

世界大豆研究进展与动向*

崔章林 盖钧镒

(南京农业大学大豆研究所,南京 210095)

1994年2月20日—26日在泰国 Chiang Mai 市举行了第五届世界大豆研究会议。来自40多个国家和地区的千余名大豆科学家交流了最近5年大豆科学研究领域各个方面现状、重要进展并探讨了发展前景。本次会议共设有7个专题:遗传改良、生物技术、作物保护、加工利用、应用技术、栽培生理和热带大豆。会议安排口头报告论文188篇,墙展论文208篇,另有4篇特邀专题报告,共400篇。本文主要根据会议报告及摘要综述世界大豆研究进展与动向。

一、世界大豆生产和区域合作与发展

过去的10年中,世界大豆总产量增加了32.6%,单位面积产量增加了13.2%。大豆总产提高是由于播种面积的扩大和单位面积产量的提高,主要是前者。单位面积产量的提高可归因于1)种质资源的搜集、交流与利用;2)高产、抗病虫、抗倒伏、优质大豆新品种选育;3)栽培管理措施;4)防治病虫害;5)灌溉;6)化肥施用等。

近5年来,热带、亚热带国家对发展大豆生产倾注了巨大的热情与努力。在FAO的组织下,1990年拉丁美洲建立了大豆协作网,1991年非洲建立了大豆协作网,1992年亚洲也建立了大豆协作网。全球热带大豆协作网秘书处使这三个由大豆科学研究与推广专家组成的区域协作网一体化,50多个热带亚热带国家将受益于该组织的工作。另外,世界上还有许多组织如美国大豆协会(ASA)、国际大豆计划(INTSOY)、南美农业技术开发协作计划(PROCISUR)、亚洲蔬菜研究与发展中心(AVRDC)、国际热带农业研究所(IITA)等也致力于促进大豆科学研究、推广与生产。

印度、巴西、阿根廷、墨西哥正积极开辟新的大豆生产地区。这些国家大豆生产的快速增长主要是由于种植面积的不断扩大,并重点开发低纬度热带地区大豆生产。为开发新的大豆生产区,配套生产技术主要包括选育长青春期(long juvenile)大豆品种;筛选适应于酸性土壤环境的固氮菌生理小种;确定适宜的播种期和收获期;施肥和土壤管理措施以增加生产率减少旱季影响;与其它作物轮作减轻病虫害影响等等。在巴西,热带地区大豆产

* 本文于1994年11月4日收到。

This paper was received on Nov. 4, 1994

量已占全国大豆总产量的50%。巴西在发展热带大豆生产方面作了有益的尝试,其研究成果可以为其他类似的国家(如我国南部)借鉴。泰国、印度、阿根廷、印度尼西亚、巴基斯坦等国研究开发适宜的大豆生产技术,尤其低投入高效生产技术向农民推广。在过去5年中西部非洲的加纳、科特迪瓦、尼日利亚等国在强有力的全国大豆研究计划支持下,大豆生产与利用迅速发展。印度大力发展大豆食品加工业,甚至家庭豆制品加工,以此来刺激大豆生产,推广大豆品种与推广加工技术和加工设备同步进行。

二、遗传改良

(一)遗传资源研究

世界上保持一年生大豆种质资源最多的国家是中国其次是美国;保持多年生野生大豆种质资源最多的是澳大利亚和美国。迄今已经报道的多年野生种有15个。

我国已编入国家目录并送入国家库长期保存的栽培大豆资源有17767份,野生大豆资源5000份。近期还将有5000份栽培大豆资源,1000份野生大豆资源编目入库。从中筛选出蛋白质含量50%以上的材料170份,油脂含量23%以上的材料38份,豆腐产量高、品质好的大豆资源若干;鉴定出大量抗大豆花叶病毒(SMV)、孢囊线虫(SCN)、灰斑病、食心虫、蚜虫、豆秆黑潜蝇的大豆资源,还筛选出一些耐旱性、耐盐性强的材料;发现了一些具有特异遗传性状的材料,如雄性不育材料、长花序材料、芽黄材料等。进一步对所获优异基因资源进行遗传基础研究和种质改良研究。

国际上大豆资源研究与利用有以下几个主要方面。(1)直接引种栽培。一些新近发展大豆生产的国家尚未建立起自己的育种体系,一般直接从国外引入大豆品种,经过产量、适应性试验,将表现较好的材料用于生产。(2)抗性基因资源鉴定。在美洲国家继续进行抗疫霉根腐病、SCN、灰斑病、褐色茎腐病、SMV、叶食性害虫(墨西哥豆甲、蛴螬、造桥虫)等抗性基因资源筛选。美洲、亚洲和非洲的热带、亚热带国家重视大豆锈病、细菌性斑点病、叶食性害虫、豆秆黑潜蝇的抗源筛选,但迄今未能发现对锈病高抗和免疫的种质。(3)耐旱性资源筛选。(4)长青春期资源鉴定。大豆不断在热带地区发展,长青春期大豆作为一种理想的类型可在短日照条件下具有较长的营养生长期,从而可获较高产量。

(二)大豆育种研究

1. 产量

高产仍是世界各国大豆育种的核心目标,高产记录不断被打破。美国Ohio州Cooper自70年代以来一直坚持探索大豆高产理想型,80年代提出半矮秆、亚有限结荚习性类型大豆的育种方向,目前已经取得举世瞩目的成就,选育出株高小于75cm、产量超过400kg/亩的品种,最高产量达530kg/亩。

美国Hartwig致力于高产、高蛋白质含量大豆品种选育技术研究,提出于 F_2 代进行单株蛋白质含量鉴定与选择,高世代(F_4, F_5)进行农艺性状选择, F_5 进行有重复的品系产量鉴定的育种方法,取得满意效果。此结果与盖钧镒等的结果一致,因此,采用这种育种方法可同时改良蛋白质含量和产量。

2. 品质

大豆品质育种主攻方向依然是蛋白质和油脂的含量和质量。

油脂品质的育种主要集中在减少脂肪氧化酶和亚麻酸上。低亚麻酸含量的育种已有明显进展。目前已获得亚麻酸含量低于 3% 的材料,今后将可能有低亚麻酸含量的大豆品种问世。大豆种子含有三种脂肪氧化酶同功酶 L-1, L-2 和 L-3。它们决定了豆腥味的产生,豆腥味妨碍了大豆制品更广泛的利用。遗传研究证实种子缺失 L-1, L-2 和 L-3 分别受单隐性基因 (lx_1, lx_2, lx_3) 控制, Lx_1Lx_1 与 Lx_2Lx_2 连锁,并与 lx_3lx_3 相独立。由于 Lx_1Lx_1 与 Lx_2Lx_2 紧密连,因而获得缺失所有的同功酶的三突变体难度甚大。日本学者 Makita Hajika 等用 γ 射线诱发大豆种子缺失所有脂肪氧化酶获得成功。缺失所有脂肪氧化酶的大豆单株没有显示任何生理异常。Kitamura 的报告说双缺失和三缺失突变体均已获得,无任何生理异常。巴西国立 Vicosa 大学设立了为降低并最终消除脂肪氧化酶的育种计划,1991 年以来,已选育出一批脂肪氧化酶 2 和 3 缺失的品系,并指出缺失脂肪氧化酶 2 和 3,对重要农艺性状无明显影响。

美国和日本已经选育出无 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂的优良品系,即将应用于大豆生产。Kollipara 等筛选得到 Bowman-Birk 胰蛋白酶抑制剂含量低的材料,认为该性状属数量遗传,品种之间变异丰富。丁安林等用无 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂品系与脂肪氧化酶 2 缺失材料进行杂交,从后代中获得新型大豆材料 ($titilx_2lx_2$),即无 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂又缺失脂肪氧化酶 2。意大利的 Bittolo 等提出使用快速、经济的 Spectrophotometric micro-assay 方法代替系统的 Isoelectrofocusing analysis 方法进行无 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂品系的选择,可用于育种实践。

3. 抗病虫性

SCN、SMV、大豆锈病、大豆灰斑病和细菌性斑点病是国际性的主要病害。大豆遗传育种学家与病理学家密切合作,研究病原生理小种或株系的分化与鉴定技术,筛选抗性资源,揭示抗病性遗传,为抗病育种提供资源和依据。目前除大豆锈病以外的主要病害均获有效抗源,如 PI437654 和 Hartwig 能抗全部已知 SCN 小种,PI486355 对全部已鉴定出的 SMV 株系均免疫,科丰一号抗大部分已鉴定出的 SMV 株系。鉴于一年生大豆中缺乏锈病的高抗抗源,澳大利亚科学家在多年生野生大豆中找到了小种专化抗性和非专化抗性的材料,通过种间杂交(多年生野生种与 *G. max*),可获较高水平的抗锈性,这将是可能大豆抗锈育种的一个重要途径。AVRDC 最近正在将 *G. max* \times *G. tomentella* 的可育后代与 *G. max* 回交,并鉴定后代的抗锈能力,期望能从中选到可用于抗锈育种的材料。突然死亡综合症(SDS)是 80 年代初期在美国中部发现的一种病害。由于一直没有能成功地分离鉴定出病原物,因而便根据其症状取名而沿用至今。最近 Hartman 等从病组织中分离出真菌 *Fusarium solani*。通过温室接种验证,确认 *F. solani* 是 SDS 致病真菌。从不同地理来源的病组织获得多个 *F. solani* 的分离物,这些分离物均有致病性,但致病能力有差异。应用分子技术对这些分离物遗传变异性进行了鉴定。Hartman 等还研究了大豆品系对 *F. solani* 抗性的差异及 *F. solani* 的寄主范围。Ivancovich 等的报道,1992—1993 年在阿根廷 Buenos Aires 省北部发现 SDS,经鉴定病原菌为 *F. solani*。Wrather 等的结果,早播、免耕大豆田 SDS 发生重;迟播、翻耕大豆田 SDS 发生轻;品种间抗性有差异,品种 Hartwig 抗性高于 Rhodes。

大豆抗虫性的研究,在国外主要为抗叶食性害虫,包括豇豆夜蛾,大豆尺蠖,墨西哥豆甲,绿三叶草螟,玉米穗螟(棉铃虫)等。迄今世界上主要抗源为60年代筛选得到的PI171451、PI227687、PI229358。Taleker 报告指出 PI171444、PI171451、PI227687、PI229358 在台湾表现抗多种叶食性害虫和蜡蛾,PI227687 在台湾表现抗豆荚螟。抗性的性质主要为抗性,表现为幼虫及蛹滞育、发育不良以至死亡,并降低生殖率。美国利用这些抗源选育抗性品种已见成效,首批广谱性抗叶食性害虫大豆新品种,如Crockett、Lamar等已于80年代末推广应用。南京农业大学从1983年起鉴定大豆地方品种对大豆叶食性害虫的抗性,认为我国大量的地方品种中存在抗性优于原产日本的3个抗源的材料。抗豆秆黑潜蝇的研究目前世界上主要单位有2个,即台湾AVRDC和南京农业大学大豆研究所,AVRDC起步早但只做到抗蝇资源筛选及抗性机制,南京农业大学大豆研究所提出的抗性鉴定方法、获得的多份抗源、抗性遗传的结果已超过AVRDC,并且结合抗蝇育种,已经选育出抗蝇性接近于目前最佳抗源、农艺性状获得改良的大豆新品系南农87-23、南农88-29等。印度Rahman等从1662份大豆资源中鉴定出9份抗性材料。

4. 广适应性

大豆品种的适应区域和适应播种期一般较窄,这与其对光周期和温度反应敏感程度有关。“长青春期”性状是提高品种适应性的理想性状之一。其特点是在短日照下有较长的从播种到开花的时间,而且在光周期超过16小时还能开花、成熟。Shipe等选育出具有长青春期性状的优良大豆品系。1992-1993年在美国南部试验结果,这些品系在提早播种条件下比常规品种表现高产,并具有相当宽广的适宜播种期。阿根廷、巴西、印度等国开展了此类研究,期望长青春期性状有助于大豆向热带、亚热带地区推广。

5. 大豆雄性不育研究在我国获得重要进展

美国迄今已经发现了6个雄性核不育基因(ms1-ms6)。其中ms1、ms2已广泛用于大豆育种研究,如群体合成和轮回选择、花粉传播和结实率研究、创造近等基因系、及选育新品种。我国学者孙寰等报道了来源于栽培大豆(*G. max*)与野生大豆(*G. soja*)杂交组合的质核互作雄性不育材料,不育度达100%,同时得到同型保持系,但未发现恢复系。我国学者彭玉华等报道,中油89B携带有来源于ZD8319的一个细胞质雄性不育基因。当该细胞质基因与某显性细胞核雄性不育基因结合于一体时,便表现雄性不育。该现象也在南京农业大学大豆研究所、安徽省阜阳地区农科所等单位被发现和研究。目前正加紧作各方面的鉴定,以揭示其遗传规律,探索利用途径。这些研究进展引起与会者关注。尽管这些材料离杂交大豆相去甚远,但由此可能导致产生诸如我国杂交水稻那样的学科领域。

三、生物技术

1. 大豆基因组计划

植物基因组研究是技术先进国家的重点研究领域。美国设有规模巨大的植物基因组计划。为此出版不定期通讯,名为“Probe”,专门介绍美国农业部植物基因组研究计划的动态及其它方面的消息。该计划首先组建饱和的植物基因组遗传图谱,在此基础上对克隆基因片断进行序列分析。还建立了庞大的植物基因组数据库。大豆基因组研究作为其中的一部分,已取得明显进展。目前大豆遗传图已包含500多个标记和近3000个遗传距离单

位(cM),分布于全部20个连锁群上。该遗传图既包括cDNA, random genomic和RAPD标记,也包括传统的孟德尔基因和同功酶标记。大豆遗传图已用来鉴定一些数量性状位点(QLT),如种子蛋白质含量、油脂含量、铁利用效率(iron efficiency)和种皮硬实等。美国正在进行大规模的实验,准确确定与种子蛋白质含量、油脂含量有关的染色体区段,及控制各脂肪酸含量的染色体区段。同时,利用大豆遗传图中的分子标记,一些质量性状也被鉴定出来。

2. 外源(DNA)直接导入受体研究

张国栋报道了将玉米DNA用注射方法导入大豆幼荚。在处理的大豆后代中发生了农艺性状的变异,如成熟期、种子蛋白质含量、株高、结荚习性、茎粗、倒伏性、单株分枝数、单株荚数、单株粒数和百粒重的变异。Wang Peiwu等报道了将豌豆DNA通过大豆自花授粉形成的花粉管通道导入大豆受体长农4号。D₁无明显变异;D₂的一个株行明显异于受体长农4号的植株形态、茸毛色、种脐色、生育期、主茎节数、化学成份和产量构成。SOD同功酶分析结果表明D₂变异体中存在原授体的两个带谱。从后代中选得高产、优质品系。许守民、苗以农等将花生DNA导入受体大豆,发现D₃种子蛋白质含量明显高于其原始受体,贮存蛋白电泳带上出现花生蛋白特征,氨基酸含量也发生了变化。

3. 分子技术应用

PCR和RAPD作为一种新的分子指纹技术已用于品种遗传多样性鉴定、大豆近缘物种的分类研究、分子标记与植株性状(疫霉根腐病抗性、成熟期、花色、百粒重、种皮色、种脐色、生长习性和叶形等)的连锁遗传研究、标记大豆对*Cercospora sojina* Hara抗性基因、鉴定根瘤菌,这种分子标记可用于育种中农艺性状的间接选择。

4. 组织培养技术

胚培养技术已经走向成熟。法国Roumet等提出在作物育种中用未成熟的胚培养成苗以缩短大豆生活周期的技术。方法是:从21天的幼荚中取出胚组织,培养4天便可发芽,发芽率可高达100%,成率株可达73%,大豆生活周期可缩短到65—70天。

四、植物保护

热带大豆生产中虫害是一大限制因素。Kogan认为害虫综合治理是实现高效持续大豆生产的唯一途径。在建立害虫综合治理体系,发展热带大豆生产时,须考虑三个要素:科技要素,农业生态要素和社会经济要素。由此提出南美和东南亚地区大豆害虫综合治理体系。

在过去的20年中,大豆造桥虫已成为美国南部最具危害性的害虫,它对常规杀虫剂的抗药性不断提高。多种杀虫剂同时使用也无济于事,迫使人们改变治虫策略。Pitre提出监测大豆造桥虫和通过栽培措施、化学防治、生物防治措施综合治理大豆造桥虫的方法和策略。

Napompeth调查了泰国大豆害虫及其天敌,分析了大豆害虫生物防治的潜力,指出某些天敌具有很大潜力,可在害虫综合治理中加以利用。

据Mochida报告,日本大豆受到245种昆虫、12种线虫、5种螨类危害。日本北部主要害虫有食心虫、蚜虫和豆秆蝇;中部主要害虫有蝽蟊、豆荚螟、豆荚瘿蚊和烟青虫;南部主

要害虫为蚜虫、烟青虫。截止1993年9月,针对22种大豆害虫、1种大豆线虫、1种螨类,日本有55种杀虫剂、3种杀螨剂和3种杀线虫剂已经注册。在日本南部,如果不施用杀虫剂,则常颗粒无收。根据不同地区害虫情况,已提出相应的综合防治策略。

巴西学者Yorinori认为病害综合治理(IDM)是提高和稳定大豆产量的要素。提出包括轮作制度、遗传抗性、土壤治理、杀菌剂施用及调节播种期等的综合治理策略。

五、加工利用

1. 食用油提取及其精加工

日本油脂加工向大型化、综合性生产方向发展,采用先进的浸出工艺,浸出率在90—99%。豆油主要作为直接食用和食油的再制品,如人造黄油、色拉油、起酥油及烹调油、调味汁油、咖喱油等。浸出工艺的副产品豆粕一般只能作饲料加工。印度改良传统榨油工艺,出油率由65%提高到73%,同时豆粕可用于人类食品的加工。泰国研制出从大豆油中提炼卵磷脂的工艺。

2. 脱脂豆粉或全脂豆粉的利用

脱脂豆粉食品加工利用是印度大豆利用的重要课题,不仅研制出各种各样的副食品及传统谷类食品代用品,或与谷物混合加工消闲食品,而且研制出不同规模的加工技术和设备向大豆产区推广,尤其是适于家庭水平上的加工的技术和设备很受欢迎,这有力地促进了印度的大豆生产。

3. 发酵食品加工

大豆“丹贝”(Tempe)是一种新的高蛋白发酵食品,正受到普遍注视。其生产工艺流程包括将大豆经过浸泡、磨碎、蒸煮、接种霉菌(*Rhizopus oligosporus*)、酝酿、调味、干燥、包装等。目前主要研究集中在工艺改良、营养价值分析等方面。除了用全豆作为原料外,泰国正研究用豆腐渣生产“丹贝”,制成品为干燥的粉状物。西非的Nigeria研制出另一种大豆发酵食品“dawadawa”。

4. 豆奶加工

美国Tuitemwong等提出一种快速水合热浴蒸煮(RHRC)方法加工豆奶、豆酸奶和冷冻豆酸奶。在132℃下生产无菌豆奶最短只需29秒。大豆酸奶的加工过程是预先将固体配料与热水和油在混合器中充分混合,再将混合物注入豆奶加工设备。

新加坡Zhao等从乳酸菌的7个株系中筛选到*Streptococcus thermophilus* ATCC14485在豆奶中生长良好,乳酸产率高,37℃条件下经8小时酝酿,pH值从6.7下降至4.5。用此菌株生产的酸豆奶清心,可口。泰国Lee-wit等提出在腐竹加工的副产品豆浆中加入10%的糖、15%的草莓和0.8%的乳酸制成豆酸奶的方法,制成品被普遍接受。美国Tanteeratararm等认为,为改善豆奶口味和蛋白质消化,在豆奶加工中应使脂肪氧化酶和胰蛋白酶抑制剂失去活性,还应降低肠胃气胀因子(棉子糖和水苏糖)和收敛作用。Tanteeratararm等提出加工无豆腥味豆奶的方法,首先将大豆放在碳酸氢钠水溶液中使脂肪氧化酶及其它有关豆腥味的化合物失去活性,然后磨成浆、过漏、消毒、均浆、冷却和包装。这种豆奶口感温和、无异味。

日本正在研究将大豆先经发酵,再加工成豆奶,以增强其营养价值。尼日利亚Omueti

等研制出用大豆和玉米为原料加工豆奶的方法,该方法将大豆和玉米按 1:3 比例混合加工,可获较高的豆奶产量,这项技术适于家庭制作豆奶。台湾 Tsai 等研究发现在豆腐或豆奶加工中,大豆丹宁含量与蛋白质回收率(protein recovery)负相关($r = -0.81$)。

六、栽培生理

主要研究集中在光合作用、氮素固定、植株个体发育、种子生长、抗旱性等方面。在过去的 20 年中尽管新老品种在许多性状的生理表现上未发现有很大变化,但大豆品种在适应特殊环境带的过程中,植株个体发育操纵已发生相当大的变化。很多生理性状都可通过育种手段进行改良,在热带利用长青春期基因,可以对大豆个体发育的适应性进行改良。大豆固氮能力增强和耐旱性的改善将是未来大豆预料中的生理变化。从生理学观点去考察大豆冠层光合作用,氮素的固定、吸收、同化、分配,干物质向籽粒的分配及个体发育进程的时期等生理因素,在优化它们之间的关系时,大豆产量将会继续提高。增加氮素固定的途径有:1)选择适宜的品种、生长季节、农业措施和肥料;2)减少根际土壤硝酸盐的含量;3)优化根瘤菌的数量和固氮效率;4)通过育种方法改变大豆对根瘤菌的依赖或降低大豆结瘤和氮固定对土壤硝酸盐的敏感性。