

# 中国野生大豆(*G. soja*)研究十年\*

徐 豹

(吉林省农科院大豆研究所)

## 摘 要

大豆起源于中国。中国野生大豆资源约占世界总数的90%。近十年来,我国学者对野生大豆的多学科研究,取得了卓越的成就,很多方面处于世界领先地位,野生大豆研究已进入一个新的历史时期。本文综述了野生大豆的分布与生境、形态发育和生态性状、生理生化性状、品质性状、病虫害抗性、细胞遗传学性状以及杂交利用、大豆起源进化分类方面的研究结果,并提出了今后研究工作的主要任务。

野生大豆(*G. soja sieb. et Zucc.*)是栽培大豆(*G. max*(L.) Merrill)的近缘祖先种,其地理分布仅限于东亚东部,包括中国、朝鲜、日本和苏联远东地区。早在40年代,我国学者丁正麟<sup>[1]</sup>、孙醒东<sup>[2]</sup>、王金陵<sup>[3]</sup>等人就开始观察和研究野生大豆。70年代,王金陵等<sup>[4、5]</sup>对我国南北各地野生大豆做了光照生态型的研究,取得重要成果。1978年,吉林省农科院开展了全省野生大豆考察,获得材料800余份,发现了很多新类型<sup>[6]</sup>,引起大豆界很大反响。1979—1981年,开展了全国性的考察<sup>[7]</sup>,从24个省区获得材料约5000份,约是美国在各国搜集总数(500余份)的9倍,极大地丰富了世界大豆基因库,为我国野生大豆的研究进入新阶段奠定了基础。

我国学者在十年的野生大豆研究中,首先肯定了野生大豆高蛋白和适应性强的明显优势<sup>[7、8]</sup>,用于育种获得了高蛋白直立型的中间材料<sup>[9]</sup>;还基本上理清了地理分布,发现了细胞学<sup>[10]</sup>、生物化学<sup>[11]</sup>的特异材料;并且在理论上划分了全国野生大豆光温生态区<sup>[12]</sup>;通过对野生大豆和栽培大豆多学科同步研究,找到了大豆起源于黄河流域的新论据<sup>[13]</sup>,进一步证明了野生大豆通过多种途径进化为栽培大豆的论点<sup>[14]</sup>,并对Soja亚属大豆的分类提出了多种看法。还在国内外发表了许多重要论文,我国对野生大豆的研究在很多方面处于世界领先地位。以下从八个方面综述我国野生大豆的研究工作。

## 分布与生境

在中国野生大豆分布较广泛,分布范围为北纬24°—53°N,东经97°—135°E;海拔0—2650米。北起黑龙江省塔河县(52°55'N);东至乌苏里江沿岸沿海南下到台湾省北部;西北从黄河沿岸的甘肃省景泰县;西南从四川雅安到西藏的察隅县;南界大约在北纬24°N以北。垂直分布,从海平面到海拔2650米的云南省宁蒗自治县<sup>[7]</sup>。从分布的密集程度看,北方较大,约75%的材料分布在35°N以北。野生大豆的气候限制因素为:年积温(>10℃)小于1700℃或大于7000℃;最高气温月平均温度<19℃;无霜期短于80天;年

\* 国家自然科学基金资助项目

降水量少于350毫米<sup>[15]</sup>。

野生大豆喜温、喜光，适于中性土壤，在轻碱地和海滩地上也有生长。但多生长在河边、湖边和沟渠边。种子耐寒力强，在极端气温低于35℃处能够越冬。

## 形态、发育与生态性状

典型野生大豆为一年生草本，茎细，蔓生，主茎和分枝分化不明显，缠绕性强。株高从十几厘米到6米以上。三出复叶，小叶形状及其大小差别很大，最小的小叶长1.5厘米，宽0.7厘米，大的叶与栽培豆叶近似。花较小，多紫色，无限结荚习性。荚长2厘米左右，每荚种子1—4粒，百粒重1—8克，种子大多为黑色，有泥膜，脐黑、褐色，子叶黄色。主根系长达50厘米<sup>[7]</sup>。各地发现的粒较大（百粒重8—8克或更大）、茎较粗、叶较大的类型，一般称为半野生、半栽培或中间型大豆。

生育期差别很大，出苗到成熟约80—210天，一般从南到北，生育期由长变短。出苗到开花的天数差别更大，约40—150天。生育期主要受制于光周期与温度<sup>[12, 10]</sup>。各地野生大豆在南北各地种植，均表现出原产于低纬度的野生大豆，生育期长<sup>[17, 18]</sup>。

通过在不同光周期和控制温度的条件下分析表明，（1）各地野生大豆均为短日性植物，对短日照要求的程度与材料原产地纬度呈显著负相关。24°—53°N各纬度材料从出苗到开花的天数（FD）（在13.5小时光周期下）与原产地纬度呈指数曲线关系，曲线方程为： $Y = 612.8^x \times 0.8468 + 23$ （Y：FD值，X：纬度），曲线的转折点在35°N左右。（2）以日温/夜温20/20℃为标准，日高温（30/20℃）促进开花，夜低温（20/10℃）延迟开花，大日夜温差（30/10℃）促进高纬度材料（40°N以北）开花，而延迟低纬度材料开花。总的看来，高纬度材料对日高温，夜低温的适应性均强，而低纬度的材料相反，临界区在35—40°N左右。35/25℃高温比30/20℃对绝大部分野生大豆起延迟开花作用<sup>[19]</sup>。（3）同纬度材料的FD值，一般高海拔<低海拔，内陆<沿海。（4）在一定光温条件下，高纬度材料出现“畸形荚”<sup>[20]</sup>，低纬度材料出现“迟结荚”。（5）根据上述结果和292份中国各地野生大豆的发育和形态性状，将中国野生大豆分为7个生态区。加上日本32份，朝鲜14份，苏联5份材料的统一分析，世界野生大豆分为7个区13个亚区。野生大豆属东亚非干旱地区的温带物种。另外，李莹<sup>[21]</sup>分析了山西省野生大豆与生态环境的关系，提出野生大豆的株高、分枝数、主茎节数、株荚数、株粒数、百粒重与原产地纬度及海拔高度呈负相关，而与原产地温度呈高度正相关。山西<sup>[22]</sup>、吉林<sup>[6]</sup>、陕西<sup>[23]</sup>还分别做了本省野生大豆的生态区划。

## 生理生化性状

孙襄等做了全国各地1694份野生大豆种皮过氧化物酶活性测定，全部为高活性的。339份野生大豆种子蛋白胰蛋白酶抑制剂电泳分析T<sub>1</sub><sup>a</sup>频率为80.8%，205份中间型大豆为89.9%，102份栽培大豆为98.8%，并首次在野生大豆中发现T<sub>1</sub><sup>a</sup>基因型<sup>[24]</sup>。根据65份不同进化类型大豆胚轴酯酶同工酶谱频率的分析，中间型大豆有6条谱带（A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>）频率介于野生大豆与栽培大豆之间<sup>[25]</sup>。酸性磷酸酶和苹果酸脱

氢酶有类似表现。孙寰等做了全国各地1653份野生大豆幼根荧光反应测定，88%为强荧光反应。

开花期间测定了来自各地的74份野生大豆功能叶的叶绿素含量，与原产地纬度呈显著正相关<sup>[9]</sup>。野生大豆单位叶片鲜重叶绿素含量高于栽培大豆，而叶绿素a/b比值小于栽培大豆<sup>[20]</sup>。研究了野生大豆叶绿体的光谱及其激子能量转移，发现在低温（77k）时出现三条荧光发射谱带，来源于不同的色素蛋白复合体<sup>[27]</sup>。

开花结荚期间，测定了野生、半野生、栽培大豆（100份）的光合速率，一般表现为：野生<半野生<栽培大豆<sup>[9]</sup>。野生大豆的光饱和点（4万lx）低于栽培大豆（6万lx）。野生大豆在兰绿光下的光合速率相对高于栽培大豆<sup>[20]</sup>。

野生大豆的固氮活性一般低于栽培大豆，一些半野生大豆生育后期的固氮活性明显高于栽培大豆<sup>[9]</sup>，从中国不少地方的野生大豆上分离出快生型根瘤菌。山西、河南、宁夏等省区分布较多，已经初步鉴定出了快生型根瘤菌不同的血清型<sup>[28、29]</sup>。

## 品质性状

全国各地1695份野生大豆的蛋白质平均含量为：46.80±3.18%；128份半野生大豆蛋白质平均含量为44.38±3.10%，1635份栽培大豆蛋白质平均含量42.15±3.19%。高蛋白野生大豆的纬度分布区为30—32°N与43°N以北。最高蛋白质基因型达55.37%<sup>[8]</sup>。127份野生和半野生大豆，82份栽培大豆SDS丙烯酰胺凝胶电泳分析，野生大豆种子蛋白的一些亚基有淌度的变异，特别是β亚基的变异大于栽培大豆<sup>[30]</sup>。徐豹等在野生大豆中发现α'快电泳基因型十多份。分离了半野生大豆和栽培大豆7S组份，发现个别半野生大豆的含硫氨基酸量高达栽培大豆的3倍<sup>[31]</sup>。在野生、半野生、栽培大豆种子中分离出11S、7S、2S三种球蛋白，11S蛋白随进化有增加趋势，而7S相反<sup>[32]</sup>。徐豹等测定了全国各地213份野生和中间型大豆的11S/7S比值，比值与材料原产地纬度呈显著正相关（ $r=0.5689$ ），还发现了比值高达4.40的特异基因型。

分析了41份野生大豆蛋白质的氨基酸组成（g/16gN），谷氨酸含量最高，天门冬氨酸次之，精氨酸、亮氨酸、赖氨酸又次之，其它低于5%。栽培大豆的天门冬氨酸和苯丙氨酸略高于野生大豆，组氨酸和精氨酸略低于野生大豆<sup>[33]</sup>。高蛋白（49%以上）野生大豆含硫氨基酸均低，而变异系数大。含硫氨基酸和蛋白质之间无相关<sup>[34]</sup>。

徐豹等测定了全国各地1598份野生大豆的脂肪平均含量为9.94±1.59%，118份半野生大豆平均为13.65±2.49%，1595份栽培大豆为19.05±1.21%，与蛋白质含量的趋势恰恰相反。全国各地74份野生大豆脂肪酸的组成，亚油酸（18：2）含量为55—56%，亚麻酸（18：3）14—15%，油酸（18：1）12—15%，棕榈酸（16：0）11—12%，硬脂酸（18：0）8—4%。野生大豆的亚麻酸含量高于半野生的，半野生高于栽培的，而油酸含量则相反<sup>[35]</sup>。全国127份野生、中间型、栽培大豆的分析，其中95份野生大豆的亚麻酸含量与百粒重呈显著负相关（ $r=-0.3362^{**}$ ），与原产地纬度呈显著正相关（ $r=0.4181^{**}$ ）。野生大豆原产地纬度还与硬脂酸（ $r=-0.6504^{**}$ ）与棕榈酸（ $r=-0.253^{*}$ ）显著负相关<sup>[36]</sup>。庄炳昌等（1987）发现野生大豆因昼夜温度的升高，亚麻酸含量降低，而棕榈酸含量升高<sup>[37]</sup>。应用<sup>13</sup>C核磁共振仪研究完整野生大豆子粒的脂肪酸组成，获得

成功<sup>[38]</sup>。

## 病 虫 抗 性

野生大豆在自然生境下,未见病毒病(Soja virus)。人工种植时,出现不同程度的病徵。通过鉴定,明确了野生大豆病毒病的毒源与栽培大豆病毒病的毒源SMV相同<sup>[39]</sup>。在田间种植观察的基础上选择300份感病轻的材料做了人工接种鉴定,表现出不同程度的抗性。其中抗性最强的材料尚不及已发现的栽培大豆的高抗材料<sup>[40]</sup>。对孢囊线虫病(Heterodera glycines)在田间做了抗病观察,未发现高抗材料<sup>[40]</sup>。在田间鉴定了对灰斑病(Cercospora sojin)的抗性,发现了一批免疫材料<sup>[41]</sup>。

岳德荣等在各处1500份野生大豆田间抗蚜虫(Aphis glycines)观察的基础上,选择出30份抗性强的材料,在网室、人工气候箱等多种条件下,经三年的人工接种鉴定,获得两份高抗材料。其抗性比栽培大豆中最强的还要高。黑龙江省田间观察野生大豆对食心虫(Grapholitha glycinivorella)的抗性,虫食率低于栽培大豆<sup>[42]</sup>。

## 细胞遗传学性状与杂交利用

全国不同地理来源的132份野生和半野生大豆,做了根尖细胞染色体的核型分析,基本为 $2n=40=32m+6Sm+2Smsat$ ( $m$ 为中部着丝点, $Sm$ 为次中部着丝点, $Smsat$ 为带随体的染色体),首次发现了4条染色体带随体的珍贵种质<sup>[10]</sup>,这对大豆倍性进化的研究具有重要意义。王建波<sup>[43]</sup>对Soja亚属三个种做了比较核型的分析,发现具有一定差异。

孙寰等用64个野生大豆与栽培大豆杂交组合 $F_1$ 的花粉败育,计算出染色体易位频率达83%。许多学者进行了大量野生、半野生和栽培大豆种间杂交和遗传规律的研究<sup>[44-54]</sup>,获得了重要结果,其结论大体为:(1)株高、分枝数、营养生长期长度、粒形指数、粒茎比等农艺性状的遗传适合加性—显性—上位性模型,而主茎粗、生殖生长期长度、生育期、百粒重、单株粒重则不适合上述模型。遗传力以生育期为高,株高、百粒重、粒形指数、单株产量等次之,主茎粗、粒茎比又次之,单株粒数、分枝数最低。(2)蛋白质含量的遗传符合加性—显性—上位性模型,遗传力较高,除与分枝数、生殖生育期长度有明显相关外,与其它性状相关都不大。(3)亲本选择是种间杂种获得成功的关键之一。为了克服野生性状蔓生性,采用含有一对主效矮化基因和少数微效基因的矮大豆做亲本效果显著。采用有限结荚习性亲本,效果也较好。选择百粒重大的亲本,对提高杂种产量有重要作用。为了获得黄种皮后代,在高代选择黄褐色表型进行回交,可显著增加黄种皮表型。用半野生大豆与栽培大豆杂交,容易获得中小粒纳豆材料。(4)高代( $F_3$ )选择性回交可以在很大程度上保持野生大豆高蛋白特性,且对提高百粒重,增加黄种皮基因型频率也很有效,而早代( $F_1$ )随机性回交常常使高蛋白等优良基因型频率大幅度下降。

通过种间杂交,已经获得蛋白质含量高(45—50%)的中间材料,也获得一批中小粒纳豆型品系,有的已投入生产。“野生大豆资源难于用于育种”的观点,已经由实践改

观。

另外，在分子遗传学方面也取得了进展。通过农杆菌 (*Agrobacterium tumefaciens*) 致瘤，从大豆属三个种资源中筛选出致瘤材料，通过组织培养，从瘤组织中得到了脱菌的愈伤组织，经生化检测，部分含有T-DNA，并通过液体培养，建立了T-DNA细胞系，为基因转移打下了基础<sup>[55]</sup>，简玉瑜等<sup>[56]</sup>也获得类似结果。

对野生大豆种子储藏蛋白基因结构进行了研究，并与栽培大豆比较，构建成野生大豆 *G. Soja* SH 和栽培大豆子叶的cDNA库<sup>[57]</sup>。另外，从野生大豆下胚轴愈伤组织获得了幼苗<sup>[58]</sup>等等。

## 大豆的起源进化和分类问题

大豆起源于中国是举世公认的，起源于中国何处则有多种假说。如东北、华北、华中、长江流域以南，多起源中心等<sup>[4, 59, 60]</sup>。通过我国各地野生大豆与栽培大豆的同步比较研究，从生态学、品质化学和种子蛋白电泳分析得出大豆主要起源于我国以35°N为中心的黄河流域中下游地区的同一结论<sup>[13]</sup>。王书恩<sup>[61]</sup>从古籍整理、性状演化等方面，支持起源于黄河流域的论点。根据野生大豆的分布，变异类型的多少，提出了大豆起源于山西省<sup>[21]</sup>、陕西省<sup>[23]</sup>、吉林省<sup>[62]</sup>。根据古籍整理等，提出了起源于河北省<sup>[62]</sup>等等。

关于Soja亚属下大豆的进化与分类，意见不尽一致。多数人认为应分为*G. soja*和*G. max*两个种<sup>[63]</sup>，而Skvovtsov (1943) 提出在上述两个种中还应增设一个中间型种*G. gracilis* Skv，而Hymowitz提出中间型为*G. soja*与*G. max*的天然杂交种。

我国全国性的野生大豆考察，发现了许多前人未报道过的新类型，如白花、线形叶、长花序、有限结荚习性，黄色、绿色、褐色、棕色种皮、青子叶、无泥膜、不同叶形和叶大小、不同粒大小等等<sup>[6, 7, 23]</sup>，特别是一些从来不栽培大豆的地方，也发现了各种性状介于野生大豆与栽培大豆之间的中间类型，且发现这种类型的大片群落。这样，Soja亚属下的进化与分类自然引起大豆学术界的兴趣，进行了多方面的探讨。

1. 农艺性状 早在40年代，王金陵<sup>[3]</sup>指出，种粒大小、开花期、茎粗细最能表示大豆进化的程度。舒世珍等<sup>[64]</sup>比较了30份野生大豆（百粒重平均1.6克），30份半野生大豆（5.4克），30份栽培大豆（15.1克）的主要性状，得到类似结果，即进化程度以产量性状为最大，特别是百粒重。粒大的荚大、叶大，而每株的荚数、粒数以及相应的株高、分枝数则减少。徐豹等<sup>[65]</sup>同步比较研究了同纬度（45°N）野生（百粒重1克左右），半野生（3克左右），半栽培（5克左右），栽培（20克左右）大豆，因野生—半野生—半栽培—栽培而表现连续性变异的性状有：单株开花数、结荚数、粒数；茎长和粗细、分枝的级数和总数，营养生长期和生殖生长期的长度，开花期间（始期到终期）、结荚期间、成熟期间的长度和百粒重。而四种类型的花荚脱落率则均在43—47%之间，收获指数均在55%以上。

2. 光温生态性状 光周期和日夜温度对发育影响的敏感程度均表现：野生型 > 中间型 > 栽培型<sup>[16, 19, 66]</sup>。

3. 生理生化性状 种子蛋白胰蛋白酶抑制 $T_i^a$ 频率，下胚轴酯酶同工酶部分酶谱频率，酸性磷酸酶、苹果酸脱氢酶带频率，均表现野生—半野生—栽培型大豆连续性变异

624、253。超氧歧化酶的活性表现因进化而明显下降<sup>[67]</sup>。在种子萌发过程中，脂肪含量，亚麻酸含量，蛋白组分7S球蛋白的 $\alpha$ 、 $\alpha'$ 亚基的下降速度均为野生>中间>栽培型<sup>[68、69]</sup>。

4. 品质化学性状 徐豹等报道，蛋白质含量，野生>中间>栽培型，脂肪含量恰恰相反。亚麻酸含量为野生>中间>栽培型，而油酸含量则相反<sup>[35]</sup>。

中间型大豆的性状，有的倾向野生大豆，有的倾向栽培大豆，而有的则高于或低于栽培大豆和野生大豆，表现了由野生大豆通过多种途径进化为栽培大豆复杂的广泛可能性<sup>[14、68、70]</sup>。

关于Soja亚属下的分类，近年多以植物学性状的差别为准，提出了一些看法，如辽宁省提出，除G.max外，应分为2个种，1个变种和3个变型<sup>[71]</sup>，吉林省提出除G.max外，应分为2个种和1个变种<sup>[10]</sup>，黑龙江省提出，除G.max外只1个种，而种下分为2个变种、7个变型<sup>[40]</sup>，陕西省提出：G.soja下分为6个变种，1个亚变种，4个变型，6个亚变型<sup>[23]</sup>等等。

## 野生大豆研究展望

近十年来，中国野生大豆的研究取得了巨大的成就。在生物工程展示灿烂前景的年代，掌握基因源的数量及对其研究的深度和广度，将在很大程度上决定新品种创造的主动权，深入研究我国丰富的野生大豆资源，不仅孕育着解决世界性优质蛋白短缺的巨大生产潜力，也是研究解决起源、进化、分类等大豆基础生物学重大问题的一把钥匙，具有重大的科学和社会意义。中国是大豆的故乡，牢牢掌握我们的资源优势 and 我国研究工作领先地位的主动权，使我国成为世界大豆资源研究的中心，建立中国的豆作文化，在短期内对世界大豆科学和大豆生产做出重大贡献，我国生物科学界负有义不容辞的义务。

为了加速研究进程，我们需要统一思路，统一材料，开展多学科多单位的有机协作，并尽量采用现代生物科学技术<sup>[72]</sup>，应该做好以下工作：

1. 植物学性状研究。包括不同进化型代表性材料的形态、生态、生理性状的多点合作研究。
2. 野生大豆种群生态学的研究。
3. 重要经济性状的鉴定。包括品质分析、病虫害抗性和逆境适应性。
4. 种间杂交遗传研究。包括常轨研究和分子遗传学的研究。
5. 大豆起源进化分类问题的研究。包括补充考察，历史文献、资料的系统整理，不同进化型的同工酶，限制性内切酶多态性(RFP)的比较分析以及基因结构和基因演化的研究。

## 参 考 文 献

- (1) 丁正麟：野生大豆与栽培豆遗传之研究。《中华农学会通讯》，1945，50期。
- (2) 孙醒东：《大豆》，科学出版社，1955，P61。
- (3) 王金陵：大豆性状之演化。《农报》，1945，20(5)，6—11。
- (4) 王金陵等：中国南北地区野生大豆光照生态类型的分析。《遗传学通讯》，1973，3，1—8。

- [5] 邵启全: 中国野生大豆光周期生态类型分析, 《作物学报》, 1980, 6(1), 45—50.
- [6] 郑惠玉等: 吉林省野生大豆资源研究初报, 《中国农业科学》, 1980, 4, 26—32.
- [7] 全国野生大豆考察组: 中国野生大豆资源考察报告, 《中国农业科学》, 1983, 6, 69—76.
- [8] 徐豹等: 中国大豆的蛋白资源, 《大豆科学》, 1985, 3(4), 327—331.
- [9] 徐豹等: 中国野生大豆若干性状和问题的研究, 《第三次全国大豆科学讨论会论文》, 1986.
- [10] 郑惠玉: 带有四个随体的四倍体野生大豆, 《吉林农业科学》, 1984, 4, 34—37.
- [11] 徐豹等: 中国野生大豆种子蛋白的电泳分析, 《世界第三次大豆学术会论文摘要》, 1984, P86.
- [12] 徐豹等: 中国野生大豆生态类型的研究, 《中国农业科学》, 1987, 20(5), 29—35.
- [13] 徐豹等: 大豆起源地的三个新论据, 《大豆科学》, 1986, 5(2), 123—130.
- [14] 徐豹等: Soja亚属大豆种间性状进化的研究, 《全国植物学会55周年学术会论文》, 1983, P205.
- [15] 徐豹等: 中国野生大豆和栽培大豆的生态型与区划, 《世界第四次大豆学术会论文》, 1986.
- [16] 徐豹等: 中国不同纬度野生大豆的光温生态分析, 《大豆科学》, 1983, 2(3), 155—168.
- [17] 李福山等: 中国野生大豆生育期观察研究, 《作物品种资源》, 1985, 1, 25—27.
- [18] 徐树传等: 野生大豆光温及反应观察研究, 《福建农业科学》, 1985, 5, 19—20.
- [19] 庄炳昌等: 中国不同纬度不同进化类型大豆对昼夜温度的反应, 《大豆科学》, 1986, 5(4), 269—298.
- [20] 路琴华等: 野生大豆扁形荚研究, 《吉林农业科学》, 1985, 2, 30—31.
- [21] 李莹等: 野生大豆和生态环境关系的研究, 《中美第二次大豆科学讨论会论文》, 1984, 213—215.
- [22] 李莹等: 山西省野生大豆的生态分析, 《山西农业科学》, 1981, 7, 5—9.
- [23] 李文科等: 陕西省野生大豆资源和生态特性研究, 《作物品种资源》, 1986, 2, 20—22.
- [24] 徐豹等: 中国野生大豆种子蛋白的电泳分析: Ti和SP1各等位基因频率地理分布与大豆起源地问题, 《大豆科学》, 1985, 4(1), 1—6.
- [25] 邹淑华等: 不同进化类型大豆酯酶同工酶的电泳分析, 《植物学通报》, 1985, 3(6), 18—20.
- [26] 杨文杰等: 野生大豆和栽培大豆光合作用特性的比较研究, 《大豆科学》, 1983, 2(12), 83—92.
- [27] 唐树延等: 野生大豆叶绿体的光谱及其量子能量转移, 《植物生理学报》, 1983, 13(3), 221—228.
- [28] 徐玲玫等: 快生型大豆根瘤菌的理化特性和共生效应, 《大豆科学》, 1984, 3(2), 101—109.
- [29] 葛诚等: 快生型大豆根瘤菌结瘤竞争的研究及其在田间自然分布调查, 《大豆科学》, 1986, 5(4), 327—333.
- [30] 胡志昂等: 栽培大豆和野生大豆种子蛋白的变异, 《大豆科学》, 1986, 5(3), 205—210.
- [31] 陈建南等: 半野生大豆7S储藏蛋白的提取及某些特性的研究, 《大豆科学》, 1985, 4(1), 37—42.
- [32] 雷勃钧等: 大豆及某些野生类型大豆球蛋白构成的比较, 《大豆科学》, 1984, 3(1), 36—40.
- [33] 李福山等: 栽培野生半野生大豆蛋白质含量及氨基酸组成的初步分析, 《大豆科学》, 1986, 1, 65—72.
- [34] 杨光宇等: 野生大豆氨基酸组成的初步分析研究, 《大豆科学》, 1986, 5(2), 175—180.
- [35] 庄无忌等: 栽培野生半野生大豆脂肪组成的初步分析研究, 《大豆科学》, 1984, 3(8), 223—23.
- [36] 徐豹等: 野生大豆脂肪组成的初步研究, 《吉林农业科学》, 1984, 2, 93.
- [37] 庄炳昌等: 昼夜温度对野生大豆和栽培大豆脂肪组成的影响, 《大豆科学》, 1987, 6(2), 117—121.
- [38] 关剑秋等: 应用 $^{13}\text{C}$ 核磁共振研究完整野生大豆种子脂肪组成, 《大豆科学》, 1986, 5(3), 197—203.
- [39] 谢淑仪等: 吉林省栽培和野生大豆病毒的毒源种类及野生资源抗病鉴定, 《吉林农业科学》, 1982, 1, 61—69.
- [40] 王连铮等: 黑龙江省野生大豆考察和研究, 《植物研究》, 1983, 3(3), 116—130.

- [41] 姚振纯: 野生大豆田间感染大豆灰斑病简报, 《大豆科学》, 1986, 5(4), 349—350.
- [42] 王连铮: 野生大豆研究, 《世界第三次大豆学术会论文集摘要》, P30.
- [43] 王建波等: 我国大豆属三个种的核型研究, 《中国油料》, 1986, 4, 27—30.
- [44] 常汝镇: 大豆几种农艺性状的遗传与相关研究, 《作物学报》, 1980, 2, 111—118.
- [45] 郑惠玉: 野生大豆杂交利用获得初步结果, 《全国第三次大豆科学讨论会论文》, 1985.
- [46] 盖钧铭: 大豆栽培种和野生种回交计划的四个世代中一些农艺性状的遗传变异, 《遗传学报》, 1982, 9(1), 44—56.
- [47] 李莹: 大豆种间杂交性状遗传变异, 《华北农学报》, 1, 10—17.
- [48] 王金陵: 回交对克服栽培大豆与野生和半野生大豆杂交后代蔓生性倒伏性的效应, 《大豆科学》, 1986, 5(3), 181—187.
- [49] 王金陵: 野生和半野生大豆蛋白质含量和性状相关的通径分析, 《东北农学院学报》, 1986, 1, 1—5.
- [50] 李文滨等: 大豆品种间和种间杂种后代农艺性状遗传的比较研究, 《大豆科学》, 1986, 5(4), 265—276.
- [51] 李文滨: 大豆种间三种组合一些农艺性状的比较, 《大豆遗传学通讯》, 1986, 13, 59—61.
- [52] 李文滨: 大豆种间杂种群体改良的研究, 《博士毕业论文》, 1988.
- [53] 张国栋: 大豆种间杂交数种农艺性状的遗传及利用研究, 《研究生毕业论文》, 1986.
- [54] 吴岗凡: 栽培大豆与野生大豆杂交问题的探讨, 《中国油料》, 1988, 2, 4—7.
- [55] 王连铮: 对1533个野生半野生栽培大豆基因型致瘤及基因转移研究, 《大豆科学》, 1983, 2, (3), 194—199.
- [56] 简玉瑜等: 吉林省野生大豆对根瘤农杆菌致瘤反应及T-DNA转移的研究, 《遗传学报》, 1985, 12(2).
- [57] 薛中天等: 野生大豆(G. soja SH1)球蛋白glycinin Gy<sup>4</sup>基因家属的两种表达拷贝, 《中国科学》, 1987, 8, 832—839.
- [58] 蒋兴屯等: 野生大豆下胚轴愈伤组织获得幼苗, 《大豆科学》, 1983.
- [59] 吕世霖: 关于我国栽培大豆的原产地问题的探讨, 《中国农业科学》, 1978, 4, 98—94.
- [60] 王连铮: 大豆的起源演化和传播, 《大豆科学》, 1985, 3(4), 327—331.
- [61] 王书恩: 中国栽培大豆的起源及其演变的初步探讨, 《吉林农业科学》, 1986, 1, 76—79.
- [62] 李福山: 我国栽培大豆最早栽培地区探讨, 《作物品种资源》, 1987, 1, 3—4.
- [63] 王金陵: 大豆的分类问题, 《植物分类学报》, 1970, 14(1), 22—29.
- [64] 舒世珍等: 大豆主要性状演化的初步研究, 《作物学报》, 1986, 12(4), 255—259.
- [65] 徐豹等: 不同进化类型大豆花荚形成和脱落的比较研究, 《大豆科学》, 1988, 7(2), 103—112.
- [66] 徐豹等: 野生大豆和栽培大豆光周期效应的比较研究, 《大豆科学》, 1988, 7(4), 269—275.
- [67] 徐豹等: 不同进化型大豆种子超氧化歧化酶的比较研究, 《中国植物学会55周年年会论文摘要》, 1988, P. 185.
- [68] 庄炳昌等: 不同进化类型大豆在萌发过程中脂肪酸代谢的研究, 《吉林农业科学》, 1986, 4, 68—71.
- [69] 庄炳昌等: 萌发过程中不同类型大豆种子储藏蛋白的电泳分析, 《大豆科学》, 1987, 6(3), 209—211.
- [70] 李福山: 关于大豆进化过程的探讨, 《作物杂志》, 1986, 4, 5—8.
- [71] 吴岗凡等: 辽宁省野生大豆的整理和分类, 《大豆科学》, 1985, 4(3), 235—238.
- [72] 徐豹等: 开发我国野生大豆资源, 《科学报》, 1988, 1, 28 第2版.

其它参考文献10篇, 从略.