

我国大豆产区生产能力评价研究

乔金友,王 博,韩兆桢,陈海涛,刘 腾,衣佳忠,李传磊

(东北农业大学 工程学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘 要:**2012 年我国大豆自给率仅为 20%。采取有效的评价方法对我国大豆产区的生产能力进行评价,对合理规划大豆种植布局,科学促进我国大豆产业持续发展具有重要意义。本文依据大豆种植面积、种植适应性等条件选取了我国 16 个大豆产区为研究对象,同时依据评价指标的选取原则,选择了 7 个大豆产区生产能力评价指标,采用层次分析法计算 7 个评价指标的权重,采用模糊综合评价法对我国 16 个大豆产区的生产能力进行评价。依据评价结果可以看出,黑龙江省的大豆生产能力最强,内蒙古和安徽省的大豆生产能力相对较强,河南省、吉林省的大豆生产能力紧随其后。

**关键词:**大豆;产区;生产能力;模糊综合评价法

**中图分类号:**S565. 1      **文献标识码:**A      **DOI:**10. 11861/j. issn. 1000-9841. 2015. 06. 1085

Evaluation of the Production Capacity of China's Soybean Production Areas

QIAO Jin-you, WANG Bo, HAN Zhao-zhen, CHEN Hai-tao, LIU Teng, YI Jia-zhong, LI Chuan-lei

(Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** Self-sufficiency rate of Chinese soybean is only 20% in 2012. It is of great significance to take effective methods to evaluate the production capacity of soybean, for reasonably planning the soybean planting layout and promoting the sustainable development of soybean industry in China. According to acreage of soybean and planting adaptability, 16 soybean production provinces and autonomous regions in China were selected as the research object. Meanwhile seven evaluation indexes of soybean production capacity were selected according to selecting principle, and weight of the seven evaluation indexes were caculated using the analytic hierarchy process (AHP) and production capacity of soybean in the specific area of China were evaluated using the fuzzy comprehensive evaluation method. According to the evaluation result, production capacity of soybean is the highest in Heilongjiang provionce, production capacity is relatively high in Inner Mongolia and Anhui province, followed by Henan and Jilin.

**Keywords:** Soybean; Producing area; Production capacity; Fuzzy comprehensive evaluation method

我国是大豆的故乡,截止 2012 年,我国大豆播种面积达7 171. 7万 hm<sup>2</sup>,产量1 305万 t,但是随着社会经济的不断发展和人口数量的持续增长,我国大豆的生产和消费一直处于相对紧张的状态,2012 年,我国大豆自给率仅为 20%。以往人们大多是依据产量或地域条件等因素对大豆的主产区进行划分,对于各个大豆产区的生产能力研究相对较少,而大豆产区的生产能力是决定大豆生产潜力的重要因素之一,所以合理利用模糊综合评价法对我国大豆产区生产能力进行评价是合理规划我国大豆的种植区域布局,促进大豆产业健康发展的重要保障,也为制定我国大豆产业政策,提高我国大豆产业的整体水平提供依据。

1 大豆产区的选取

大豆在我国大部分省区均有栽培,集中产区主

要分布在东北平原、黄淮平原、长江三角洲和江汉平原。由于各省区大豆的总产量、总播种面积不同,以及我国各省份地区的温度、湿度、土壤条件都存在着差异性,为了使研究的结果具有针对性、有效性以及代表性,依据我国各省区的气候条件、大豆播种面积、产量、种植习惯等主客观因素,选取黑龙江、内蒙古、安徽等 16 个省(自治区)为研究对象(表 1),对这些省区的大豆生产能力进行综合评价研究。

2 评价指标的确定

2.1 大豆产区生产能力评价指标的确定

为全面客观地对我国 16 个大豆产区的生产能力进行研究,根据系统性、典型性、综合性和可比、可量化、可操作性等原则,同时考虑到数据的易取性和易处理性,选取大豆总产量、大豆总播种面积、

大豆单位面积产量、大豆总产量与粮食总产量比、大豆总播种面积与粮食总播种面积比、大豆生产机械化水平和公众认可度 7 个评价指标,建立我国大豆产区生产能力评价指标体系(图 1)。

其中,大豆总产量和大豆总播种面积直接反映我国各大豆产区大豆生产的总体情况,大豆单位面积产量直接反映我国各大豆产区大豆的生产效率,大豆总产量与粮食总产量比和大豆总播种面积与粮食总播种面积比直接反映我国各大豆产区大豆的种植比例及生产效果,大豆生产机械化水平直接反映我国各大豆产区大豆机械化投入与使用的情况,而公众认可度则表示我国大豆专家对我国各大豆产区生产大豆适宜程度的认可情况。

2.2 评价指标数据的采集

评价指标值可通过查阅中国农业年鉴及请专家打分的方法获取,为保证数据具有普遍性和可用性,大豆总产量、大豆总播种面积、大豆单位面积产量、大豆总产量与粮食总产量比、大豆总播种面积与粮食总播种面积比、大豆生产机械化水平均取自

2010 ~ 2012 年中国农业年鉴有效数据的平均值,公众认可度的数据通过专家打分的方法获取,具体数据如表 1 所示。

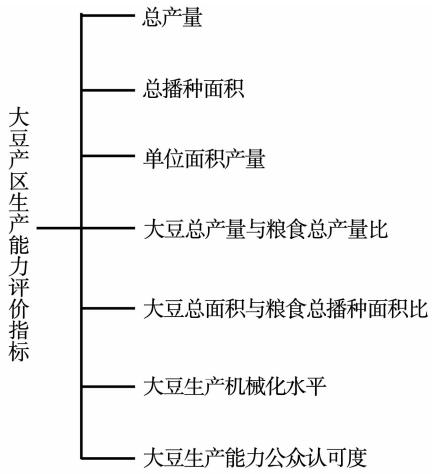


图 1 大豆产区生产能力评价指标  
Fig. 1 The evaluation index of production capacity in soybean producing area

表 1 大豆产区生产能力评价指标数据表  
Table 1 Soybean production capacity evaluation index data

产区 Producing area	总产量 Total output /10 <sup>4</sup> t	总播种面积 Total planting area /10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	单位面积产量 Yield per unit area /t·hm <sup>-2</sup>	总产与粮食 总产比 Total output compared to total output of grain /%	总播种面积与粮 食总播种面积比 Total planting area compared to total planting area of grain/%	大豆生产机械 化水平 Mechanization level of soybean produ ction/10 <sup>4</sup> kW	公众认 可度 The public recognition
河北 Hebei	27. 70	137. 20	2. 00	0. 89	2. 18	225. 58	5. 77
内蒙古 Inner Mongolia	130. 90	705. 40	1. 90	5. 58	12. 72	400. 73	8. 11
辽宁 Liaoning	33. 10	119. 80	2. 80	0. 02	0. 04	89. 73	6. 11
吉林 Jilin	68. 70	303. 90	2. 20	0. 02	0. 07	155. 10	7. 44
黑龙江 Heilongjiang	529. 90	3137. 80	1. 70	0. 10	0. 27	1116. 89	9. 00
江苏 Jiangsu	57. 60	219. 00	2. 60	0. 02	0. 04	168. 32	4. 44
安徽 Anhui	113. 40	900. 50	1. 30	0. 04	0. 14	768. 67	6. 67
江西 Jiangxi	20. 90	97. 80	2. 10	0. 01	0. 03	112. 35	3. 78
山东 Shandong	38. 90	153. 20	2. 50	0. 01	0. 02	258. 15	6. 00
河南 Henan	84. 20	453. 10	1. 90	0. 02	0. 05	483. 66	6. 78

续表 1

产区 Producing area	总产量 Total output /10 <sup>4</sup> t	总播种面积 Total planting area /10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	单位面积产量 Yield per unit area /t·hm <sup>-2</sup>	总产与粮食 总产比 Total output compared to total output of grain /%	总播种面积与粮 食总播种面积比 Total planting area compared to total planting area of grain/%	大豆生产机械 化水平 Mechanization level of soybean produ ction/10 <sup>4</sup> kW	公众认 可度 The public recognition
湖北 Hubei	23. 40	99. 60	2. 30	0. 01	0. 02	86. 71	3. 78
湖南 Hu' nan	22. 40	90. 90	2. 50	0. 01	0. 02	91. 97	3. 67
四川 Sichuan	51. 00	223. 10	2. 30	0. 02	0. 03	118. 69	5. 00
云南 Yunnan	26. 10	126. 90	2. 10	0. 02	0. 03	77. 19	3. 44
陕西 Shaanxi	37. 80	173. 30	2. 20	0. 03	0. 06	119. 94	5. 44
新疆 Xinjiang	22. 50	69. 10	3. 30	0. 05	0. 03	59. 84	5. 00

3 我国大豆产区生产能力评价研究

3.1 模糊综合评价模型

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评标方法,该综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价,即用模糊数学对受到多种因素制约的事物或对象做出总体的评价。它具有结果清晰,系统性强的特点,能较好地解决模糊的、难以量化的问题,适合各种非确定性问题的解决<sup>[1-2]</sup>。

本文首先确定大豆产区生产能力的评价指标矩阵  $W'$ ,  $W' = [W'_{ik} | i, k = 1, 2, \dots, n]$ , 其中,  $W'_{ik}$  表示第  $i$  个大豆产区的第  $k$  个评价指标值,其次确定指标权重向量  $A$ ,  $A = [a_i | i = 1, 2, \dots, n]$ , 其中  $a_i$  表示第  $i$  个评价指标的权重,然后根据公式 (1) 计算得出 16 个大豆产区的综合评价值  $B$ <sup>[3-4]</sup>。

$B = A \cdot W' = [b_i | i = 1, 2, \cdots, n]$

(1)

$$b_i = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \sum_{i,k=1}^n w'_{ik}$$

(2)

最后,根据各省份的最终的综合评价值  $b_1, b_2, \cdots, b_n$  对 16 个大豆产区的生产能力进行评价<sup>[5]</sup>。

3.1.1 评价指标矩阵的确定 为消除量纲,使表 1 中的数据具有可比性,需要对其进行标准化处理,这里采用平移极差变换法将表 1 中的数据变换压缩到  $[0, 1]$  区间上。平移极差变换法公式:

$$w'_{ik} = \frac{w_{ik} - \min\limits_{1 \leq i \leq n} \{w_{ik}\}}{\max\limits_{1 \leq i \leq n} \{w_{ik}\} - \min\limits_{1 \leq i \leq n} \{w_{ik}\}} \quad (k = 1, 2, 3, \cdots, 7)$$

(3)

式中  $w_{ik}$  表示第  $i$  个大豆产区第  $k$  个评价指标

数据; $w'_{ik}$  表示第  $i$  个大豆产区第  $k$  个评价指标值,即第  $i$  个大豆产区第  $k$  个评价指标数据标准化处理后的结果。

根据以上算法,可以得到大豆产区生产能力评价指标矩阵:

$$W' = \begin{bmatrix} 0.0521 & 0.0437 & 0.2034 & 0.0800 & 0.0765 & 0.2017 & 0.4200 \\ 0.2468 & 0.2248 & 0.1864 & 0.5644 & 0.4639 & 0.3585 & 0.8400 \\ 0.0624 & 0.0381 & 0.3390 & 0.1644 & 0.1344 & 0.0800 & 0.4800 \\ 0.1295 & 0.0968 & 0.2373 & 0.2207 & 0.2423 & 0.1385 & 0.7200 \\ 1.0000 & 1.0000 & 0.1525 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.1085 & 0.0697 & 0.3051 & 0.1684 & 0.1479 & 0.1504 & 0.1800 \\ 0.2139 & 0.2869 & 0.0847 & 0.3582 & 0.4962 & 0.6881 & 0.5800 \\ 0.0392 & 0.0311 & 0.2203 & 0.0947 & 0.0946 & 0.1003 & 0.0600 \\ 0.0732 & 0.0488 & 0.2881 & 0.0793 & 0.0751 & 0.2308 & 0.4600 \\ 0.1587 & 0.1443 & 0.1864 & 0.1454 & 0.1652 & 0.4328 & 0.6000 \\ 0.0440 & 0.0317 & 0.2542 & 0.0902 & 0.0852 & 0.0773 & 0.0600 \\ 0.0420 & 0.0289 & 0.2881 & 0.0674 & 0.0650 & 0.0820 & 0.0400 \\ 0.0961 & 0.0710 & 0.2542 & 0.1492 & 0.1237 & 0.1059 & 0.2800 \\ 0.0491 & 0.0404 & 0.2203 & 0.1522 & 0.1040 & 0.0688 & 0.0000 \\ 0.0712 & 0.0552 & 0.2373 & 0.3136 & 0.1991 & 0.1071 & 0.3600 \\ 0.0423 & 0.0220 & 0.4237 & 0.5015 & 0.1195 & 0.0532 & 0.2800 \end{bmatrix}$$

3.1.2 评价指标权重的确定

(1) 基于层次分析法计算评价指标的权重向量:考虑到数据的全面性、准确性和权威性,首先,请多位专家按照规定的打分原则对选定的 7 个评价指标的权重进行打分。即将评价指标中的指标两两进行比较,打分结果则用  $c_{ij} (i, j = 1, 2, \cdots, 7)$  表示,其中  $a_{ij}$  表示第  $i$  个评价指标相对于第  $j$  个评价指标的重要性,用  $1/c_{ij} (i, j = 1, 2, \cdots, 7)$  即为第  $j$  个

指标相对于第*i*个指标的重要性。采用等差数列记分法打分,原则如下<sup>[6-7]</sup>:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当第 } i \text{ 个指标与第 } j \text{ 个指标同等重要时 (含 } i=j) \\ 3, & \text{当第 } i \text{ 个指标比第 } j \text{ 个指标稍微重要时} \\ 5, & \text{当第 } i \text{ 个指标比第 } j \text{ 个指标明显重要时} \\ 7, & \text{当第 } i \text{ 个指标比第 } j \text{ 个指标很重要时} \\ 9, & \text{当第 } i \text{ 个指标比第 } j \text{ 个指标极端重要时} \end{cases}$$

其次,根据多位专家的打分结果,分别求出 7 个评价指标的几何平均数,得到 7 个评价指标的判断矩阵 *P*。

$$P = \begin{pmatrix} 1.000 & 1.601 & 1.786 & 1.944 & 2.632 & 1.788 & 3.966 \\ 0.624 & 1.000 & 0.647 & 2.091 & 2.091 & 2.358 & 2.863 \\ 0.560 & 1.545 & 1.000 & 1.601 & 2.040 & 1.419 & 3.349 \\ 0.514 & 0.478 & 0.624 & 1.000 & 1.369 & 1.258 & 1.472 \\ 0.380 & 0.478 & 0.490 & 0.731 & 1.000 & 1.601 & 1.944 \\ 0.559 & 0.424 & 0.705 & 0.795 & 0.624 & 1.000 & 2.536 \\ 0.252 & 0.349 & 0.299 & 0.697 & 0.514 & 0.394 & 1.000 \end{pmatrix}$$

$$PA = \begin{pmatrix} (PA)_1 \\ (PA)_2 \\ (PA)_3 \\ (PA)_4 \\ (PA)_5 \\ (PA)_6 \\ (PA)_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 1.601 & 1.786 & 1.944 & 2.632 & 1.788 & 3.966 \\ 0.624 & 1.000 & 0.647 & 2.091 & 2.091 & 2.358 & 2.863 \\ 0.560 & 1.545 & 1.000 & 1.601 & 2.040 & 1.419 & 3.349 \\ 0.514 & 0.478 & 0.624 & 1.000 & 1.369 & 1.258 & 1.472 \\ 0.380 & 0.478 & 0.490 & 0.731 & 1.000 & 1.601 & 1.944 \\ 0.559 & 0.424 & 0.705 & 0.795 & 0.624 & 1.000 & 2.536 \\ 0.252 & 0.349 & 0.299 & 0.697 & 0.514 & 0.394 & 1.000 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.249 \\ 0.185 \\ 0.187 \\ 0.112 \\ 0.103 \\ 0.106 \\ 0.058 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.788 \\ 1.327 \\ 1.364 \\ 0.805 \\ 0.742 \\ 0.756 \\ 0.412 \end{pmatrix}$$

进而,根据以上结果求出判断矩阵 *P* 的最大特征根近似值  $\lambda_{\max}, \lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(PA)_i}{A_i} = 7.169$

从而计算出,  $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.028$

由于 *n* = 7,根据 *RI* 取值表可得出, *RI* = 1.32

最后算出,  $CR = \frac{CI}{RI} = 0.021 < 0.1$

由于 *CR* = 0.021 < 0.1,因此判断矩阵 *P* 符合一致性要求。所以,根据层次分析法原则,权重向量 *A* = ( 0.249, 0.185, 0.187, 0.112, 0.103, 0.106, 0.058)<sup>*T*</sup> 可以作为 7 个评价指标的权重向量<sup>[3]</sup>。

3.2 评价结果

根据大豆产区生产能力评价指标矩阵 *W'ik* 和权重向量 *A*,依据公式(1)可以计算出我国各大豆产区的最终综合评价值,如表 2 所示。该综合评价值即为各我国大豆产区的最终评价结果,直观反映出我国各大豆产区的生产能力。

然后,求出矩阵 *P* 的正规化矩阵 *P'*。即将矩阵 *P* 中的每个元素除以其所在列元素的和。

$$P' = \begin{pmatrix} 0.257 & 0.273 & 0.322 & 0.220 & 0.256 & 0.182 & 0.232 \\ 0.161 & 0.170 & 0.117 & 0.237 & 0.204 & 0.240 & 0.167 \\ 0.144 & 0.263 & 0.180 & 0.181 & 0.199 & 0.145 & 0.196 \\ 0.132 & 0.081 & 0.112 & 0.113 & 0.133 & 0.128 & 0.086 \\ 0.098 & 0.081 & 0.088 & 0.083 & 0.097 & 0.163 & 0.113 \\ 0.144 & 0.072 & 0.127 & 0.090 & 0.061 & 0.102 & 0.148 \\ 0.065 & 0.059 & 0.054 & 0.077 & 0.050 & 0.040 & 0.058 \end{pmatrix}$$

最后,再将正规化矩阵 *P'* 按行进行归一化处理,即可计算出 7 个评价指标的权重向量 *A*。

$$A = (0.249, 0.185, 0.187, 0.112, 0.103, 0.106, 0.058)^T$$

(2)一致性检验:为使得评价结果具有有效性,必须对判断矩阵 *P* 的评价结果进行一致性检验,根据判断矩阵 *P* 和权重向量 *A* 可得到如下结果<sup>[8]</sup>。

表 2 我国大豆产区综合评价值  
Table 2 Comprehensive evaluating value of soybean producing areas

排名 Ranking	省份 Province	综合评价值 Comprehensive evaluating value	排名 Ranking	省份 Province	综合评价值 Comprehensive evaluating value
1	黑龙江	0.842	9	辽宁	0.155
2	内蒙古	0.336	10	山东	0.149
3	安徽	0.320	11	四川	0.142
4	河南	0.215	12	河北	0.122
5	吉林	0.201	13	云南	0.096
6	新疆	0.184	14	湖南	0.095
7	陕西	0.160	15	湖北	0.095
8	江苏	0.157	16	江西	0.091

4 结论与讨论

本文确定了我国大豆产区生产能力评价研究的评价指标,运用模糊综合评价的方法对所选取的 16 个大豆产区的生产能力进行了评价。根据模糊综合评价法得到的评价结果可以看出,黑龙江省的大豆生产能力尤为突出,其综合评价值明显高于排在第二位的内蒙古,同时,内蒙古和安徽省的大豆

生产能力相对较强,河南省、吉林省、新疆、陕西省、江苏省和辽宁省的大豆生产能力紧随其后,而山东省、四川省和河北省的大豆生产能力还有待于进一步提高,云南省、湖南省、湖北省和江西省的大豆生产能力相对较弱。

依据本文对 16 个大豆产区的生产能力的评价,各个产区的生产潜力及发展战略为:黑龙江省、内蒙古和安徽省大豆的生产潜力巨大,应继续保持这 3 个产区的大豆生产现状,使其带动大豆产业发展;重点培养河南省、吉林省、新疆、陕西省、江苏省和辽宁省大豆的生产能力,使其能够稳步前进;对于山东省、四川省、河北省、云南省、湖南省、湖北省和江西省,宜结合实际情况,做好作物结构调整,适度挖掘大豆生产潜力。

参考文献

[1] 乔金友, 张晓丹, 王奕娇, 等. 规模化大豆产区大豆联合收获机综合评价与优选[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(8): 124-128. (Qiao J Y, Zhang X D, Wang Y J, et al. Evaluation and selection on soybean combines in large - scale planting area [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2014, 45(8): 124-128. )

[2] 王晓燕, 乔金友, 吴志跃. 模糊综合评判法与参数投影寻踪评价模型在农机选型中的对比研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(1): 74-76. (Wang X Y, Qiao J Y, Wu Z Y. The contrast study between fuzzy synthesize judgment and projection pursuit classification models on farm machinery selection[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2004, 20(1): 74-76. )

[3] 王福林. 农业系统工程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009. (Wang F L. Agriculture systems engineering[M]. Beijing: China

Agriculture Press, 2009. )

[4] 中国农业年鉴: 2012 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2013. (China Agricultural Yearbook: 2012 [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2013. )

[5] 孙立娜, 左鹏, 于金平, 等. 模糊 C-均值聚类分析的黑龙江省大豆种植业战略分区研究[J]. 大豆科技, 2014 (2): 10-17. (Sun L N, Zuo P, Yu J P, et al. Strategic planning of soybean planting in Heilongjiang province based on Fuzzy C - Means Clustering[J]. Soybean Science & Technology, 2014 (2): 10-17. )

[6] 刘志强, 金晶, 陈渊. 基于 AHP 层次分析法的东北农业可持续发展能力的动态评价及分区预警[J]. 农业系统科学与综合研究, 2010, 26(2): 240-247. (Liu Z Q, Jin J, Chen Y. Dynamic evaluation and regional warning system for sustainable development capacity of agriculture in Northeast China by step analysis of AHP[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2010, 26(2): 240-247. )

[7] 廖晶晶, 罗海波, 韦举顺. 基于层次分析法的工矿废弃土地复垦潜力分区研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(9): 216-220. (Liao J J, Luo H B, Wei J S. Study on abandoned location of industry and mining reclamation potential subarea based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(9): 216-220. )

[8] 汪越胜, 盖钧镒. 中国大豆栽培区划的修正: I. 修正方案与修正理由[J]. 大豆科学, 2000, 19(3): 203-209. (Wang Y S, Gai J Y. Study on cultivating regions of soybeans in China[J]. Soybean Science, 2000, 19(3): 203-209. )

[9] 盖钧镒, 汪越胜. 中国大豆品种生态区域划分的研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(2): 139-145. (Gai J Y, Wang Y S. A study on the varietal ecotegions of soybeans in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2001, 34(2): 139-145. )

[10] 杨尚威. 中国小麦生产区域专业化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011. (Yang S W. Study on regional specialization of China's wheat planting[D]. Chongqing: Southwestern University, 2011. )

(上接第 1084 页)

参考文献

[1] Johnson H W, Borthwick H A, Leffel R C. Effects of photoperiod and time of planting of rates of development of the soybean in various stages of the life cycle [J]. Botanical Gazette, 1960, 122: 77-95.

[2] Mcblain B, Bernard R L. A new gene affecting the time of flowering and maturity in soybean [J]. Journal of Heredity, 1987, 78: 160-162.

[3] Bernard R L. Two genes for time of flowering and maturity in soybean [J]. Crop Science, 1917, 11: 242-244.

[4] Bonato E R, Vello N A. E6, a dominant gene conditioning early flowering and maturity in soybean[J]. Genetics and Molecular Biology, 1999, 22: 229-232.

[5] Keim P, Diem B W, Olson T C, et al. RFLP mapping in soybean association between marker loci and variation in quantitative traits [J]. Genetics, 1990, 126: 735-742.

[6] Lee S H, Park K Y, Lee H S, et al. Genetic mapping of QTLs conditioning soybean sprout yield and quality[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2001, 103: 702-709.

[7] Mansur L M, Orf J H, Chase K, et al. Genetic mapping ofagronomic traits using recombinant inbred lines of soybean[J]. Crop-Science, 1996, 36: 1327-1336.

[8] Watanabe S, Tadjuddin T, Yamanaka N, et al. Analysis of QTLs

for reproductive development and seed quality traits in soybean using recombinant inbred lines[J]. Breed Science, 2004, 54: 399-407.

[9] Kim K, Diers B, Hyten D, et al. Identification of positive yield QTL alleles from exotic soybean germplasm in two backcross populations [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2012, 125: 1353-1369.

[10] Wang D, Graef G L, Procopiuk A M, et al. Identification of putative QTL that underlie yield in interspecific soybean backcross populations [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2004, 108: 458-467.

[11] 宁海龙, 梁世鑫, 蒋红鑫, 等. 应用极大似然法分析大豆四向重组自交系群体株高与主茎节数的主基因遗传效应 [J]. 大豆科学, 2013, 32(4): 438-444. (Ning H L, Liang S X, Jiang H X, et al. Genetic effects analysis of major genes underlying plant height and main stem nodes in a soybean four-way recombinant inbred lines population through maximum likelihood method [J]. Soybean Science, 2013, 32(4): 438-444. )

[12] Cregan P B, Jarvik T, Bush A L, et al. An integrated genetic linkage map of the soybean genome [J]. Crop Science, 1999, 39 (5): 1464-1490.

[13] Song Q J, Marek L F, Shoemaker R C, et al. A new integrated genetic linkage map of the soybean [J]. Theoretical and Applied Genetics, 2004, 109(1): 122-128.