sup>[1-3]</sup>,对于大豆的遗传改良具有重要的意义。黑龙江省野生大豆资源丰富,经过两次大规模的野生大豆资源考察,目前收集保存野生大豆 1 036 份,建立了野生大豆资源 GPS 定位系统数据库<sup>[4]</sup>。本研究对黑龙江省不同生态区采集的野生大豆资源进行农艺性状的遗传多样性和聚类分析,旨在明确野生大豆资源的遗传多样性特点,揭示其生态地理环境与野生大豆遗传多样性、亲缘关系之间的相关性,为种质资源

的保护、利用与开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以 240 份采集于黑龙江省的野生大豆为试验材料,材料采集地点分布于黑龙江省的 13 个城市的 71 区县。

1.2 试验设计

2010~2013 年开展田间试验,所有材料在黑龙江省农业科学院国家农业示范园区种植。试验地人工整地备垄,穴播,采用随机区组设计,3 次重复,每个小区面积为 1.5 m×1.3 m,每小区 4 穴,4 月 25 日播种,出苗 28 d 后每穴定苗 1 株,设立竹竿让植株的茎缠绕其上生长,防止小区间和单株间互相缠绕,田间管理人工除草。

收稿日期:2014-03-28  
基金项目:哈尔滨市创新人才专项基金(2014RFQYJ020)。  
第一作者:李炜(1976-),女,博士,副研究员,主要从事大豆种质资源创新及利用研究。E-mail:nuio-3@163.com。  
通讯作者:来永才(1964-),男,博士,研究员,主要从事作物遗传育种与耕作栽培研究。E-mail:yame0451@163.com。

表 1 试验材料在黑龙江省各地区的分布  
Table1 Distribution of materials in Heilongjiang province

城市	区县	份数	城市	区县	份数
City	City and country	Number	City	City and country	Number
伊春 Yichun	嘉荫 Jiayin	2	齐齐哈尔 Qiqihar	克山 Keshan	9
	铁力 Tieli	7		克东 Kedong	7
	友好 Youhao	1		甘南 Gannan	2
	西林 Xilin	1		依安 Yian	1
	翠峦 Cuiluan	1		龙江 Longjiang	2
	金山屯 Jinshantun	1		讷河 Nehe	2
	五营 Wuying	1		齐齐哈尔 Qiqihaer	4
	汤旺河 Tangwanghe	1		拜泉 Baiquan	4
	红星 Hongxing	1	大庆 Daqing	大庆 Daqing	4
	上甘岭 Shangganling	1		肇源 Zhaoyuan	2
黑河 Heihe	伊春 Yichun	2		杜尔伯特 Duerbote	2
	嫩江 Nenjiang	3	佳木斯 Jiamusi	抚远 Fuyuan	1
	孙吴 Sunwu	4		同江 Tongjiang	3
	逊克 Xunke	5		富锦 Fujin	1
	五大连池 Wudalianchi	13		桦川 Huachuan	1
	北安 Beian	7		汤原 Tangyuan	1
	黑河 Heihe	13		佳木斯 Jiamusi	6
大兴安岭 Daxinganling	塔河 Tahe	3	双鸭山 Shuangyashan	宝清 Baoqing	1
	呼玛 Huma	18		集贤 Jixian	5
	海伦 Hailun	4		饶河 Raohe	3
绥化 Suihua	安达 Anda	1		双鸭山 Shuangyashan	1
	绥棱 Suiling	1	七台河 Qitaihe	勃利 Boli	3
	明水 Mingshui	1		虎林 Hulin	1
	兰西 Lanxi	1	鸡西 Jixi	密山 Mishan	7
	绥化 Suihua	6		鸡东 Jidong	2
	庆安 Qingan	4		鸡西 Jixi	1
哈尔滨 Harbin	宾县 Binxian	2	牡丹江 Mudanjiang	林口 Linkou	2
	延寿 Yanshou	4		穆棱 Muling	2
	依兰 Yilan	3		东宁 Dongning	4
	方正 Fangzheng	1		宁安 Ningan	2
	双城 Shuangcheng	15		海林 Hailin	1
	巴彦 Bayan	1	鹤岗 Hegang	牡丹江 Mudanjiang	1
	木兰 Mulan	2		萝北 Luobei	1
	通河 Tonghe	1		绥滨 Suibin	1
	尚志 Shangzhi	6		鹤岗 Hegang	1
	哈尔滨 Harbin	11		合计 Total	240

1.3 农艺性状调查

试验材料播种后开始记载生育时期,出苗后采用目测法调查叶形(批针、卵圆、椭圆、线形)、花色(白色、紫色),测量叶片长(小叶的叶片基部到叶尖的长度)、叶片宽(小叶的叶片最宽处的值),植株生长至叶片脱落,荚色开始变黑时将整株装入网袋晾干带回室内进行考种,调查分枝数、节数、节间长、百粒重、单株粒重、单株粒数、单株荚数、有效荚数、无效荚数、籽粒色(黄色、绿色、黑色、褐色、双色)、脐色(黑色、褐色)。以上调查标准参考邱丽娟《大豆种质资源描述规范和数据标准》<sup>[5]</sup>。

高效液相色谱法测定大豆异黄酮含量:采用甲醇提取法提取大豆异黄酮,制定大豆甙、染料木甙、大豆黄素、染料木素标准曲线后液相色谱分析异黄

酮含量,色谱条件为:色谱柱为 Zorbax 80A Extend - C18 柱,流动相为 MeOH: 1. 8% 冰乙酸水溶液 (35: 65, V: V),甲醇 35% ~ 50% 梯度洗脱;检测器:二极管阵列检测器 (DAD);监测波长:260 nm,柱温:25℃,流速 1.0 mL · min<sup>-1</sup>。

蛋白及脂肪的测定采用 FOSS 近红外谷物分析仪测定。

1.4 数据整理与分析方法

利用 Excel 2007 软件计算各性状的平均值,最大值、最小值、变异系数和遗传多样性指数。遗传多样性指数采用 Shannon - Weave 指数  $H' = -\sum PiLnPi$ ,  $Pi$  为某性状第  $i$  个代码值出现的概率,计算遗传多样性指数 ( $H'$ ) 前,先对数量性状进行质量化处理,即每个性状进行 10 级分类,1 级  $< X - 2S$ , 10 级  $\geq X + 2S$ , 中间每级级

差 0.5S(X 为平均数,S 为标准差)。利用 SPSS18.0 软件进行各表型性状聚类分析,本试验中数据样本量大,采用 TwoStep Cluster 聚类方法,质量性状数据采用 0,1,2,3,4,5 方法赋值。

## 2 结果与分析

### 2.1 质量性状调查统计结果

所调查的 240 份资源中,花色表现为紫色和白色两种,以紫色为主,占资源总数的 95.42%;叶形有卵圆、椭圆、批针和线形 4 种,以卵圆叶为主,占调

查资源总数的 44.58%,线形叶最少,仅占资源总数的 1.25%,批针叶和椭圆叶分别占资源总数的 41.25% 和 12.92%;籽粒颜色以黑色为主,占资源总数的 83.75%,其次为褐色、双色、黄色和绿色;脐色以黑色和褐色为主,各占 48.33% 和 51.67%;87.08% 的资源表现为籽粒有泥膜,其余的表现为有光泽和无泥膜。5 个性状的多样性指数变化介于 0.43~0.69,平均为 0.59,脐色多样性指数均最高为 0.69,多样性指数最小的是泥膜为 0.43。

表 2 质量性状的描述统计分析  
Table 2 Descriptive statistic of qualitative traits

性状 Trait	分类 Type	份数 Number	百分比 Percentage/%	多样性指数 H'	性状 Trait	分类 Type	份数 Number	百分比 Percentage/%	多样性指数 H'
花色 Flower color	紫花	229	95.42	0.55	脐色 Hilum color	黑色	116	48.33	0.69
	白花	11	4.58			褐色	124	51.67	
叶形 Leaf shape	卵圆	107	44.58	0.68	泥膜 Bloom	有	209	87.08	0.43
	椭圆	31	12.92			无	3	1.25	
	批针	99	41.25			有光泽	28	11.67	
	线形	3	1.25						
籽粒色 Seed color	黑色	201	83.75	0.62					
	褐色	20	8.33						
	黄色	3	1.25						
	绿色	2	0.83						
	双色	14	5.83						

### 2.2 产量相关性状调查结果

对 240 份野生大豆材料 5 个产量性状进行统计分析,从表 4 可看出,野生大豆产量性状的变异范围大,变异系数在 56%~98%,平均为 72%,以无效荚数最大,以有效荚数最小,变异系数的大小表明,5 个产量性状的变异程度依次为:无效荚数>单株粒重>百粒重>单株粒数>有效荚数。从各性状变异幅度来看,无效荚数变幅为 4.05~265.94 个,

单株粒重变幅为 3.04~105.39 g,百粒重变幅为 0.89~10.24 g,单株粒数变幅为 215.12~4 243.85 个,有效荚数变幅为 62.67~1 414 个。各性状的多样性指数变化较大,介于 1.35~1.80,其中单株粒数、有效荚数和单株粒重的变异类型较丰富,多样性指数均大 1.6,多样性指数最小的是百粒重为 1.35,平均为 1.58。

表 3 产量相关性状的统计分析及多样性指数  
Table 3 Statistical analysis and diversity of yield traits

性状 Trait	平均值 Mean	最大 Max.	最小 Min.	标准差 SD	变异系数 CV/%	多样性指数 H'
百粒重 100-seed weight/g	2.30	10.24	0.89	1.69	74	1.35
单株粒重 Seeds weight per plant/g	22.21	105.39	3.04	16.55	75	1.63
单株粒数 Seeds per plant	1061.42	4243.85	215.12	607.28	57	1.72
单株有效荚数 Effective pods per plant	363.64	1414.00	62.67	204.66	56	1.80
无效荚数 Invalid pods per plant	25.59	265.94	4.05	24.98	98	1.38

2.3 生长相关性状遗传多样性

6个生长性状的变异系数介于11%~58%,变异程度依次为:长乘宽>节数>长宽比>分枝数>

节间长>播种至开花天数。各性状的多样性指数变化较大,介于1.80~2.03,节间长多样性指数均最高为2.03,多样性指数最小的是长乘宽为1.80。

表4 生长相关性状的统计分析及多样性指数

Table 4 Statistical analysis and diversity of growth traits						
性状 Trait	平均值 Mean	最大 Max.	最小 Min.	标准差 SD	变异系数 CV/%	多样性指数 H'
播种-开花天数 Days from sowing to blossom	74.85	92	60	8.22	11	1.90
分枝数 Branches	5.59	14.88	2.74	1.69	30	1.92
节数 Nods	181.56	623.00	29.33	94.53	52	1.87
节间长 Internodes length/cm	7.07	12.12	3.25	1.41	20	2.03
长宽比 Ratio of length and width	2.41	5.98	1.14	0.88	36	1.85
长×宽 Length×width	39.35	147.34	6.60	22.84	58	1.80

2.4 品质相关性状遗传多样性

对240份野生大豆材料4个品质性状进行统计分析,蛋白含量高于45%的资源有215份,占资源总数的89.58%,蛋白含量高于50%的资源有87份,占资源总数的36.25;脂肪含量低于10%的资源14份,占资源总数的5.83%;蛋脂总和高于60%的资源197份,占资源总数的82.08%,高于65%的资源13份,占资源总数的5.41%;异黄酮含量高于3 000 μg·mL<sup>-1</sup>的资源135份,占资源总数的56.25%,高于6 000 μg·mL<sup>-1</sup>的资源12份,占资源

总数的5%。从表6可看出,野生大豆品质性状的变异系数在4%~40%,平均为17%,以异黄酮含量变异系数最大,蛋脂总和变异系数最小。变异系数的大小表明,4个品质性状的变异程度依次为:异黄酮含量>脂肪含量>蛋白含量>蛋脂总和含量。各性状的多样性指数变化较大,介于1.86~2.09,其中蛋白含量变异类型较丰富,多样性指数均为2.09,多样性指数最小的是脂肪含量和蛋脂总和均为1.86,平均为1.94。

表5 品质相关性状的统计分析及多样性指数

Table 5 Statistical analysis and diversity of component						
性状 Trait	平均值 Mean	最大值 Max.	最小值 Min.	标准差 SD	变异系数 CV/%	多样性指数 H'
蛋白含量 Protein content/%	48.69	56.10	41.79	3.02	6	2.09
脂肪含量 Fat content/%	13.01	18.70	7.64	2.35	18	1.86
蛋脂总和 Protein and fat content/%	61.69	66.60	53.51	2.62	4	1.86
异黄酮含量 Isoflavone content/μg·mL <sup>-1</sup>	3535.42	9372.35	697.60	1416.66	40	1.95

2.5 农艺性状聚类分析

根据农艺性状和品质性状对试验材料进行聚类分析,将240份材料聚为两类,第Ⅰ类包括98份材料;第Ⅱ类包括138份材料,计算结果缺失4份。

根据聚类分析的结果对分为两个类群的试验材料进行统计分析,从各类群各性状平均表现比较来看,第Ⅰ、Ⅱ类群性状变异系数平均值为39.62%和39.75%。生长性状方面,第Ⅰ类材料性状明显高于

第Ⅱ类,分枝数高于第Ⅱ类0.77个,播种-开花天数高于第Ⅱ类5.75 d,节数高于第Ⅱ类54.18个,节间长高于第Ⅱ类0.66 cm,长乘宽高于第Ⅱ类7 cm<sup>2</sup>,长宽比低于第Ⅱ类0.67 cm<sup>2</sup>;产量性状方面,第Ⅰ类材料5个性状明显高于第Ⅱ类,百粒重高于第Ⅱ类0.6 g,单株粒重高于第Ⅱ类10.43 g,单株粒数高于第Ⅱ类296.58个,有效荚数高于第Ⅱ类101.42个,无效荚数高于第Ⅱ类7.06个;品质性状方面,第Ⅰ

类材料在脂肪、异黄酮含量 2 个性状明显高于第Ⅱ类,脂肪含量高于第Ⅱ类 0.53%,异黄酮含量高于第Ⅱ类 2 258.45 μg · mL<sup>-1</sup>,蛋白和蛋脂总和含量 2 个性状明显低于第Ⅱ类,分别低于第Ⅱ类 2.26 和 1.72 个百分点。

表 6  各类群中试验材料数量性状的统计分析  
Table 6  Statistical analysis of agronomic traits in each group

性状 Trait	第Ⅰ类群 Group I		第Ⅱ类群 Group II	
	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	CV/%	平均值 ± 标准差 Mean ± SD	CV/%
百粒重 100 - seed weight/g	2.67 ± 1.80	67	2.07 ± 1.59	77
单株粒重 Seeds weight per plant/g	28.46 ± 18.88	66	18.03 ± 13.31	74
单株粒数 Seeds per plant	1235.93 ± 746.23	60	939.35 ± 459.67	49
单株有效荚数 Effective pods per plant	423.45 ± 220.0	52	322.03 ± 184.38	57
单株无效荚数 Invalid pods per plant	29.59 ± 31.99	108	22.53 ± 18.31	81
分支数 Branches number	6.05 ± 1.79	30	5.28 ± 1.56	30
播种 - 开花天数 Days from sowing to blossom	78.18 ± 7.22	9.23	72.42 ± 8.20	11.32
节数 Nods	213.12 ± 101.43	48	158.94 ± 83.87	53
节间长 Internodes length/cm	7.46 ± 1.36	18	6.80 ± 1.40	21
长宽比 The ratio of length and width	2.03 ± 0.48	24	2.70 ± 0.99	37
长 × 宽 Length × width	43.39 ± 24.36	56	36.39 ± 21.55	59
蛋白质 Protein content/%	47.40 ± 2.98	6	49.66 ± 2.70	5
脂肪 Fat content/%	13.36 ± 2.80	21	12.83 ± 1.92	15
蛋脂总和 Protein and fat content/%	60.76 ± 3.09	5	62.48 ± 1.78	3
异黄酮 Isoflavone content/μg · mL <sup>-1</sup>	4851.02 ± 1148.48	24	2592.57 ± 616.02	24

表 7  各类群中质量性状描述的统计分析  
Table 7  Descriptive statistic of qualitative traits in each group

性状 Trait	分类 Type	第Ⅰ类群 Group I		第Ⅱ类群 Group II	
		份数 Number	百分比 Percentage/%	份数 Number	百分比 Percentage/%
花色 Flower color	紫色	89	90.82	136	98.55
	白色	9	9.18	2	1.45
	卵圆	61	62.24	43	31.16
叶形 Leaf shape	批针	24	24.49	75	54.35
	椭圆	13	13.27	17	12.32
	线形	—	—	3	2.17
	褐色	13	13.27	7	5.07
籽粒色 Seed color	黑色	74	75.51	123	89.13
	黄色	2	2.04	1	0.72
	双色	8	8.16	6	4.35
	绿色	1	1.02	1	0.72
脐色 Hilum color	黑色	55	56.12	58	42.03
	褐色	43	43.88	80	57.97
	有	91	92.86	124	89.86
泥膜 Bloom	无	1	1.02	2	1.45
	有光泽	16	16.33	12	8.70

对资源花色的统计分析结果表明,两类群中均是紫花资源多于白花资源,第Ⅰ类群中紫花资源所占的比例低于第Ⅱ类群7.73个百分点;第Ⅰ类群中卵圆叶形所占比例最大62.24%,椭圆叶所占比例最小为13.27%,无线形叶,第Ⅱ类群批针叶所占比例最大为54.35%,线形叶所占比例最低为2.17%;两个类群籽粒颜色均是黑色所占的比例最大,第Ⅰ类群中各色籽粒所占的比例大小为黑色>褐色>双色>黄色>绿色,第Ⅱ类群中各色籽粒所占的比例大小为黑色>褐色>双色>黄色、绿色;第Ⅰ类群中黑脐所占比例大于褐脐,第Ⅱ类群褐脐所占比例大于黑脐;泥膜统计结果表明两个类群中均是有泥膜>有光泽>无泥膜。

### 3 讨论

#### 3.1 野生大豆农艺和品质性状的遗传多样性

本研究分析了黑龙江省野生大豆材料的农艺性状、品质性状的遗传多样性,农艺性状的描述统计分析结果表明,黑龙江省野生大豆资源中主要以紫花、黑色种皮、卵圆和批针叶形、有泥膜为主,多样性指数平均为0.59;产量性状和生长性状的统计分析结果表明野生大豆农艺性状上存在着不同程度的连续性变异,其变异系数分别为72%和35%,多样性指数分别为1.58和1.90;大豆品质性状的变异系数平均为17%,多样性指数平均为1.94。综合各性状的变异系数和多样性指数,黑龙江野生大豆材料在百粒重、单株粒重、有效荚数、节数、长乘宽、异黄酮和蛋白等农艺性状方面变异程度较大,呈现出明显的遗传差异,表明黑龙江省野生大豆材料在产量相关性状和品质性状的遗传改良中利用潜力较大。

#### 3.2 野生大豆材料的聚类结果比较

本研究中基于农艺和品质性状聚类分析,将供试材料分为2个类群,第Ⅰ类野生大豆材料数量较小(98份),其资源中是以紫花、黑色种皮、卵圆叶形、有泥膜为主,特点是营养生长所需时间长、百粒重、单株粒重、单株粒数、有效荚数、分枝数、节数、节间长、长乘宽、脂肪含量、异黄酮含量较高;第Ⅱ类野生大豆材料数量较多(138份),其资源中以是紫花、黑色种皮、批针叶形、有泥膜为主,特点是长宽比、蛋白含量、蛋脂含量总和较高。根据对不同类群的品种性状分析评价,聚类分析将晚熟、单株产量高和异

黄酮含量高的材料聚为第Ⅰ类,将叶形细长、蛋白含量高的材料聚为第Ⅱ类;从各类群品种采集地分析,第Ⅰ类材料主要来自黑龙江省东部和中南部地区,第Ⅱ类材料主要来自黑龙江省西部和北部地区。证明野生大豆的遗传多样性与地理来源和野生大豆的表型性状具有一定相关性<sup>[6-8]</sup>。

### 参考文献

[1] 曾维英,梁江,陈渊,等. 广西野生大豆 SSR 标记的遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学,2012,40(3):22-25. (Zeng W Y, Liang J, Chen Y, et al. Analysis of genetic diversity of wild soybean in Guangxi[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2012,40(3):22-25.)

[2] 孙晓环,刘晓冬,赵洪锬,等. 吉林省龙井原保护区野生大豆遗传多样性分析[J]. 大豆科学,2012,31(3):358-363. (Sun X H, Liu X D, Zhao H K, et al. Genetic diversity of wild soybean (*G. soja*) from Longjing in situ conserved region of Jilin province[J]. Soybean Science, 2012,31(3):358-363.)

[3] 程春明,杨存义,马启彬,等. 江西野生大豆遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(6):928-933. (Cheng C M, Yang C Y, Ma Q B, et al. Genetic diversity analysis of wild soybean resources in Jiangxi[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2011,12(6):928-933.)

[4] 林红,齐宁,李向华,等. 黑龙江省野生大豆资源考察研究[J]. 中国油料作物学报,2006,28(4):427-430. (Lin H, Qi N, Li X H, et al. New progress on wild soybean survey in Heilongjiang province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Science, 2006, 28(4):427-430.)

[5] 邱丽娟,常汝镇. 大豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:12-24. (Qiu L J, Chang R Z. Descriptors and data standard for soybean[M]. Beijing:China Agriculture Press, 2006:12-24.)

[6] 曾维英,梁江,陈渊,等. 广西新收集野生大豆资源的遗传多样性分析[J]. 大豆科学,2011,30(3):379-383. (Zeng W Y, Liang J, Chen Y, et al. Genetic diversity analysis of new wild soybean collection in Guangxi[J]. Soybean Science, 2011,30(3):379-383.)

[7] 吴禹,沈军,陈爱国,等. 辽宁省野生大豆资源遗传多样性的比较分析[J]. 大豆科学,2012,31(3):368-373. (Wu Y, Shen J, Chen A G, et al. Genetic similarity for wild soybeans from different geographical origins in Liaoning province[J]. Soybean Science, 2012,31(3):368-373.)

[8] 魏苗,李建东,燕雪飞,等. 中国东北野生大豆 SSR 遗传多样性及亲缘关系分析[J]. 大豆科学,2011,30(3):388-396. (Wei M, Li J D, Yan X F, et al. Analysis of genetic diversity and relationship of *Glycine soja* in Northeast China[J]. Soybean Science, 2011,30(3):388-396.)