

## 美国大豆育种的进展和动向\*\*\*

盖 钧 鎰

(南京农学院大豆遗传育种研究室)

## 摘 要

本文综述美国大豆生产的发展、育种进展、大豆育种进展有关因素的分析以及有潜力的育种动向。

## 一、大豆生产的发展

## A. 世界大豆生产

大豆原产于中国。在纪元前就已传布至邻国及东亚,直至18世纪才开始在欧洲种植,19世纪才引入美国。历史上中国的大豆生产一直居世界首位,至1953年美国取而代之,由此美国的大豆生产一直领先。这可能与中国强调自给而美国强调世界贸易的政策有关。近10年来巴西迅速扩展大豆生产,现居世界第二位。最近阿根廷也显示出其发展大豆生产的潜力(表1)。

表 1

世界大豆生产<sup>a</sup>

国家	1935—1939		1975—1976		1978—1979		1979—1980	
	面积 <sup>b</sup>	总产量 <sup>c</sup>	面积	总产量	面积	总产量	面积	总产量
美 国	1232	1.5	21683	42113	25634	50898	28543	61715
阿 根 廷	—	—	434	695	1700	3800	2000	4200
巴 西	—	—	6290	10810	8035	10200	8500	14500
中 国	8675	9782	9141	10062	9225	10545	9225	10545
世界总计			41247	67934	48940	80165	53088	96532

a 摘自“Soybean Blue Book”(1955, 1980)。b 面积以1000公顷为单位。c 总产量以1000吨为单位。

由于大豆能够利用空气中的游离氮素,加上其油分与蛋白质含量丰富,曾被称为“神奇”作物。表2指出了大豆在世界食用植物油生产中的重要地位。1979—1980年44%世界食用植物油来自大豆。更为重要的,豆粕(豆粉)在人类直接或间接的蛋白质营养中起着愈益重要的作用。表3说明美国70%干蛋白质生产来自豆粕(豆粉)。

\* 本文为作者于1980.1—1982.8在美国衣阿华州立大学访问期间所做的调查研究和文献综述报告的中译本。作者谨向帮助安排整个访问计划的W. R. Fehs,热情给予接待和交流的Hartwig, Bernard, Hadley, Caviness, Lambert, Gritton, Boerma, Dunphy, Burton, Kenworthy, Cregan, Walker, Cooper和Wilcox等大豆育种家表示谢意。这项工作还得到衣阿华州大豆促进委员会,衣阿华州大豆协会,衣阿华州立大学世界食物研究所,以及衣阿华州立大学农艺系的资助,谨此致谢。

\*\* 本文将分三期刊出。

表 2

世界食用植物油生产<sup>a</sup>

(单位: 1000 吨)

作物	1935—1939 (平均)	1960	1971	1975—1976	1978—1979	1979—1980
棉 籽 Cotton seed	1211	2050	2654	2767	3041	3291
花 生 Peanut	1420	2091	3377	3594	3469	3492
大 豆 Soybean	934	3443	6266(29.7) <sup>b</sup>	10168(38.6)	12176(40.6)	14570(44.0)
向日葵 Sunflower	567	1107	3612	3669	4626	5426
油菜籽 Rape seed	1207	1143	2508	2964	3717	3542
芝 麻 Sesame	649	603	721	630	660	652
红 花 Safflower	—	—	226	329	322	327
橄 榄 Olive	885	1188	1437	1806	1537	1374
玉 米 Corn			289	403	45	455
总 产	6690	11621	21090	26335	29993	33128

<sup>a</sup> 摘自 “Soybean Blue Book” (1961, 1980)。<sup>b</sup> 括弧内为占总产的百分数

表 3

美国干蛋白质的生产<sup>a</sup>

(单位: 1000 英吨)

年份	豆粉	棉籽粉	亚麻籽粉	花生粉	干椰子核粉	麸质饲料与麸粉	下脚与渣	鱼饼与鱼粉	下奶制品	其他奶制品	总产	豆粉占总产的百分率(%)
1970	18,035	1,762	354	177	99	1,760	2,032	351	260	330	25,160	71.7
1975	20,754	1,238	232	311	—	2,565	1,989	375	160	190	27,814	74.6
1978	24,288	1,913	216	108	—	3,070	2,318	358	201	195	32,667	74.4

<sup>a</sup> 摘自 “Soybean Blue Book” 1980

## B. 美国大豆生产

Probst 与 Judd (1973) 评述了美国大豆生产发展的历史。在美国, 大豆最早由 Mease 于 1804 年, Nuttall 于 1829 年作为植物园中的一种植物而记入文献。1890 年以后大豆作为一种饲料作物栽培而显著增加。根据 Piper 与 Morse, 1898 年起大量大豆引入材料从中国、日本、朝鲜和印度引进美国。以后, 由于对豆油和豆粕的需求导致了大豆加工工业的发展, 反过来又促进了大豆的生产。

Bader (1981) 将美国大豆生产的发展分成三个时期: 1920—1940, 先驱时期; 1940—1960, 培植时期; 及 1960—1980, 扩展时期。在第一个二十年内, 大豆作为收乾草及收种子而栽培, 二者并重。1941 年收种子的面积 (5.9 百万亩) 第一次超过其他用途的面积 (5.5 百万亩)。在第二个二十年内, 大豆种植者的注意力由生产转向市场。第二次世界大战期间, 由于物资短缺而刺激起来的研究工作导致了豆粕与豆油利用的大步前进。在这期人造奶油与炊事用豆油进入了美国的市场, 大豆蛋白质在畜禽生产中普遍应用。1960 年收大豆种子的面积增至 23.6 万亩, 几乎五倍于 1940 年。这时总产量为 55.5 百万蒲式耳, 或七倍于 1940 年。在晚近二十年中, 优惠的出口价格促进了大豆生产的进一步发展, 面积超过了棉花与小麦。大豆成为全美第一位经济作物及第一位出口物资。1979 年面积达 70.1 百万亩, 或三倍于 1960 年, 总产量达 223.6 百万

表 4 美国大豆生产地区的面积平均产量和总产量<sup>a</sup>

地区	州数	1940			1950			1960			1970			1979		
		1000 亩	薄式 耳/亩	1000 薄式耳	1000 亩	薄式 耳/亩	1000 薄式耳	1000 亩	薄式 耳/亩	1000 薄式耳	1000 亩	薄式 耳/亩	1000 薄式耳	1000 亩	薄式 耳/亩	1000 薄式耳
北部诸州	10	4148	16.9	69978	10117	22.0	222965	14334	24.6	352907	23231	29.7	690297	35286	35.9	1265715
	(%)	86.3		89.7	73.2		74.5	60.6		63.6	55.0		61.2	50.3		56.6
南部诸州	14	532	11.7	6200	3364	21.0	70487	8575	21.5	194325	18222	23.0	419269	33333	27.8	927620
	(%)	11.1		8.0	24.4		23.5	36.3		33.2	43.1		37.2	47.6		41.5
中大西洋诸州	6	126	14.2	1794	333	17.6	5865	74.6	23.9	17856	796	22.0	17534	1476	28.8	42544
	(%)	2.6		2.3	2.4		2.0	3.1		3.2	1.9		1.6	2.1		1.9
总和与 51940 年的比值	30	4806	16.2	77972	13814	21.7	299317	23655	23.5	555083	42249	26.7	1127100	70095	31.9	2235669
		1.00	1.00	1.00	2.87	1.34	3.34	4.92	1.45	7.12	8.79	1.65	14.46	14.53	1.97	28.68
5 个产豆最多州 占总和的%		4178	16.7	69678	9870	23.1	227697	14773	24.5	362455	23823	23.0	684376	33470	35.7	8611947
		86.9		89.4	71.4		76.0	62.5		65.3	55.9		80.7	47.7		53.4
州名 (依总产为序) <sup>b</sup>		ILL, IA, IN, OH, NC		ILL, IA, IN, MO, OH		ILL, IA, IN, ARK, MO		ILL, IA, IN, ARK, MO		ILL, IA, IN, ARK, MO		ILL, IA, IN, ARK, MO		ILL, IA, MO, MN, IN		

<sup>a</sup> 转算自 "Soybean Blue Book" (1980)<sup>b</sup> ILL=伊利诺州, IA=衣阿华州, IN=印第安纳州, OH=俄亥俄州, NC=北卡罗来纳州, MO=密苏里州, ARK=阿肯色州, MN=明尼苏达州。

蒲式耳，或四倍于 1960 年。表 5 表明 1978 年大豆出口额为 1960 年的 5.5 倍。

表 5 美国大豆出口量<sup>a</sup> (单位: 百万蒲式耳)

年份	1953	1955	1960	1965	1970	1975	1978
出口量	40.1	68.6	134.7	250.6	433.3	555.1	739.8
(%)	29.8	50.9	100.0	186.0	322.0	412.1	549.2

a 据 "Soybean Blue Book" (1955, 1961 及 1980)

根据 Probst 与 Judd (1973), 早期大豆生产主要集中在东部与南部诸州, 1919 年五个面积较大的主要州为 North Carolina, Virginia, Mississippi, Kentucky 与 Alabama。到 1924 年大豆生产扩展至中西部, 五个主要州变为 Illinois, Indiana, Tennessee, North Carolina 与 Virginia。从这时起, Illinois 一直保持面积最大。表 4 列出了 1940、1950、1960、1970 和 1979 年的五个最大产豆州, 其中 Iowa 州从 1940 年起一直保持第二位。大部份主要产豆州是在美国北部地区。随着大豆生产在全国进一步扩展, 五个产豆最多州的面积占全国总面积的百分比由 1940 年的 86.9% 减至 1979 年的 67.7%, 但这五个州的平均产量仍高于全国总平均, 而且其生产为全国总产量的百分比高于面积的百分比。

在美国北部地区, 大豆主产州有 Illinois, Iowa, Minnesota, Indiana, Ohio 和 Nebraska。在南部地区则有 Missouri, Arkansas, Mississippi, Louisiana, Tennessee, Georgia, Kentucky 和 North Carolina。在沿大西洋的中部地区则有 Virginia 和 Maryland。1940 年以后北部地区和沿大西洋中部地区大豆生产上升步子较稳。而在南部诸州, 大豆生产的扩展比以上两地区要快得多, 总面积由 1960 年的 11.1% 增加到 1979 年的 67.6% 耕地面积, 总产量由 1960 年的 8% 上升到 1979 年的 41.5% 全国总产量 (表 4)。全国平均单产 1979 年几乎为 1940 年的两倍。其中北部诸州平均单产又比其他地区为高, 尤其最近十年期间。

### C. 大豆生产快速发展的有关因素

美国大豆生产 1979 年为 1940 年的 28.7 倍, 这种增长既与面积的扩展 (14.6 倍) 又与单产的增长 (2 倍) 有关。

一般认为与面积扩展有关的因素有: (1) 与其他作物相比, 大豆的价格与利润较好, (2) 单产水平的提高, (3) 投资的降低, (4) 大豆油分与蛋白质的利用价值, (5) 加工工业与畜牧业的发展, 以及 (6) 国内外市场的开拓。

单产的增加促使农民扩展大豆面积。技术上, 增加大豆单产有二个路子, 一为改进品种, 一为改进栽培环境。在改进栽培环境方面, 已经有了许多重要的进展, 其中有:

(1) 应用除莠剂有效地控制杂草, (2) 肥料的使用, (3) 机械方面的改进增加了田间操作效率, (4) 病虫害的化学防治, 以及 (5) 栽培管理措施的改进。

品种改良方面的成就很大。据 Brim 1982 年在衣阿华州大豆协会年会上的报告, 35—40% 的增产来自大豆品种的改良。

从长远看,大豆产量远未达到顶峰,进展的潜力仍很大。北部诸州的自然条件对大豆生产说来显然优于南部诸州,例如土质好,病虫害少等等。在大豆产量竞赛中,许多农民获得每亩 70 至 80 蒲式耳的产量,这启示即使不更换品种还依然有潜力可挖。看来,在北部地区要进一步提高总产量,关键在提高单产,因为这个地区大豆玉米的轮作制度业已确立,玉米产量也达到了相当高的水平,要将玉米面积转成大豆并不容易。将来,如果大豆单产再提高,或有可能改掉一些玉米面积。至于在南部地区,近二十年来大豆面积虽扩展甚快,要进一步扩展仍有可能,因为麦豆二熟制可为大豆扩展提供一定余地。南部一般大豆平均单产较低,虽然环境条件是其主要原因,但二熟制也是原因之一,低产条件限制了产量,但反过来看,若能改变这些不良条件,则该地区的大豆增产将有更大的潜力。因此,从进一步的潜力着眼,南部地区将比其它地区为大。

## 二、育 种 进 展

美国大豆单产的不断上升表明了近 40 至 60 年间大豆遗传改良的成功。由于大豆并非美国原产,要获得抗美国大豆病虫害的适应性品种需要化出艰巨的努力。

表 6 美国各大豆成熟期组面积的百分率<sup>a</sup>

成熟期组	00	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
面积百分率(%)	0.1	1	7.5	29.0	17.0	12.0	6.8	16.0	7.6	3.0

a 摘自 Hartwig, E. E. (1973)

Hartwig (1973) 估计了各种大豆成熟期组所占面积的百分数(表 6)。成熟期组 II、III、及 IV 占总面积的 58%; V、VI、及 VII 占 30.4%。育种工作主要地着重在这些成熟期组方面。

Luedders (1977) 鉴定了北部地区从 20 年代到 70 年代大豆产量的遗传进度。他认为这期间大豆育种实际上经历了二个选择周期。第一周期选择后,于 40 至 50 年代育成的品种比早期在 20 年代直接从引入种选择得到的品种增产 26%。第二周期选择所育成的品种又比第一周期的增产 16%。将 Luedders 的结果按成熟期组重新计算,第一周期的进度在成熟期组 II 为 22.2%, III 为 20.4%; 第二周期, II 为 9.0%, III 为 23.8%; 成熟期组 IV 在二个周期的总进度为 14%。Wilcox 等 (1979) 报告在中西部地区,50 年来 II、III 组产量的遗传进度为 25—26%。似乎主要的进展是从 50 年代或 60 年代起,这时杂交来源的品种大量育成(表 7)。

Boerma (1979) 鉴定了 40 年代至 70 年代育成的南方成熟期组 VI、VII 及 VIII 的产量遗传进度,它们约为 20%,平均每年增加约 0.7%。

虽然大豆产量的遗传改进并不如其他小谷类作物那样的飞跃,但许多的经济性状则亦已得到显著的改进。

在长期的大豆改良过程中,裂荚性及抗倒性的改进十分明显,由此增加了实际收获的大豆产量。在中西部地区,40 年代育成的品种,如 Lincoln 及 Hawkeye,上述二

表 7

美国中西部大豆的遗传改进<sup>a</sup>

品种	育成年份	产量公斤/公顷	增产(%)	倒伏程度	蛋白质%	油分%	育种方法
成熟期组Ⅱ							
Amsoy 71	1971	3383	26	2.2	39.9	21.1	杂交育种
Harosoy 63	1963	2986	11	2.7	41.1	20.7	杂交育种
Richland	1938	2737	2	1.9	40.4	20.3	纯系选择
Mukden	1932	2831	6	2.6	43.0	19.8	纯系选择
Manchu	1917	2683	0	3.8	43.5	18.3	纯系选择
成熟期组Ⅳ							
Woodworth	1974	3160	25	1.9	40.5	21.3	杂交育种
Wayne	1964	3083	21	2.3	40.7	21.1	杂交育种
Lincoln	1944	2663	5	2.6	41.1	21.5	杂交育种
Illini	1927	2596	2	3.3	41.5	20.2	纯系选择
Dunfield	1928	2535	0	3.4	39.0	21.7	纯系选择

a 摘自 Wilcox, J. R. 等 (1979)

性状就得到了改进；50年代育成的，如 Clark、Harosoy、及 Chippewa 又得到进一步改良；现行的品种，如 Amsoy 71、Century、Weber、及 Woodworth 即便成熟后留在田间 50 天也不裂荚，抗倒性也好。Richland、Manchu、Mandarin 和 Mukden 等亲本品种在北部地区裂荚性与抗倒性的改进中起了重要作用。南部地区，Lee 是最早育成具有抗裂荚的品种之一，CNS 则是这地区抗裂荚的重要亲本。

大豆改良中的另一个限制因素是病害问题。Lee 是最早育成的抗病品种之一，它具有一对抗细菌性斑疹病的隐性基因。疫霉属根腐病是 50 年代最严重的一个全国性毁灭病害。它在美国大多数大豆产区都有发现，但在亚洲并未发现。50 年代就做了抗源的筛选，A. K.、Arksoy、Blackhawk、CNS、Dorman、Harly、Illini、Monroe，及 Mukden 具有一对显性基因控制的抗性 (Smith 等，1957)。经过大豆育种家和病理学家共同努力，1963 年育成了第一批抗疫霉根腐病的品种。Clark 63、Harosoy 63、Hawkeye 63 及 Lindarin 63 以 Mukden 作为抗性亲本。1965 年南部地区也育成了抗这种病害的品种，如 Semmes 和 Davis 等，其主要抗源为 CNS 与 Arksoy。已经发现的疫霉根腐病的生理小种有 16 个，广谱性抗性的育种计划正在一些研究单位进行之中。

另一种重要病虫害是孢囊线虫病，该病也导致严重的损失。首先发现是 1954 年在 North Carolina 州，到 1970 年已在 11 个州发现，现在已遍及南部大豆生产州，以及许多北部生产州。Peking (北京小黑豆) 与 PI 90763 是最早发现的抗源 (Ross 与 Brim, 1957)。最早的抗性的品种 Pickett 在 1965 年于 North Carolina 育成，具有从 Peking 转来的抗性基因。1967 年在 Missouri 州育成了 Custer，在 Mississippi 州育成了 Dyer。第二轮的抗性品种有 Pickett 71、Forrest、Mack、及 Centennial 等。迄今已报导的有四个小种。由 Peking 转来的抗性品种能抗小种 1 与 3，轻度感染小种 2，不抗小种 4。PI 90763 能抗小种 1、2 与 3，Bedford 在此基础上进一步从 PI 88788 获得对小种 4 的抗性 (Hartwig, 1973、1981)。晚近，有关于其他小种的报告。此外，在 Minnesota 州与 Iowa 州发现孢囊线虫病的报导正引起大豆

育种家们的严密注意。

褐色茎腐病是美国中北部及加拿大最经常发生的大豆病害之一。PI 84946—2、PI 86150 等被鉴定具有抗性。Iowa 州育成了 BSR 301、BSR 302 等具有上述抗性基因的品种。

对其他一些病害，诸如细菌性叶枯病、荚秆枯腐病、根结线虫病，以及花叶病毒病等，也已获得了抗性育种方面进展。

抗虫育种方面已经做出很有意义的进展。沿大西洋的中部诸州一些饲叶害虫表现甚重要。PI 171651、PI 227687 及 PI 229358 为最早发现在 South Carolina 州对墨西哥豆蚜有抗性的材料 (Van Duyn 等, 1971、1972)。以后又发现它们对其他饲叶害虫，如大豆夜蛾、棉铃虫、烟草芽夜蛾等具有抗性。把抗性转移到商用品种的多种育种计划正在进行之中，Mississippi 州与 North Carolina 州不久将有抗性品种育成。

抗病、虫育种的成就不仅来自大豆育种家，也来自病理学家和昆虫学家，他们在许多抗性问题上合作得很成功。

对各种环境适应性的育种工作也有进展。早成熟期组 00 与 0 组的丰产品种，如 Clay 与 McCall，促进了大豆面积的向北扩展。在 Wisconsin 州筛选了改进低温发芽的抗寒性资源。另一方面，适应于短日条件的育种工作也在开展。Jupiter 便是在 Florida 州育成的适应于热带地区的第 IV 组良种。此外，还有适应于迟播或二熟制的育种，Duocrop 就是在 Georgia 育成的这类品种。

在矿质营养缺乏地区，抗缺铁黄化的育种也颇有成就。这种病与石灰性土壤的高 pH 值有关。对抗性材料已经进行过筛选。黄化症状分为 5 级，1 为无症状，5 表示严重黄化。黄化尺度增加一级，平均产量损失将增加 20% (Froehlich 与 Fehr 1981)。衣阿华州立大学培育了一个由 10 个最抗的品种、品系和 10 个最抗的引入种杂交而成的轮回选择群体 (Prohaska 与 Fehr, 1981)。经两个周期选择后每周期的平均遗传进度下降 0.2 级。目前，在 Iowa 州推荐使用由一个高产感病品种与一个抗性但产量不一定高的品种组成的混合品种，其中后者应不高于 40% 为宜。

豆油品质改进的育种也有进展。多键不饱和脂肪酸（亚麻油酸）据认为与豆油变质气味有关。大多数大豆品种含有约 5—13% 亚麻油酸。据认为，育种目标为降至 2—3%，这时豆油品质可保持稳定。北卡罗林纳州立大学通过一个轮回选择计划将亚麻油酸降至 4% 水平。衣阿华州立大学则已降至 3.2% (Smith, 1979)。

以上所述的育种进展是很可观的，尤其在美国仅有短短 50 年的大豆育种历史。

(待续)