

# 半矮秆大豆窄行密植超高产栽培产量性状及产量结构研究

张敬涛<sup>1</sup>, 宋英博<sup>1</sup>, 申晓慧<sup>1</sup>, 刘忠堂<sup>2</sup>, 王谦玉<sup>1</sup>, 贾会彬<sup>1</sup>, 刘峰<sup>2</sup>, 赵桂范<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>黑龙江省农业科学院佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007; <sup>2</sup>黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘 要:**采用 3 个基因型品种, 2 种栽培模式, 设置 3 个处理, 研究半矮秆大豆窄行密植超高产栽培技术产量性状及产量结构, 旨在为超高产大豆研究与应用提供技术依据。结果表明: 在窄行、密植、高肥水条件下, B45 处理由于采用半矮秆品种植株矮、底荚低、秆强不倒, 虽然单株荚数、粒数显著低于对照, 但由于密度增加, 群体荚数、粒数显著增加, 每节位平方米荚数、粒数分别达到 145.1 个和 411.7 个, 分别较对照增加 78.8 ~ 84.0 个和 254.2 ~ 258.0 个, 顶部部位荚、粒数分别占总数的 21.3% 和 22.5%。产量极显著高于对照处理, 2008 年在 760 m<sup>2</sup> 面积上, 大豆产量达到 4 895.7 kg · hm<sup>-2</sup>。

**关键词:**半矮秆大豆; 窄行密植; 超高产

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2009)04-0636-05

## Soybean Yield Structure under the Super-high Yield Cultivation Mode with Narrow Row and Dense Seeded Semi-dwarf Cultivar

ZHANG Jing-tao<sup>1</sup>, SONG Ying-bo<sup>1</sup>, SHEN Xiao-hui<sup>1</sup>, LIU Zhong-tang<sup>2</sup>, WANG Qian-yu<sup>1</sup>, JIA Hui-bin<sup>1</sup>, LIU Feng<sup>2</sup>, ZHAO Gui-fan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, Heilongjiang; <sup>2</sup> Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

**Abstract:** This study was conducted to evaluate the yield structure as well as the yield characteristics of narrow row and dense seeded semi-dwarf soybean cultivar. Our objective was to present technical references for the research and application of super-high yield soybean. Field experiments were conducted with three soybean cultivars and three cultivation patterns and three treatments, they were B45 (semi-dwarf variety He 98-1667 planted with row space of 45 cm and density of 41.5 × 10<sup>4</sup> plants · ha<sup>-1</sup>), G70 (tall stalk variety Longxuan 1 planted with row space of 70 cm and density of 18.8 × 10<sup>4</sup> plants · ha<sup>-1</sup>) and Z45 (middle short stalk variety Kenfeng 16 planted with row space of 45 cm and density of 30.5 × 10<sup>4</sup> plants · ha<sup>-1</sup>). In the case of narrow row, dense seeded, rich fertilizer and irrigation, the semi-dwarf cultivar B45 was featured with low bottom pod and strong stalk. Though the pods and seeds of the single plant of B45 were significantly less than those of the other two cultivars, relatively high number of pods and seeds can be got due to the dense seeded. The average pods and seeds were 145.1 and 411.7 per node · m<sup>-2</sup>, respectively, which were 78.8 – 84.0 and 254.2 – 258.0 higher than those of the check. In addition, the pods and seeds on the top node of B45 account for 21.3% and 22.5%, respectively. Yield of B45 in 760 m<sup>2</sup> plot achieved 4895.7 kg · ha<sup>-1</sup> with this cultivar in 2008, which was significantly higher than the check.

**Key words:** Semidwarf soybean cultivar; Narrow row and dense seeded; Super yield

黑龙江省是我国大豆主产区, 年播种面积及总产量均占全国三分之一以上。由于缺少创新型技术, 全省大豆平均产量仅有 1 852.4 kg · hm<sup>-2</sup> (黑龙江省统计年鉴 2002 ~ 2006 年平均数据), 略高于全国平均水平, 但与美国、巴西阿根廷的差距较大, 因此提高单产水平是东北大豆生产亟待解决的关键问

题。国内外对大豆超高产研究报道很多, Cooper<sup>[1]</sup> 利用半矮秆品种和窄行密植技术, 在美国俄亥俄州连续稳定实现大豆每公顷产量 6 000 kg 以上; Lawn 等<sup>[2]</sup> 在澳大利亚昆士兰获得每公顷产量 8 604 kg 的纪录; 罗赓彤等<sup>[3]</sup>、王连铮等<sup>[4]</sup> 分别采用新大豆 1 号、石大豆 1 号、中黄 13、中黄 19 等品种, 相继创造

出每公顷产量 5 956.2、5 407.8、4 686.0、4 719.0 kg 的高产纪录。国内学者对不同地区不同类型的大豆超高产生理、营养、育种、栽培技术等进行了研究<sup>[5-12]</sup>。有关黑龙江省大豆超高产方面的研究报道很少。利用半矮秆品种、窄行密植技术和地下亚表层灌溉技术在佳木斯 760 m<sup>2</sup>小区面积上实现了大豆产量 4 895.7 kg·hm<sup>-2</sup>,就此分析大豆超高产产量性状及产量结构,旨在为寒地大豆超高产栽培研究和应用提供理论依据和技术指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

超高产试验在黑龙江省农科院佳木斯分院试验地进行,基础肥力有机质 4.50%,全氮(N) 150.25 mg·kg<sup>-1</sup>,全磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 78.12 mg·kg<sup>-1</sup>,全钾(K<sub>2</sub>O) 165.22 mg·kg<sup>-1</sup>。2007 年秋整地期间每公顷施有机肥 75 m<sup>3</sup>,二铵 350 kg,尿素 60 kg,氯化钾 90 kg。生育期间 5~9 月自然降雨 266.5 mm,有效积温 2 450.6℃,日照时数 1 430.1 h。

采用 3 个基因型品种,2 种栽培模式,共设 3 个处理:(1)半矮秆品种合 98-1667,行距 45 cm,密度 41.5 万株·hm<sup>-2</sup>,窄行密植栽培模式(以下简称 B45 处理);(2)对照 1,中矮秆品种垦丰 16,行距 45cm,密度 30.5 万株·hm<sup>-2</sup>,窄行密植种植模式(以下简称 Z45 处理);(3)对照 2,高秆品种龙选 1 号,行距 70 cm,密度 18.8 万株·hm<sup>-2</sup>,垄作种植模式(以下简称 G70 处理)。3 个处理种植面积各为 1 500 m<sup>2</sup>,各处理地下亚表层均设置灌溉装置,在大豆生育 R1~R6 期灌水 600 mm。

### 1.2 调查方法

在大豆生育 V3 到 R7 期,每 8 d 取样一次,每次取 5 株,并标定生长一致具有代表性 10 株测定株

高;成熟期每个处理取 5 点,每点取 2 m<sup>2</sup>实收测产并连续取 10 株考种。

## 2 结果与分析

### 2.1 超高产大豆的产量

3 个处理产量结果如表 1 所示,其中以 B45 处理单产水平最高,为 4 895.7 kg·hm<sup>2</sup>,单产水平极显著高于其它两个对照处理。经方差分析,区组间差异不显著( $F=0.47 < F_{0.05}=3.84$ ),处理间达极显著水平( $F=0.47 > F_{0.01}=8.65$ )。

表 1 不同处理产量差异显著性检验

Table 1 Significance test of variance of the yield with different treatments	
处理 Treatment	平均产量 Average yield/kg·hm <sup>-2</sup>
B45	4895.7 aA
G70	3383.1 bB
Z45	2923.8 cC

B45:半矮秆品种合 98-1667,45 cm 窄行密植栽培模式,密度 41.5 万株·hm<sup>-2</sup>;G70:高秆品种龙选 1 号,70 cm 垄作种植模式,密度 30.5 万株·hm<sup>-2</sup>;Z45:中矮秆品种垦丰 16,45cm 窄行密植种植模式,密度 18.8 万株·hm<sup>-2</sup>。

B45:Semi-dwarf variety He 98-1667 planted with row space of 45 cm and density of 41.5 × 10<sup>4</sup> plants·ha<sup>-1</sup>;G70:Tall stalk variety Longxuan 1 planted with row space of 70 cm and density of 18.8 × 10<sup>4</sup> plants·ha<sup>-1</sup>;Z45:Middle short stalk variety Kenfeng16 planted with row space of 45 cm and density of 30.5 × 10<sup>4</sup> plants·ha<sup>-1</sup>.

### 2.2 超高产大豆的产量性状

不同处理下的产量性状见表 2。B45 处理由于选用半矮秆品种、窄行密植栽培,由于密度增加在高肥水条件下表现结荚高度低,百粒重高,群体产量性状极显著好于对照,每平方米荚数最高达到1 041.7 个,每平方米粒数为 2 940.3 个。

表 2 超高产大豆的产量性状

Table 2 The yield traits of super-high yield soybean						
处理 Treatment	结荚高度 Height of lowest pod/cm	单株荚数 Pods number per plant	单株粒数 Seeds number per plant	荚数 Pods number per m <sup>2</sup>	粒数 Seeds number per m <sup>2</sup>	百粒重 100-seed weight/g
B45	17.8cC	25.1bB	70.9bB	1041.7aA	2942.4aA	18.5a
G70	32.0bB	47.9aA	119.0aA	900.5bB	2237.2bB	16.8c
Z45	40.8aA	25.3bB	59.8cB	771.7cC	1823.9cC	17.8b

Z45 处理选用中秆品种、窄行密植栽培,在高肥水条件下表现个体与群体发育均最差,结荚高度显著增高,单株荚数、粒数和群体荚数、粒数最低,百粒

重较低。

G70 处理选用高秆品种,常规垄作栽培,在高肥水条件下虽然个体发育好,有效节数、单株荚数、单

株粒数等性状高于其它处理,但群体表现较差,底荚部位高,平方米荚数、粒数均较低,百粒重最低。

2.3 超高产大豆的荚、粒空间分布

数据统计时将植株上粒数超过3个的节位称为有效节位,进一步对植株上荚、粒空间分布进行分析,结果表明,由于各处理选用品种基因型及栽培模式不同,处理间的单株和群体荚、粒空间分布差异较大(图1~4、表3)。

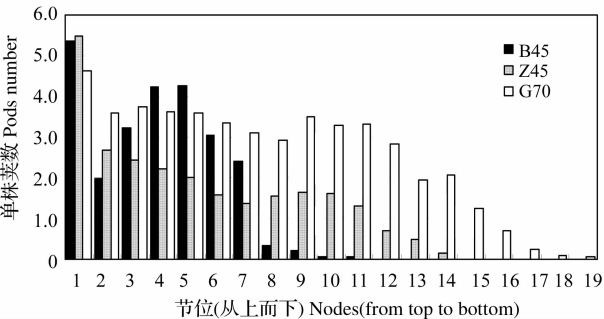


图1 不同处理单株荚数空间分布

Fig.1 Distribution of pods on the effective nodes of the single soybean plant of the treatments

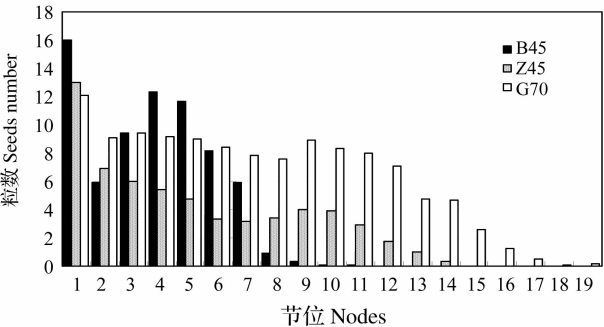


图2 不同处理单株粒数空间分布

Fig.2 Distribution of seeds on the effective nodes of the single soybean plant of the treatments

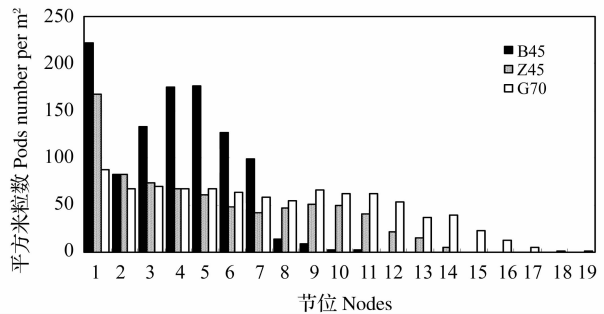


图3 不同处理群体荚数空间分布

Fig.3 Distribution of pods and on the effective nodes of the populated soybean plants of the treatments

B45 处理荚数、粒数主要分布在上部7个节位,

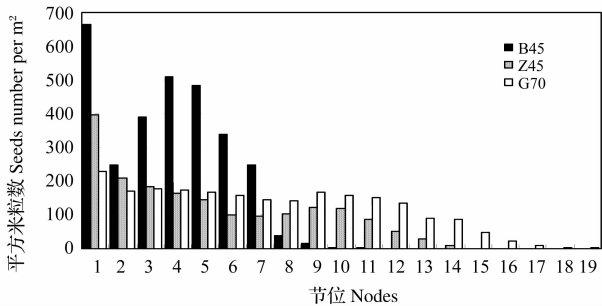


图4 不同处理群体粒数空间分布

Fig.4 Distribution of seeds and on the effective nodes of the populated soybean plants of the treatments

荚数、粒数分别占总数的97.5%和98.0%。平均每节位单株荚数、粒数分别为3.5个和9.9个,略高于对照处理;但平均每节位平方米荚数、粒数分别为145.1个和411.7个,分别较对照Z45高78.8个和254.2个、较对照G70高84.0个和258.0个;有效节位平均每节位荚数、粒数分别占总荚数、粒数的13.9%和14.0%。B45处理顶节部位单株荚数、粒数分别为5.4个和16.0个,单株粒数明显高于对照处理;顶节部位平方米荚数、粒数分别为222.0个和663.0个,分别较对照Z45高54.7个和265.2个、较对照G70高134.8个和435.5个;顶节部位荚数、粒数分别占总荚数、粒数的21.3%和22.5%。

对照Z45处理荚数、粒数主要分布在上部11个节位,荚数、粒数分别占总数的94.5%和95.0%;每节位平均单株荚数、粒数为2.2个和5.2个,每节位平均平方米荚数、粒数为66.3个和157.5个;顶荚部位平均单株荚数、粒数为5.5个和13.0个,顶荚部位平均平方米荚数、粒数为167.3个和397.8个。

对照G70处理荚数、粒数主要分布在上部14个节位,荚数、粒数分别占总数的95.0%和96.2%;每节位平均单株荚数、粒数为3.3个和8.2个,每节位平均平方米荚数、粒数为61.1个和153.7个;顶荚部位平均单株荚数、粒数为4.6个和12.1个,顶荚部位平均平方米荚数、粒数为82.7个和227.5个。

2.4 超高产大豆的株高与倒伏

B45处理选用半矮品种,植株营养生长期较短,在8月3日就达到最大高度,且株高显著低于对照,在高密度、高肥水栽培条件下表现倒伏1.0级,极显著低于对照处理;对照Z45处理选用中秆品种,植株在8月11日达到最大高度,虽然在生产中该品种株高仅有70~80cm,但在窄行密植栽培高肥水条件

下表现植株高大、底荚增高、倒伏重(3.7 级);对照 8 月 27 日才达到最大高度,即使在常规垄作高肥水条件下表现植株高大、仍倒伏严重(4.0 级)。

表3 处理间大豆植株有效节位上的荚、粒分布

Table 3 Distribution of pods and sSeeds on the effective nodes with different treatments

处理 Treatment	项目 Item	总数 Total	有效节位 Effective nodes		有效节位平均 Mean effective nodes		顶节部位 Top nodes		有效节数 Number of effective nodes
			合计 Total	占总数% Accounts for the total/%	平均 Mean	占总数 Accounts for the total/%	合计 Total	占总数 Accounts for the total/%	
B45	单株荚数 Pods number per plant	25.1	24.5	97.5	3.5	13.9	5.4	21.3	7.0
	平方米荚数 Pods number per m <sup>2</sup>	1041.7	1015.7	97.5	145.1	13.9	222.0	21.3	
	单株粒数 Seeds number per plant	70.9	69.5	98.0	9.9	14.0	16.0	22.5	
	平方米粒数 Seeds number per m <sup>2</sup>	2942.4	2882.2	98.0	411.7	14.0	663.0	22.5	11.0
	单株荚数 Pods number per plant	25.3	23.9	94.5	2.2	8.6	5.5	21.7	
	平方米荚数 Pods number per m <sup>2</sup>	771.7	729.5	94.5	66.3	8.6	167.3	21.7	
Z45	单株粒数 Seeds number per plant	59.8	56.8	95.0	5.2	8.6	13.0	21.8	14.0
	平方米粒数 Seeds number per m <sup>2</sup>	1823.9	1732.3	95.0	157.5	8.6	397.8	21.8	
	单株荚数 Pods number per plant	47.9	45.5	95.0	3.3	6.8	4.6	9.7	
G70	平方米荚数 Pods number per m <sup>2</sup>	900.5	855.6	95.0	61.1	6.8	87.2	9.7	14.0
	单株粒数 Seeds number per plant	119.0	114.4	96.2	8.2	6.9	12.1	10.2	
	平方米粒数 Seeds number per m <sup>2</sup>	2237.2	2151.3	96.2	153.7	6.9	227.5	10.2	

3 结论与讨论

大豆产量是靠群体来实现的,超高产栽培既要保证个体发育,又要有一个良好的群体结构<sup>[1,11]</sup>。B45 处理由于选用半矮秆品种、窄行密植栽培,在高肥水条件下不倒伏,既保证了个体发育,又充分发挥了群体增产的优势,使群体荚数、粒数显著增加,靠植株在田间合理布局提高了群体产量性状,靠群体良好的发育获得大豆高产。

由于各处理间选用品种基因型及栽培模式不同,其单株和群体荚、粒空间分布差异较大。B45 处理荚、粒主要分布在上部7个节位,这与王岚等<sup>[9]</sup>提出的超高产大豆育种节数在15个以上所不同,其原因是由于选用品种基因型和群体结构不同所致。所以,采用半矮秆耐密植品种,窄行密植栽培是实现超高产的有效途径。

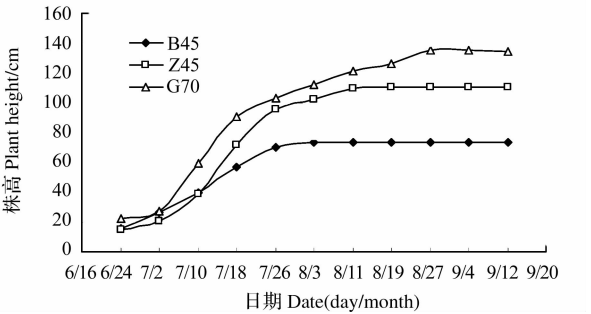


图5 株高变化动态

Fig.5 The changing trends of the plant height of soybean

Cooper<sup>[1,13-14]</sup>指出在大豆超高产研究与应用中,倒伏是一项关键的障碍因素,超高产栽培要求品种秆强、抗倒伏。B45 处理选用半矮秆品种,密植条件下不徒长,不倒伏,是获得高产的重要条件。所以,选育半矮秆、耐密植品种,是重要的育种的方向之一。

参考文献

[1] Cooper R L. High-yield-system-in-place( HYSIP) concept for soybean production[ J]. Journal of Production Agriculture ( USA ), 1989,2,312-324.

[2] Lawn R J, Troedson R J, Garside A L, et al. Soybean in saturated soil- a new way to higher yields[ C]//World Soybean Research Conference III Program and Abstracts. Iowa State University, Ames, IA. 1984:576-581.

[3] 罗赓彤,战勇,刘胜利,等. 新大豆 1 号和石大豆 1 号高产纪录的创造[ J]. 大豆科学,2001,20(4):272-273. ( Luo G T, Zhang Y, Liu S L, et al. The high yield record of Xindadou 1 and Shidadou 1[ J]. Soybean Science,2001,20(4):272-273. )

[4] 王连铮,王岚,赵荣娟,等. 大豆育种研究进展[ J]. 大豆科技与产业化,2006,1(1):4-18. ( Wang L Z, Wang L, Zhao R J, et al. The research progress of soybean breeding[ J]. The Technology and Industrialization of Soybean,2006,1(1):4-18. )

[5] 魏建军,罗赓彤,张力,等. 超高产大豆主要群体生理参数与经济产量关系的研究[ J]. 中国油料作物学报,2007,29(3):272-276. ( Wei J J, Luo G T, Zhang L, et al. A study of relation between canopy physiological parameter and seed yield in super high-yield soybean[ J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2007,29(3):272-276. )

[6] 张伟,谢甫绶,张惠君,等. 超高产大豆品种辽豆 14 号的冠层特性与产量性状研究[ J]. 中国农业科学,2007,40(11):2460-2467. ( Zhang W, Xie F T, Zhang H J, et al. Canopy and yield characteristics of super- high- yielding soybean cv. Liaodou No. 14 [ J]. Scientia Agricultura Sinica,2007,40(11):2460-2467. )

[7] 张性坦,赵存,柏惠侠,等. 夏大豆诱处 4 号公顷产 4 500 kg 生理指标研究[ J]. 中国农业科学,1996,29(6):46-54. ( Zhang X T, Zhao C, Bai H X, et al. Study on physiological indexes of sum-

mer soybean variety Youchu 4 yielding 4500 kg · ha<sup>-1</sup> [ J]. Scientia Agricultura Sinica,1996,29(6):46-54. )

[8] 李路,王连铮,王岚,等. 超高产高蛋白广适应性大豆中黄 13 亩产 300 公斤的营养基础[ J]. 大豆科技与产业化,2006,1:28-34. ( Li L, Wang L Z, Wang L, et al. Nutrient Base for Highyield with 4.5 ton · ha<sup>-1</sup> by using soybean cultivar Zhonghuang 13 with super highyielding high protein and broad adaptability [ J]. The Technology and Industrialization of Soybean,2006,1:28-34. )

[9] 王岚,王连铮,赵荣娟,等. 大豆超高产育种研究[ J]. 大豆科学,2007,26(3):407-411. ( Wang L, Wang L Z, Zhao R J, et al. Study on soybean breeding for Super High- Yielding [ J]. Soybean Science,2007,26(3):407-411. )

[10] 赵团结,盖钧镒,李海旺,等. 超高产大豆育种进展与讨论[ J]. 中国农业科学,2006,39:29-37. ( Zhao T J, Gai J Y, Li H W, et al. Advances in breeding for super high- yielding soybean cultivars [ J]. Scientia Agricultura Sinica,2006,39:29-37. )

[11] 董钻. 大豆产量生理[ M]. 北京:中国农业出版社,2001. 46-49. ( Dong Z. Soybean yield physiology[ M]. Beijing:China Agriculture Press ,2001:46-49. )

[12] 宋书宏,王文斌,吕桂兰,等. 北方春大豆超高产技术研究[ J]. 中国油料作物学报,2001,23(4):48-50. ( Song S H, Wang W B, Lu G L, et al. The technology research on Northern spring super yield soybean[ J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2001,23(4):48-50. )

[13] Cooper R L. Influence of early lodging on yield of soybean[ J]. Agronomy Journal,1971,63:449-450.

[14] Cooper R L. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly production environments[ J]. Agronomy Journal,1971,63:490-493.

(上接第 631 页)

[2] 李晓燕,杜维广,满为群,等. 黑龙江省 1986-2000 年大豆品种研究成就与展望[ J]. 大豆科学,2004,23(2):134-142. ( Luan X Y, Du W G, Man W Q, et al. Achievement and prospect of soybean breeding in Heilongjiang Province from 1986-2000[ J]. Soybean Science,2004,23(2):134-142. )

[3] 杨丽英,陈进,葛再伟. 云南花生种质、丰产性和品质性状的改良潜力[ J]. 花生学报,2002,31(1):33-36. ( Yang L Y, Chen J, Ge Z W. Improving potential of productivity and quality in groundnut in Yunnan Province [ J]. Peanut Science, 2002, 31 ( 2 ): 33-36. )

[4] 胡延吉,赵檀方,阎先喜,等. 大麦品种性状的演变及改良潜力的研究[ J]. 大麦科学,1994,38(1):5-8. ( Hu Y J, Zhao T F, Yan X X, et al. Study on evolution and improve potential of traits in barley cultivars [ J]. Barley Science,1994,38(1):5-8. )

[5] 李楠. 东北春大豆主要品质性状的改良潜力[ J]. 大豆通报, 2001,2:12-13. ( Li N. Improve potential of grain quality characters with spring soybean in Northeast [ J]. Soybean Bulletin,2001,2:12-13. )

[6] 郭平仲. 数量遗传分析[ M]. 北京:北京师范学院出版社, 1987:82-87. ( Guo P Z. Quantitative genetic analysis [ M]. Beijing:Beijing Normal University Press,1987:82-87. )

[7] 高元仁. 数量遗传学[ M]. 成都:四川大学出版社,1986:453-479. ( Gao Y R. Quantitative genetics[ M]. Chengdu:Sichuan University Press,1986:453-479. )

[8] 杨琪. 大豆遗传基础拓宽问题[ J]. 大豆科学,1993,12(1):75-80. ( Yang Q. Widening issue genetic basis of soybean[ J]. Soybean Science,1993,12(1):75-80. )

[9] 盖钧镒,崔章林. 中国大豆育成的品种分析[ J]. 南京农业大学学报,1994,17(3):19-23. ( Gai J Y, Cui Z L. Parental analysis of soybean cultivars released in China[ J]. Journal of Nanjing Agricultural University,1994,17(3):19-23. )

[10] 盖钧镒,赵团结,崔章林. 中国 1923-1995 年育成的 651 个大豆品种的遗传基础[ J]. 中国油料作物学报,1998,20(1):17-23. ( Gai J Y, Zhao T J, Cui ZH L. The Genetic base for 651 soybean cultivars released during 1923-1995 in China[ J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,1998,20(10):17-23. )