

文章编号: 1003- 8701(2008)02- 0013- 04

# 大豆在遗传改良过程中某些农艺性状演化的研究进展

郑洪兵<sup>1</sup>, 刘武仁<sup>1\*</sup>, 郑金玉<sup>1</sup>, 罗 洋<sup>1</sup>,  
李伟堂<sup>1</sup>, 徐克章<sup>2</sup>, 陆静梅<sup>3</sup>

(1.吉林省农业科学院, 长春 130033; 2.吉林农业大学农学院, 长春 130118;  
3.东北师范大学生命科学院, 长春 130024)

**摘要:** 育种工作者通过遗传改良大幅度提高了大豆的产量, 同时农艺性状在遗传改良过程中也发生了很大的变化, 产量随着育成年代的增加而增加, 单株荚数和粒数对产量影响较大, 叶面积随育成年代呈增加的趋势, 子粒含油量随着蛋白质含量的增加而降低。大豆株高不应继续降低, 应保持在 0.8 m, 否则成为产量的限制因子之一, 因此进一步开展大豆在遗传改良过程中某些农艺性状及其与产量关系的研究, 对选育大豆优良品种和高产栽培有一定的指导意义。

**关键词:** 大豆; 遗传改良; 农艺性状; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

## Progress of Studies on Some Agronomic Traits of Soybean in Genetic Improvement

ZHENG Hong-bing<sup>1</sup>, LIU Wu-ren<sup>1\*</sup>, ZHENG Jin-yu<sup>1</sup>, LUO Yang<sup>1</sup>,  
LI Wei-tang<sup>1</sup>, XU Ke-zhang<sup>2</sup>, LU Jing-mei<sup>3</sup>

(1. Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Gongzhuling 136100;

2. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118;

3. College of Life Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

**Abstract:** Soybean yield were improved by genetic improvement, meanwhile, some agronomic traits were changed largely. Yield of soybean were increased with year it was released and it were influenced by pods and seeds number per plant. Plant leaf area was increased with years, fat content of seeds were increased as the protein content reduced. Plant height should not be reduced and keep at 0.8m. Otherwise, it may become a limited factor to influence yield of soybean. So, it is of value to further the study of relation between some agronomic traits and yield of soybean, for it will guide the breeding of excellent cultivars of soybean and improving cultivation of high-yield soybean.

**Key words:** Soybean; Genetic improvement; Agronomic traits; Yield

近百年来大豆遗传改良使中国的大豆品种产量及相关性状得到很大的改进。崔章林<sup>[1]</sup>分析

了中国 1923 ~ 1995 年育成的 651 个大豆品种的性状演变特点, 指出新品种在抗倒伏性、丰产性等方面得到不断改良, 大豆产量平均每年的遗传进展在 1.5% ~ 2% 以上。Wilcox<sup>[2]</sup> 分析表明, 美国 1941 ~ 1999 年共 58 年间公立单位育成的优良品种平均遗传进度为 1%, 说明中国大豆产量平均遗

收稿日期: 2007- 07- 24

基金项目: 国家自然科学基金(30370862)

作者简介: 郑洪兵(1980-), 吉林白城人, 助理研究员, 主要从事保护性耕作和农作物高产栽培研究。

通讯作者: 刘武仁, 研究员, liuwuren571212@163.com

传进展并不亚于美国,这固然是遗传改良和栽培条件改善的共同结果,但一般遗传改良是主导因素。在遗传改良过程中农艺性状也发生很大的变化,探讨农艺性状指标与其产量之间的关系对于未来制定育种目标和进一步发挥大豆的增产潜力极为重要。

本文通过大量文献探讨遗传改良在大豆产量提高过程中的重要地位,并且详细分析大豆产量构成因素、茎部性状、叶部性状、品质性状以及株型性状与产量的关系及其对产量的影响,而且提出一些大豆育种过程中存在的问题及其解决方法,以期为大豆育种提供一定的理论参考。

## 1 产量与产量性状的演变

### 1.1 大豆产量遗传改良研究进展

大豆的产量一般分为生物产量和经济产量。生物产量指全生育期间大豆植株单位面积上形成的干物质产量,是大豆一生中积累同化产物的总量,而经济产量指单位面积上主产品(大豆子粒)的产量。经济产量与生物产量的比值即为经济系数,也称收获指数是大豆品种固有的属性之一<sup>[3]</sup>。产量是主要的育种目标,育种者通过基因改良已显著提高大豆的产量。近几年,国内外学者研究发现,遗传改良对大豆产量贡献较大,并且使大豆产量不断提高<sup>[4]</sup>。产量的增长来自于遗传改良和栽培技术水平的提高,其中遗传改良是主导因素。盖钧镒<sup>[5]</sup>等对中国1923~1995年育成的651个大豆品种的性状演变特点进行分析,结果表明,新品种的抗倒伏能力、产量等方面均得到不断改良。Voldeng<sup>[6]</sup>对加拿大58年内(1934年~1992年)已推广的熟期为MG(maturity group)0、MG00和MG000的大豆品种进行遗传改良分析指出,1976年以前产量以每年0.5%(9.3 kg/hm<sup>2</sup>)的速度增长,而1976年以后,以每年0.7%(13 kg/hm<sup>2</sup>)的速度增长。从1924~1998年美国大豆的产量平均每年以22.6+0.7 kg/hm<sup>2</sup>的速度递增,而从1975~1998年,大豆产量的增加要比这一速度高40%,即以每年31.2+4.8 kg/hm<sup>2</sup>的速度递增<sup>[7]</sup>。Morison<sup>[8]</sup>等对不同年代大豆品种研究结果表明,由遗传改良导致大豆产量每年增加0.7%,收获指数每年增加0.47%,产量的改良主要来自收获指数的提高。Frederick<sup>[9]</sup>研究表明,在相同的灌溉条件下,现代品种比老品种获得较高的产量,这是由于现代品种比老品种有较高的生物量和荚数。Saratha<sup>[10]</sup>等通过对大豆新、老品种产

量、干物质积累与分配的研究结果表明,在产量、干物质积累和收获指数方面,新品种均大于老品种。郑洪兵<sup>[11]</sup>等发现大豆品种在遗传改良过程中,产量增加的同时也使叶面积、叶面积指数、茎直径和比叶重得到提高。关于大豆品种进化过程中生理指标的研究,也有一些报道,王晓慧<sup>[12]</sup>等对不同年代大豆品种苗期叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用的研究表明,随着品种的进化,过氧化酶和超氧化物歧化酶活性呈上升趋势,而丙二醛含量则呈下降趋势,这些特性可能与现代大豆品种抗逆性增强有关。因此,遗传改良不但在大豆产量方面取得了重大突破,而且使与产量相关的性状也得到了很好的改善。

### 1.2 大豆产量构成因素以及冠层荚、粒垂直分布

大豆产量高低与产量构成因素有密切关系。大豆子粒产量主要有单位面积内的株数、单株荚数、每荚粒数和百粒重等因素构成<sup>[13]</sup>。大豆是全冠层具有生产力的作物,因此也是全冠层结荚作物<sup>[14]</sup>。产量空间分布是以群体为基础的包括垂直分布和水平分布<sup>[15]</sup>。游明安<sup>[16]</sup>根据上、中、下层和主茎产量百分率可将大豆品种(系)的产量空间分布在垂直方向上分为上层型、均匀型和中层型,在水平方向上分为主茎型、并重型和分枝型,共组合成9种空间分布类型。垂直分布的均匀型和水平分布的主茎型和并重型是高产的空间分布类型,上、中、下层的荚数比53%、40%和7%。孙卓韬<sup>[17]</sup>用模糊聚类方法根据大豆冠层不同部位的粒重比例,对大豆品种的荚粒分布进行了分类,大豆冠层有明显的叶荚对应关系,叶面积大的层次,粒多且大,对荚粒分布不同的品种,应当采取适当的措施,注意发挥对产量起主导作用的冠层部位的生产潜力。密度是调节主茎和分枝粒重分布的主要栽培措施,改良株型、提高叶片质量是改善大豆群体内部光合条件,充分发挥大豆整个冠层生产力的重要手段。王滔<sup>[18]</sup>等采用去叶法证明,去叶节的粒重一般为有叶节粒重的60%~75%,上、中、下各层的粒重都是构成群体产量所不可缺少的,可是各层粒重对产量的相对重要性却是不相同的。以往的研究表明,大豆产量荚粒及其在植株上的分布与生育过程中叶面积及其空间分布有密切的关系。因此,探讨产量(荚粒)在植株或群体空间合理的分布在大豆理想型设计及寻求产量突破途径的研究中是不可忽视的一个方面。

## 2 产量性状与某些农艺性状的关系

## 2.1 大豆群体叶面积与产量的关系

叶片是光合作用的主要器官<sup>[19]</sup>。胡明祥<sup>[20]</sup>指出,群体叶面积或叶面积指数是决定光合产物数量的重要性状,对叶面积指数的研究表明,叶片的同化产物在各层型叶片之间不能分享,只有在叶腋豆荚死去和满足其需要后的情况下,该叶的同化产物才向其它临近节间的豆荚输出,大豆群体各层的粒重和叶面积的相关极显著,具有明显的叶荚对应关系。董钻<sup>[21]</sup>对大豆品种生产力进行研究结果表明,产量的高低更多地依赖于叶面积的大小,而与平均净光合速率无关。关于叶形与产量的关系也有报道,叶形的垂直分布类型与每荚粒数和百粒重相关密切,下阔叶-上阔叶和下阔叶-上窄叶类型的每荚粒数最多,下窄叶-上阔叶类型的每荚粒数最少。披针形叶有利于每荚粒数提高,椭圆形叶有利于百粒重增长<sup>[22]</sup>。彭玉华<sup>[23]</sup>研究表明,披针叶品种的每荚粒数3~4粒,椭圆形叶品种的每荚粒数多为2~3粒。王继安<sup>[24]</sup>结果表明,在大豆生育后期,中层叶片对产量及农艺性状有重大影响,上层次之,下层影响甚微,根据试验结果表明,大豆生育后期的中层叶片是决定产量的重要层次。我们就演化方面对吉林省不同年代育成的大豆品种单株叶面积随着生育期推进呈增加的趋势,特别是在7月7日(R<sub>1</sub>期)和7月18日(R<sub>3</sub>期)增加明显。不同年代间单株叶面积差异显著(p < 0.05),新品种的单株叶面积大于老品种。因此,叶面积指数大小和功能是增加大豆产量的重要生理指标。叶片是光合作用的主要器官,是构成产量的物质基础。研究大豆冠层叶面积与产量的关系及其演化规律,对于发挥大豆生产潜力有重要的指导意义。

## 2.2 大豆茎部生长性状与产量的关系

荚数和粒数是构成大豆产量的重要因素,但茎部性状也影响产量的高低,倒伏对产量有一定影响,尤其是早期倒伏对产量影响更大,而且大豆茎秆性状与倒伏关系甚为密切<sup>[20]</sup>。年海<sup>[25]</sup>对吉林省大豆推广品种农艺性状研究表明,产量增加的同时,株高降低,抗倒伏性增强,分枝减少,主茎节数增多。李国桢<sup>[26]</sup>也指出,生产上大豆品种的变化体现在茎秆增强,矮化,分枝减少、节间长度变短、倒伏降低和主茎节数增多。李星华<sup>[27]</sup>对茎部性状与产量关系研究表明,株高与单株产量呈极显著负相关(-0.141 5\*)。株高变化趋势68~81 cm,80 cm左右是进一步高产稳产品的适宜高度,

倒伏级与产量的偏相关系数均达极显著水平,因此适当增强大豆主茎抗倒性是目前提提高品种产量的有效途径。王振民<sup>[28]</sup>研究认为,近期品种、主茎节数的增加给增加叶数和粒数提供了有利条件。周蓉<sup>[29]</sup>以60份大豆地方品种和育成品种为材料,调查和分析了大豆倒伏性及其与茎秆性状和产量性状的关系结果表明,大豆品种的倒伏级别与株高、主茎节数、节间长度、分枝数等性状的相关系数均达1%显著水平,茎秆性状与单株子粒产量、单株荚数和单株粒数等呈极显著正相关,但与百粒重呈负相关。大豆植株越高、主茎节数越多、节间越长、分枝数越多的品种,倒伏级别就越高,即倒伏性越严重;另外,株高与茎粗的比值与倒伏级别呈显著正相关,比值越高倒伏越严重,从而严重影响产量。有关植株茎秆强度研究表明,茎秆基部的直径和基部节间长度对植株抗倒伏能力的影响较大<sup>[30]</sup>。由于大豆倒伏性与茎秆性状和产量性状均有关,因此有必要进一步研究分析大豆茎部性状和抗倒伏性及其与产量之间的关系。

## 2.3 大豆品质性状与产量的关系

大豆子粒中的主要成分是蛋白质和脂肪,其含量的高低是大豆品质优劣的主要标志,决定大豆产量和品质的关键因素<sup>[31]</sup>。有研究表明,大豆脂肪与蛋白质含量呈负相关,而产量与脂肪含量呈正相关,说明种子发育过程中脂肪与蛋白质形成可能同时竞争光合同化产物或营养体中的贮藏物质<sup>[32]</sup>。油分和蛋白质是大豆两个重要的特性,两者呈负相关关系,每增加1个单位油含量将引起1.5个单位蛋白质含量的下降或每增加1个单位油含量将引起1个单位蛋白质含量的下降,并且两者均与产量呈弱相关。Wilcox<sup>[33]</sup>对不同熟期(MG000-MGIV)近60年内的大豆品种研究表明,在长期的育种进程中子粒含油量及蛋白质含量的变化都不大,蛋白质仅在MG000和MGIII成熟组内有较为明显的降低,在MGI和MGII成熟组内有所降低,但不显著。Valdeng等研究指出,虽然蛋白质含量在过去的60年下降了24 g/kg,但因产量的不断提高而使得蛋白质绝对量增加36 g/kg,油分含量有增加的趋势。不容忽视的是油分和蛋白质的这种负相关关系及基因型间较小变异空间限制了遗传改良,但培育出高油、高蛋白的品种也是有可能的,从而进一步发挥大豆的增产潜力。

## 2.4 大豆株型演化以及特异高产株型的探讨

大豆株型是大豆在一个地区一定条件下呈现

适应并高产的基础,并且大豆株型的优劣是大豆能否高产稳产的关键,也是大豆育种中重要选择指标之一。董钻<sup>[21]</sup>设计了株高130 cm以上多节、多枝而短、叶片上小下大、单株呈塔型的亚有限结荚习性的高产株型。苗以农<sup>[34]</sup>从产量形成生理角度探讨了特异高产株型的创新。王金陵<sup>[35]</sup>认为:东北地区大豆以主茎发达,主茎节多荚多、秆强、长叶或小叶,植株上下部位叶变小,倾向长叶的方向发展更为理想,但东北各省有所差异。董钻<sup>[36]</sup>也指出:高产类型大豆的叶面积指数、光合速率、干物重及粒干重均较大,成熟时生物产量和收获指数较高。尹田夫<sup>[37]</sup>则指出:理想株型应该具有形态特征和生理特性的最佳组合。董钻<sup>[38]</sup>经过多年对大豆群体结构及株型研究,并结合了他人的研究成果指出:株型包括植株的高矮、分枝的多少、长短、角度,叶片的大小、形状、层次分布和调位性,叶柄的长短角度等许多性状;进而研究提出植株高大、主茎节多、结荚多、分枝适中、叶层分布合理、适于密植、开花早、花期长、器官平衡合理、经济系数高,这样的株型更理想。大豆理想株型应是在特定生态条件下,群体内个体间竞争与干扰最小,能最有效地利用各种有利条件,有较强的抗逆性,具有高产稳产的特性。利用各种措施,坚持创造新的变异类型与选择理想的高产株型并重原则,根据当地生态区实际情况和品种性状的特点,充分发挥个体和群体两个方面的增产潜力,实现良种良法相结合,是实现大豆高产稳产的重要途径。因此,应根据当地的环境条件设计合理的株型结构,才能使大豆获得高产。

### 3 存在问题及品种改良发展方向

研究大豆在遗传改良过程中产量及农艺性状的变化,应注意选用的品种具备一定的代表性,而且是在该区域推广的品种,保证一定品种的数量。金剑<sup>[39]</sup>认为,研究大豆在遗传改良所选用的品种不仅具备是不同年代的品种,而且是不同时期的代表品种,以避免得出错误的结论。

产量随着品种育成年代呈线性显著增加;产量与单株荚数、粒数、叶面积、复叶片数和长宽比呈显著正相关并且随着育成年代显著增加,而与倒伏指数、单株分枝数、小叶面积和叶倾角呈显著负相关,随着育成年代增加而显著降低。说明育种工作者在大豆的遗传改良过程中,产量提高的同时,株高显著降低,节数显著增多,节间明显缩短;

主茎直径显著增加,分枝显著减少,抗倒伏能力明显增强,单株荚数和粒数显著增多。而且由于遗传改良,现代品种通过小叶和改变叶倾角的大小解决了叶片数增加使叶面积指数和叶面积增大导致冠层郁蔽与通风透光之间的矛盾。这些特征可能是导致现代品种产量高于过去品种的重要原因,因此作为提高大豆产量的育种指标是十分可行的。但在今后大豆品种改良过程中,增加抗倒伏能力的同时,应该适当增加株高,株高保持在0.8 m左右为宜。

#### 参考文献:

- [1] 崔章林,盖钧镒,T E Carter Jr,等.中国大豆育成品种及其系谱分析(1923-1995)[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [2] Wilcox, J.R. Sixty years of improvement in publicly developed elite gation and soil water-deficit [J]. *Field Crops Res.* 1991, 27: 71-82.
- [3] 崔世友,喻德跃.大豆产量改良中生物量、收获指数的研究及展望[J]. *大豆科学*, 2006, 25(1): 62-72.
- [4] 赵淑文,马占峰,邹玉梅,等.提高大豆育种效率的探讨[J]. 1993, (2):9-13.
- [5] 盖钧镒,崔章林.我国南方大豆地方品种群体特点和特异种质的发掘与遗传基础研究[J]. *中国农学通报*, 1999, 9(2):61-65.
- [6] H .D .Voldeng , E.R .Cober , D .J. Hume .Fifty-Eight Years of Genetic Improvement of Short-Season Soybean Cultivars in Canada [J].*Crop Science*, 1997, 37:428-431.
- [7] Speht J E, Hume D J, Kumudini S V. Soybean yield potential- a genetic and physiological perspective[J]. *Crop Science*, 1999, 39: 1560-1570.
- [8] Morrison M J. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada [J]. *Agronomy Journal*, 2000, 92:780-784.
- [9] Frederick J R. Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit [J]. *Field Crop Research*, 1991, 27:71-82.
- [10] Saratha K D, David J H, Godfrey C. Genetic improvement in short season soybeans: I. dry matter accumulation partitioning, and leaf area duration[J]. *Crop science*, 2001, 41:391-398.
- [11] 郑洪兵,徐克章,赵洪祥,等.吉林省不同年代大豆品种某些株型性状的演变[J]. *中国油料作物学报*, 2006, 28(3):276-281.
- [12] 王晓慧,徐克章,张治安,等.不同年代大豆品种苗期叶片保护酶活性及膜脂过氧化作用[J]. *中国油料作物学报*, 2006, 28(4): 417-420.
- [13] 张富厚,郑跃进,侯典云,等.大豆荚粒性状对单株产量的效应分析[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(15):3632-3633.
- [14] 范秀凤,吕小明,陈莉莉,等.菜用大豆荚皮性状与产量形成的关系[J]. *大豆科学*, 2004, 23(4):264-267.
- [15] Wallace S.U. Yield and seed growth at various canopy locations in a determinate soybean cultivars[J]. *Agron.J.* 1986, 78:173-178.
- [16] 游明安,邱家训,盖钧镒,等.大豆产量空间(下转第22页)

9.3); 抗大豆灰斑病(病指 9.2)。田间自然诱发鉴定结果: 抗大豆花叶病毒病 (R)、高抗大豆灰斑病 (HR)、高抗大豆褐斑病 (HR)、高抗大豆霜霉病 (HR)、高抗大豆细菌斑点病 (HR)、中抗大豆食心虫。吉密豆 1 号的抗倒伏能力强。在 2003~2004 年播种密度达到 50 万株 /hm<sup>2</sup>, 未发生倒伏现象。

## 5 栽培技术要点

在有效积温 2 580~2 600 ℃·d 以上的地力肥沃平洼地和有水浇条件的平地, 4 月末至 5 月初播种, 采用机械等距点播, 在 60~70 cm 垄播双行, 苗幅宽 12~15 cm, 株距 7~9 cm, 也可以进行 30 cm 小垄, 公顷播量为 65~70 kg, 有效株数为 32~38 万株 /hm<sup>2</sup>, 施肥量比常规大豆多 15%~25%, 遇干旱年在开花期和结荚期各灌水 1 次, 也

可以在开花中后期灌水 1 次。注意防治大豆病虫害和草荒。大面积清种为宜。

适应区域: 吉林省中熟地区, 沿江河冲积平原、地力肥沃的平洼地和有水浇条件的平地种植。水改旱 2~3 年后的地区。

参考文献:

- \*\*\*\*\*
- (上接第 16 页)
- 分布形成原因的探讨[J]. 中国油料, 1995, 17(3):13-16.
- [17] 孙卓韬, 董 钻. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究第二报大豆群体冠层的荚粒分布[J]. 大豆科学, 1986, 5(2):91-102.
- [18] 王 滔, 孙淑燕, 陈存来. 大豆叶-荚关系与产量的研究初报[J]. 大豆科学, 1983, 2(1):67-74.
- [19] 董 钻. 大豆株型育种的若干问题 [J]. 大豆科学, 1988(1):69-74.
- [20] 胡明祥, 李开明, 田佩占, 等. 大豆高产株型育种研究[J]. 吉林农业科学, 1980(3):1-14.
- [21] 董 钻, 张仁双. 大豆特异高产株型材料创新的思路和实践 [J]. 大豆通报, 1998(1):11-12.
- [22] 彭玉华, 朱健超, 杨国保, 等. 大豆叶形分布与四粒荚[J]. 作物学报, 1994, 20(4):501-503.
- [23] 彭玉华, 杨国保, 吴 琳, 等. 大豆叶形垂直分布类型在产量改良中的应用[J]. 1999, 21(1):13-16.
- [24] 王继安, 王金阁. 大豆叶面积垂直分布对产量及农艺性状的影响[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(1):14-19.
- [25] 年 海, 王金陵, 杨庆凯. 大豆脂肪酸与主要农艺性状和品质性状的相关分析[J]. 大豆科学, 1996, 15(3):213-221.
- [26] 李国桢. 黑龙江省大豆品种及其性状的演变[J]. 中国油料, 1986(2):22-25.
- [27] 李星华, 陈宛妹, 等. 夏大豆主要农艺性状基因效应分析[J]. 作物学报, 1991, 17(6):454-460.
- [1] 王振民, 康 波, 邓少华, 等. 大豆新品种吉农 12 选育报告 [J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(1): 1-3.
- [2] 何志鸿. 大豆窄秆密植高产栽培[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 19.
- [3] R.L Cooper, Breeding Dwarf Soybean[J]. Plant Breeding Reviews, Vol3, 289-309.
- [4] R.L Coopeer, Development of short-statured soybean cultivars[J]. Crop Sci. 1981, 21:127-131.
- [28] 王振民, 康 波, 等. 吉林省不同年份主推大豆品种性状演变规律的初步分析[J]. 吉林农业大学学报. 1993, 15(4):92-95.
- [29] 周 蓉, 涂赣英, 沙爱华, 等. 大豆种质的倒伏性调查及其相关农艺性状分析[J]. 大豆科学, 2007, 26(1):41-44.
- [30] 肖世和, 张秀英, 等. 小麦茎秆强度的鉴定方法研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(1):7-11.
- [31] 辛大伟, 陈庆山, 单继勋, 等. 不同大豆品种品质性状的动态积累[J]. 东北农业大学学报, 2006, 37(5):592-595.
- [32] 齐 宁. 东北春大豆推广品种蛋白质脂肪含量变化分析[J]. 大豆科学, 2001, 2(1):45-48.
- [33] James R. Wilcox, James F. Cavins. Backcrossing High Seed Protein to a Soybean Cultivar [J]. Crop Sci, 1995, 35:1036-1041.
- [34] 苗以农. 大豆高产潜力限制因素分析及高产类型设想[J]. 大豆通报, 1994(1):23-24.
- [35] 王金陵. 东北地区大豆株型的演变 [J]. 大豆通报, 1996(1):5-7.
- [36] 董 钻, 董加耕. 东北地区大豆早熟品种生长发育特点和产量形成规律探讨[J]. 大豆科学, 1990, 9(4):265-270.
- [37] 尹田夫. 哈尔滨地区无限结荚习性大豆理想型冠层模式的探讨[J]. 大豆科学, 1983, 1(2):169-176.
- [38] 董 钻, 那桂秋, 等. 大豆叶粒关系的研究[J]. 大豆科学, 1993, 12(1):1-7.
- [39] 金 剑. 美国大豆品种改良过程中生理特性变化的研究进展[J]. 大豆科学, 2003, 22(2):137-141.