

# 美国大豆育种的进展和动向

盖 钧 镒

(南京农学院大豆遗传育种研究室)

## 四、有潜力的育种动向

在设计育种计划时,参考美国大豆育种工作者的经验是有益的。经常吸收些新事物对于不断取得进展也十分重要。关于将来的大豆改良,目前有一些各有其哲理的新动向。为了得到新的进展,有些育种工作者致力于发现新的基因资源,包括质量性状和数量性状两方面;另一个途径为通过轮回选择以寻求连续的进展,还有些育种工作者认为大豆产量受许多限制因素的制约,通过育种手段,去除这些因素必能导致产量改进,因而他们致力于抗病虫害及抗逆性的育种;另有些育种工作者则有兴趣于产量的突破,他们寻求适应于高产环境的遗传型,更确切些,他们试图找出最佳的株型结构与产量组成及其生理基础;还有一类育种考虑是大豆品质的改进,包括油分、蛋白质含量,低亚麻油酸、种子外观及胰蛋白酶抑制物含量等方面。

### A. 开发种质资源

筛选各种抗性和耐性基因的工作正在继续之中。详见表13。重点在于对孢囊线虫及疫霉根腐病新生理小种的抗性。近来开始了对钻茎天牛 (*Deilephila Texana*), 及花生斑点病毒的抗性育种工作。

有人试图对引种资源进行高产潜力的鉴定。这种工作量是十分大的。目前已经开始了一个对部分引入资源按地区的产量鉴定计划。

Nelson 在 Illinois 州于1980、81两年产量测验了1700个新引入材料。Cregan 和 Kenworthy 在 Maryland 州产量测验了1000多个引入材料。他们俩从中选出了成熟期 II 组的 15 个, III 组的 32 个, 及 IV 组的 51 个材料。这些入选材料大多数来自中国东北、日本和朝鲜。他们进一步用 4 个品种作测验种, 鉴定了 12 个由目测选得的引入种的配合力, 和 12 个由产量鉴定选得的引入种的配合力 (个人交流)。育种经验表明优良品种往往来自为数不多的一些组合, 说明配合力, 尤其特殊配合力的重要性。要成功地筛选产量基因, 配合力分析看来是必须的, 即使做起来甚为繁复。这种工作对于开发产量遗传资源是很值得的。在测定配合力中, 测验种的数量、如何选用测验种、以及何时与如何鉴定配合力等都应该很好考虑。对纯系育种而言, 似可采用一些优良的推广品种作测验种, 应用一粒传法推进到后期世代进行配合力测验, 也可用后期世代的衍生系进行配合力测验。

增大遗传异质性的另一种尝试是利用野生种 *Glycine soja*。应用野生种的主要理由与对病虫害和不良环境的抗性和耐性有关。盖钧镒等 (1982) 指出两或三次回交足以避免野生种的劣性, 如游藤、成熟不落叶、裂荚、有色种皮及倒伏等。当然, 与其他作物相似, 栽培种产量潜力的恢复问题仍需进一步研究。

## B. 群体改进与轮回选择

七十年代起发展了大豆群体改进方面的选育工作。这与轮回选择的应用密切相关。这种育种工作对长期性的育种目标以及克服一些现行品种的遗传脆弱性是十分重要的。轮回选择的遗传基础是积累有益的加性基因及其交互作用。通过长期的选择和适应, 可能剔除劣性基因及导致不稳定的基因。这样可以取得连续不断的育种进展。得到这种进展所需的轮回选择周期数还不甚清楚, 有待进一步研究。把许多品种、引入材料的有利基因综合到一个群体中去, 这对于进一步选育优系及保持有效的基因库是十分重要的。虽然在开初几个选择周期不一定能从中育成品种, 但这是一种策略性的育种措施。美国作物学会确立了一套种质资源注册制度, 这对大豆群体改良及育种家间相互交换育种群体是有力的促进。

Fehr 及其同事们是应用轮回选择培育种质群体的最早几个单位之一 (1975, 1978) AP8 是从成熟期组 0—IV 的 40 个高产材料导来的种质群体, 已经进行了三个周期的轮回选择。AP8 是高产、抗褐色茎腐病的群体。AP9 是抗缺铁黄化症的群体。AP10、AP11、AP12、AP13 和 AP14 是由成熟期组 I—IV 的 40 个引种材料和 40 个高产品种品系综合而成分别具有外源种质占 100%、75%、50%、25% 及 0% 的种质群体。

要将各亲本的多基因综合进一个群体, 通常需做三、四次互交。第一次互交可能用双列杂交, 或用单交接着四交及复交, 或用链式杂交。这对大豆来说是一项非常繁重的工作, 因为必须做大量手工杂交。近来也有应用遗传雄性不育以简化互交的 (Brim 和 Stubes, 1973; Brim, 1976)。

Burton 与 Brim 育成了二个种质群体, 其中, N78—1500 由 10 个高产品系及雄性不育保存系 (maintainer) N69—2774 综合而成, 而 N79—1500 则由 6 个品种品系与 N69—2774 综合得到。

按 St. Martin 的报导, 在 15 个所调查的育种家中有 9 个人目前设有轮回选择计划。轮回选择的办法正在研究之中, 所研究的问题包括进行测验的家系类型 (半同胞、 $S_1$  及  $S_2$ ) 重组前测验 1 年还是 2 年, 两个周期间重组所需的世代数等。

已有的报导表明轮回选择的周期间在一些非产量性状, 如含油量、含蛋白质量、缺铁黄化等, 有显著选择进展。但产量的选择响应尚不一致, 这与样本含量、环境影响、产量试验的准确性等可能有关。因而有待进一步研究。

越来越多的人把雄性不育应用于轮回选择。在美国已发现了 4 个核雄性不育基因, 即  $ms_1$ 、 $ms_2$ 、 $ms_3$  及  $ms_4$ 。 $ms_1$  发现于 North Carolina 州,  $ms_2$  于 Illinois 州,  $ms_3$  和  $ms_4$  于 Iowa 州。前二者已用之于育种, 尤其  $ms_2$  在天然异花授粉条件下具有良好的雄性不育和雌性可育性。后者则仅具部份雄性不育。 $ms$  位点的分离比率在后代与通

常的单个位点情况稍有不同。表 17 列出不同世代混合群体的分离比率，及F<sub>2</sub>在F<sub>3</sub>的衍生系的分离比率。

表17 *ms*位点的分离比率

世代	育种方法	基因型及F <sub>2</sub> 代植株的频率	基 因 型 频 率			表 现 型 频 率	
			<i>ms<sub>1</sub>ms<sub>1</sub></i>	<i>Ms<sub>1</sub>ms<sub>1</sub></i>	<i>Ms<sub>1</sub>Ms<sub>1</sub></i>	不 育	可 育
F <sub>2</sub>	混 合 法		$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$
F <sub>3</sub>	混 合 法		$\leq \frac{5}{24}$	$\geq \frac{10}{24}$	$\geq \frac{9}{24}$	$\leq \frac{4}{24}$	$\geq \frac{19}{24}$
F <sub>3</sub>	系 谱 法	* <i>ms<sub>1</sub>ms<sub>1</sub></i>	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{3}$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$
		<i>Ms<sub>1</sub>ms<sub>1</sub></i>	$\frac{2}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$
		<i>Ms<sub>1</sub>Ms<sub>1</sub></i>	$\frac{1}{4}$	0	1	0	1
		<i>Ms<sub>1</sub>ms<sub>1</sub></i> }	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{5}{6}$
		<i>Ms<sub>1</sub>Ms<sub>1</sub></i> }	$\frac{4}{4}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
F <sub>4</sub>	混 合 法		$\leq \frac{75}{432}$	$\geq \frac{150}{432}$	$\geq \frac{207}{432}$	$\leq \frac{75}{432}$	$\geq \frac{357}{432}$

\* 由保存系的花粉授粉

雄性不育的基因型通常在一个保存系中保存。这种保存系是杂合子*Ms ms*的后裔，它具有 $\frac{1}{4} ms ms$ ， $\frac{1}{2} Ms ms$ ， $\frac{1}{4} Ms Ms$ ，*ms ms* 需接受雄性可育基因型的花粉。

在保存系中，从 *ms ms* 可以在下一代预期得到 $\frac{1}{3} ms ms$  及 $\frac{2}{3} Ms ms$  的比例。若要避免接受原 *ms ms* 的细胞质，可用可育植株产生具有其他细胞质的 *ms ms*。这种情况下，分离比率将为 $\frac{1}{6} ms ms$ 、 $\frac{1}{3} Ms ms$ 、 $\frac{1}{2} Ms Ms$ 。

通过互交以合成一轮回选择的基本群体，其第一步为将 *ms* 基因转育到亲本品种。然后将雄性不育的亲本混合以天然互交。从一个 *ms ms* 植株所得的种子量常不足以做产量鉴定，这时可以加一代以增加种子量。为了控制交配，需考虑将不同的群体进行隔离。

雄性不育不仅可用于轮回选择，也可用于其他交配体系，如回交、单交、复交等。

因为私营大豆种子公司进行大量育种工作，公营育种家倾向于多做基础研究，轮回选择的群体改进便是其中之一。尤其在互交可以简化的情况下，更其如此。这里雄性不育的应用是一个有效途径。

C. 抗虫育种

1970以来，大豆抗虫育种已发展为一个剔除产量限制因子和减低生产成本的引人注目的方向。不久将可望有抗虫品种正式育成。

根据1982年美国大豆育种年会上的报告, 16个公共研究单位的29位科学家及7个私营企业, 对12种害虫进行抗性育种。大部份工作似在南部诸州, 其目标为对一些饲叶虫的抗性, 包括玉米穗螟(棉铃虫)、大豆夜蛾、豇豆夜蛾(*Velvet bean caterpillar*)、绿椿象(*Southern green stink bug*)、小玉米螟(*Lesser cornstalk borer*)、烟草芽夜蛾(*Tobacco budworm*)与甜菜夜蛾(*Beet army worm*)。还有抗苜蓿角蝉(*Three cornered alfalfa hopper*)。在中部大西洋沿岸诸州及北方的东部地区, 墨西哥豆蚜是抗虫育种的重要课题。大多数私营抗虫育种主要为对付这个害虫。其他还有些工作在抗红蜘蛛、钻茎天牛、马铃薯叶蝉等方面。

几乎全部抗虫育种计划中的抗源与引自日本的三个材料有关, 即 PI 171451、PI 227687 及 PI 229358。有些由 Hartwig 及 Bernard 育成的品系也常用作抗性亲本。其他用作抗性亲本的材料很少。

饲叶害虫抗性的机制表现为抗生性: 幼虫死亡、幼虫及蛹体重减低、幼虫期的拉长、降低生殖率等。引种材料可能具有不同的抗虫基因, 每一材料对饲叶害虫抗性的范围也可能不同(Hatchett 等 1979)。品系抗虫性范围的鉴定应以对各个饲叶害虫的抗性为基础。一些抗饲叶害虫的遗传研究, 如抗大豆夜蛾及墨西哥豆蚜, 表明以叶部危害为指标的抗性呈数量遗传。

通常用回交转移抗性基因。在1982大豆育种年会的一个报告中, Hartwig 指出在第二周期选择中他尚未成功地得到高产兼高抗的重组类型, 因此, 可能需应用三个或三个以上周期的改良回交法。

有效的筛选及田间鉴定需有严重感染的环境。通常采用增种诱虫作物, 例如, 用一种菜豆以引墨西哥豆蚜, 用甜玉米以诱棉铃虫, 从而筛选抗性的分离材料。Hartwig 在三个 1/6 亩大网室中于植株达 V10 时期各放进 4000—5000 对蛾子以作诱发鉴定。每个室内可种 30 吋 × 16 吋的 1600 穴。当感病的对照种叶部受害达 80% 时, 进行选择。网室内鉴定的材料, 在田间还种成 9 呎的株行圃, 以进行农艺性状的鉴定。进一步再对其他虫子的抗性进行筛选。

总之, 大豆的抗虫性育种尚处于初期阶段。许多工作, 包括基础研究和育种实践, 如筛选高抗基因, 揭露抗生现象的机制, 多基因转育等尚须进一步研究。

#### D. 抗病育种

在剔除限制因素的育种中, 抗病育种是非常成功的, 尤其在控二个全国性病害方面(疫霉根腐及孢囊线虫)更其如此。病原菌的一些老的生理小种被控制以后, 其他小种可能变得重要起来。因而常有新的小种或生物型报导。迄今, 疫霉根腐已报导过 16 个小种。根据 Walker 的报告, 小种 1、3、7 在中西部最占优势, 其他地区则有所变化。已经发现了六个抗性基因, 其中  $R_{PS1}$  具有四个复等位显性基因。

迄今, 孢囊线虫至少已有四个小种, 抗性遗传看来较复杂, 需进一步研究。目前应用的抗源可以归为二类: Peking (北京小黑豆)、PI 89772 及 PI 90763 所抗的生物型(基本上为小种 1、2、3)能感染 PI 82788、PI 87631—1、PI 209332 及 Clond。

后者所抗的生物型(基本上为小种4)可以感染前一类品种。

控制多种小种的办法是将各种抗性基因综合进一个遗传材料。目前有其二个抗性基因的材料以供进一步综合。例如普渡大学选的抗疫霉根腐材料 PRX 9 与 PRX 26 分别具有抗性基因  $R_{Pst}^C R_{Pst}^2$  及  $R_{Pst}^C R_{Pst}^4$ 。品种 Bedford 具有对孢囊线虫小种 1 至 4 的抗性。然而要得到对各小种的广谱性抗性并不是轻而易举的,需要大量的工作。

有些育种工作者提出选育耐病性可能是一条简易的途径。“耐性”一词的定义尚不明确。通常被理解为寄主受感染,但没有明显的产量损失。由于耐性通常没有专性,它可用来对付广泛范围的小种。对疫霉根腐及孢囊线虫的耐性育种工作正在进行之中。与多种抗性的选育相比,耐性的选育似较简易些,但有些育种工作者仍抱怀疑态度。

### E. 耐逆育种

大豆育种工作者很早就意识到逆境减产问题。然而耐逆性育种最近才强调起来。根据1982大豆育种年会上的报告,以下几个方面是目前耐逆育种的主要问题。

在南部诸州有干旱及高温问题。北加罗林纳州立大学等处将开始耐旱材料的筛选工作。

铝毒在东海岸及南部几州,尤其南部 Piedmont 地区,是一个重要问题。这与土壤 pH 值低有关。Davine 在 Beltsville 研究中心正进行引种材料耐铝毒的筛选工作。Hanson 正在 North Carolina 州对耐铝毒选育一个群体以开展轮回选择。Allen 在 Tennessee 州鉴定了一些耐土壤低 pH 值的品种,并将进行耐性的遗传研究。

根据 Caviness 的报告,麦秸毒物的危害是 Arkansas 州两熟制大豆上发现的一个新问题。麦茬大豆在开始的30—40天内通常生长速度不如非麦茬大豆或冬闲地大豆。这是南部诸州中两熟制大豆的一个大问题。大豆品种对植物毒性有差异反应。品种 Davis、Mitchell 及 Centennial 等有耐性。在 Arkansas 州已经开始了一项关于这个问题的研究计划。

抗缺铁黄化及耐低温的育种已在第二节述及。这两个问题比起其他,更具有地区性。

### F. 理想型与株型结构

不满足于渐进式大豆改良的育种家们试图寻求产量突破。玉米、小麦、水稻育种的成功,启示人们大幅度大豆增产应来自遗传的及环境的操纵两个方面,一个突出高产的品种应能适应高产的环境。

具有最佳的株型结构以使产量最优化的理想型,这个概念过去是一个很热门的论题,但目前并不像以前那样热门。这里“理想型”和“株型结构”其意义很相近。它们的区别仅在于后者主要涉及形态特征而前者还涉及生理特性。

Cooper (1976)评述了理想型的研究,最早确定理想型的工作是估计产量和一系列形态、生理性状之间的相关,包括结实习性、小而狭的小叶、直立叶、单位叶面积的光合速率等,这些性状被认为与光合作用及其最终产物(种子)产量有关,然而在现有的

品种和引入材料中并未发现它们有明显的相关。Green等(1977)用两个组合中随机选择的 $F_2$ 在 $F_4$ 及 $F_5$ 的衍生系,在宽行及窄行两种环境下试验,他们并未发现亚有限比无限结荚类型有产量上的长处。另一些人用具有相同遗传背景的同基因系做试验,亦未发现这种结荚习性在产量上的效应。

大豆是否与谷类作物不同?当创造大豆理想型时,哪些因素值得考虑?答案是大豆与谷类不同,在谷类作物,包括玉米,产物是在穗上,缩短植株可以减少倒伏,并增大群体而不影响灌浆,因而能增产。这样,改进一个性状就导致产量的显著增加。然而,在大豆,开花,结荚发生在一个长时期及多个节位上。缩短大豆植株并不一定意味着可以增大群体。即便群体可以增大,其总结荚数不一定增加。因而,改变大豆的株型结构并不像谷类一样容易地增加产量。Cooper认为倒伏是大豆高产的主要障碍。其他的可能因素有花荚脱落及早封行时的病害等。

从遗传观点出发,控制单株株型结构的基因,并不一定与控制群体构型的基因相同,进而也不一定是与控制产量的基因相同。优良冠层的基因因为它们与产量基因适当互作提供了良好的机会。或者,用Cooper的话说,一些形态和生理性状的有潜力有价值的基因需有一个好的“互补的遗传背景”。因此,第一步是找到理想型的基因,第二步是获得“互补的遗传背景”以及这些基因间的交互作用。这是为什么在第一阶段即便所获的结果对许多育种家并不很吸引,但仍有一些人孜孜不倦地研究理想型问题。

产量最优化的理想型不一定是唯一的,相应于各种环境和栽培条件,可能有不同的理想型。在讨论大豆理想型时,结荚习性很受重视,因为这与株高、营养生长、节数密切相关的。在Ohio州,Cooper一直在培育具 $dt_1$ 的半矮生性适应于高产环境的品种。几个半矮生品种如Elf、Gnome、Sprite已经育成。迄今产量突破还没有实现。至于对非高产的环境条件,Cooper也宁可选无限性类型。另一种途径,Bernard在Illinois州正致力于培育株高较高的有限性( $dt_1$ );短节间,及亚有限等类型的品种。适应于南方短季生长的环境,Hinson在Florida州对亚有限( $Dt_2$ )很感兴趣,以便使株高适当增加。Boerma在Georgia州则应用无限性类型。

虽然矮株与有限结荚有关,但毕竟不是一回事。Bernard试图利用一种顶端长荚簇的联茎(但不是扁平茎)类型。他,以及Boerma都考虑利用一种矮丛类型以缩短株高。Brigham在Texas州正培育收获指数(籽粒重与全株重比率)高的矮秆品种。Hinson想利用 $ln$ 以增加食用类型的每荚粒数。而Bernard则想培育狭叶型但对每荚粒数没有影响的品种。Buss与Caviness研究了小数叶问题。Caviness正在鉴定具有 $Ln/ln$ 、 $Lf_1/lf_1$ 及 $Dt_2 \cdot dt_2$ 的不同组合的材料。Specht与Williams在Nebraska州研究茸毛密度( $Pd$ )对蒸腾及冠层光合作用的效应。他们曾经报导在灌溉条件下, $Pd$ 、 $pa_1$ 、 $pa_2$ 以及 $Dt_2$ 和 $Dt_2S$ 等因子似对大豆产量改进有一定潜力,这依其所导入的遗传背景而转移。

生理性状冠层光合率(CAP)很有意义。Boerma及其合作者报告,按CAP值选

择, 一个组合增产 2.7%, 另一组合增产 4%; 在高产环境下 CAP 与产量的相关高于低产环境。

总之, 大豆理想型尚不十分确切。优良的株型结构和冠层结构可以为导入一些生理性状和产量基因及其交互作用提供优良的遗传背景。进行理想型工作的大豆育种家目前正处于改良“互补的遗传背景”的时期, 持之以恒的努力应将导致产量突破。

## G. 固氮育种

这是涉及提高产量水平减低生产成本的潜力, 因而, 十分引人感兴趣的课题。由于牵涉到共生体系中两个绝然不同的物种, 育种工作又涉及到这二个方面, 所以固氮育种问题甚为复杂。Vest 等 (1973) 评述了大豆结瘤和固氮方面的研究。在美国, Beltsville 农业研究中心及北卡罗林纳州立大学, 这二个单位是固氮研究方面的主要地方, 他们设有这二个物种的育种计划。

据估计, 在高肥力土壤条件下, 大豆 40—50% 的全氮来自根瘤, 而在低肥条件下, 几乎 80% 来自根瘤。有些大豆育种工作者期望培育共生体系的效率更高的品种, 以把产量提高到一个新水平。然而, 已经知道, 结瘤与固氮并不一定一致。

大豆与根瘤菌间的共生关系可以分成四类: 不结瘤、结瘤而无效、结瘤有效而效率低、结瘤有效而效率高。根瘤菌系按照血清学鉴定而分类。从美国、中国、巴西、日本及其他国家已搜集 2500 份以上的根瘤菌材料。在 Beltsville 研究中心已经鉴别划分的有 12 个血清学组群。在一个土壤中通常有 1 至 2 个主要的血清学类型, 还有一些次要类型。不同地方和土壤具有不同的血清学类型的分布。在一个根瘤中通常仅有一个血清学类型。

不仅物种间有专性, 物种内也有专性关系。有些大豆品种容易为某些菌系感染并结瘤, 而另一些则不行。有些菌系更容易使一些特定的大豆品种结瘤和固氮。寄主和根瘤菌间的互作甚重要, 这使共生体系的育种复杂化。大豆育种工作者必须改良大豆, 同时还要寻求或培育适当的根瘤菌系。

另一个众所周知的事实是固氮在假菌体中进行, 并受土壤中含氮量的影响。若土壤中氮素含量很高, 固氮作用将停止, 甚至根瘤消耗土壤中的氮。所以如果想同时利用根瘤固氮及土壤中的氮以达产量突破, 共生体系育种应向耐高土壤氮素的方向努力。

血清学类型间有竞争。有时, 即便接入土壤的新菌系是结瘤有效高效率的类型, 但它可能竞争不过土壤中原有的老菌系。所以大豆育种家还必须考虑如何使所选的菌系感染大豆。

结瘤与固氮的育种看来是复杂的。有些育种工作者想采用以下方法, 其结果如何尚难予卜。(1) 选育结瘤有效高效率的根瘤菌系, (2) 选育能使一般不结瘤的大豆品种结瘤的根瘤菌系, (3) 将致瘤及固氮效率综合进同一菌系, (4) 将高产潜力转育到一个通常不结瘤的大豆品种上。Beltsville 研究中心已经开始了一个与上述考虑相似的研究计划。Devine 试图找到某种标记不结瘤特点的基因, 使不结瘤的材料能很容易鉴别出来 (个人交流)。

像大豆一样，根瘤菌也有适应环境的问题。北卡罗林纳州立大学在进行选育抗低 pH 值及抗杀菌剂的根瘤菌系。

显然，固氮育种需大豆育种家与根瘤菌育种家的共同努力。这个课题可能是长期性的，但也确很引人注目的。

#### H. 种子成份育种

种子质量育种主要涉及改变其成份。油分及蛋白质含量是最重要的种子成分性状。这与其工业利用有关。随着大豆工业和市场的发展，除了油、蛋白质含量外，又给大豆育种家提出了一些新的要求，包括低亚麻油酸含量、优质的氨基酸成份、以及低阻抗营养的成份。

根据 Burton 在 1982 年大豆育种年会上的报告，所有高油分育种计划均尚未育出优良种质。美国品种通常含油 18—22%。有些育成的高产品种却含较高的油分，如 Ransom 含 23—24%。系谱法及轮回选择为常用的油分育种方法。IR(红外线)及 NMR(核磁共振)仪是现行测定大豆种子含油量的一些仪器。

鉴于豆粕在世界蛋白质营养日益增长的重要性，许多育种家对蛋白质育种很感兴趣。现行品种的蛋白质量为 38% 至 42% 有几个育种计划，包括 Florida 州的 Hinson, Iowa 州的 Cianzio, North Carolina 州的 Burton, Soybean Research Foundation 的 Matson, 报导过 49—50% 含蛋白质量的培育。常用的方法有系谱法，回交法，轮回选择等。测定蛋白质含量有克氏法、红外线、及一种称为 Udy dge-binding 的方法。

有些育种计划对产量兼蛋白质或单位面积总蛋白质量感兴趣。Kenworthy 应用轮回选择法选育总蛋量。Burton 与 Carter 用轮回限制性指数选择法试图将含蛋量维持一定水平而增加产量。另一种常用的方法是将高产选系与高于平均含蛋量的选系杂交接着进行分离世代的系谱选择。Shannon 及 Hinson 报导用这种方法育成了含蛋量 45—47% 的相当高产的选系。

Fehr 及 Burton 分别报导了含亚麻油酸仅 4.5% 及 4.2% 的种质的育成。Fehr 与 Wilcox 用的方法是诱发突变及一粒传，接着直接朝低亚麻油酸方向进行系谱选择。相反，Burton 与 Wilson 用轮回选择法增加油酸，从而间接地减低亚麻油酸，因亚麻油酸与油酸有负相关。伊利诺大学的 Nelson 正继续测定新引种材料的脂肪酸含量。Neilson 与 Wilcox 研究了筛选脂肪氧合酶 1 和 3 的方法。他们正在寻求脂肪氧合酶 2 的无效因子。脂肪氧合酶 1 和 3 的无效因子已鉴定出来，把它们综合进农艺上可用的大豆品种的工作正在进行之中。

Burton 注意到“大多数大豆含硫氨基酸量的选育工作尚处于预备阶段。在 Kentucky 州已开始了一项系谱选育的工作。Illinois 州的 Nelson 及 North Carolina 州的 Burton 与 Carter 已经培育了具有胱氨酸与赖氨酸变异的群体。这两个课题均在等待新的筛选方法。Nebraska 州的 Specht 与 Williams 正用种子含硫量作选择标准以鉴定在增加含硫氨基酸方面的作用；他们想对现有的资源进行筛选以估计现存的变异性。



普渡大学的 Neilson 已将球蛋白及  $\beta$ -聚合球蛋白的主要亚单位提纯,并测定了何者赖氨酸最多。已经发现有些亚单位比之别的具有 9 倍的赖氨酸含量。一些亚单位的对性基因已鉴别出来,有关连锁研究也已开始进行”。

“Kentucky 州与 Minnesota 州的 Orf 和 Asgrow 公司的 Moraghan 开始用一粒传法选育低胰蛋白酶抑制物水平的工作。Pioneer 公司的 Koelling 则用改良回交法选育低胰蛋白酶抑制物水平的工作”。

普渡大学的 Abney 与 Wilcox, Ohio 州的 Walker 进行抗病方面的种子品质选育。荚秆枯腐、炭枯、茎腐及 *Phomopsis*, *Cercospora* 和 *Fusarium* 的一些种可以引起种子腐烂。尤其在生殖生长后期遇到高温多湿的环境条件。Abney 在普渡大学正进行一项引种资源的筛选计划。

种子外观的育种早已有所成就。在东方,抗病方面的种子质量育种也早已是成功的。但种子成分的育种则是新的方向。没有现成的低亚麻油酸的种质资源。种子质量的新目标与大豆加工工业和生产的发展是密切相关的。如若这些目标能够达到,大豆将成为比人们目前所认为的作物更神奇。(全文完)

### 参 考 文 献

- (1) American Soybean Association, 1955, 1961, 1969. Soybean Blue Book. St. Louis, Missouri.
- (2) Ashow, K. L.; 1973. Fungal diseases. in B. E. Caldwell et al. (eds.). Soybeans: Improvement, Production and Uses. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- (3) Bader, K. L.; 1981. The soybean success saga. pp. 5—7. in 80's Innovations Conference Proceedings. Am. Soybean Assoc. St. Louis, Missouri.
- (4) Bernard, R. L. and M. G. Weiss.; 1973. Qualitative genetics. in B. E. Caldwell et al. (eds.). Soybeans: Improvement, Production and Uses. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- (5) Boerma, H. R.; 1979. Comparison of past and recently developed soybean cultivars in maturity groups VI, VII, and VIII. Crop Sci. 19: 811—813.
- (6) Brim, C. A.; 1973. Quantitative genetics and breeding. in B. E. Caldwell et al. (eds.). Soybeans: Improvement, Production, and Uses. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- (7) Brim, C. A.; 1976. Implications of male-sterility in soybeans. pp. 67—71. in Proceedings of the Sixth Soybean Seed Research Conference 1976.
- (8) Brim, C. A., and C. W. Stuber.; 1973. Application of genetic male sterility to recurrent selection schemes in soybeans. Crop Sci. 13: 523—530.
- (9) Cooper, R. L.; 1976. Modifying morphological and physiological characteristics of soybeans to maximize yields. pp. 230—238. in Lowell Hill (ed.). World Soybean Research. The Interstate Publishers, Danville, Illinois.
- (10) Cooper, R. L.; 1981. Development of short-statured soybean cultivars. Crop Sci. 21: 127—131.
- (11) Dupleavy, J. M.; 1973. Virus diseases. in B. E. Caldwell et al. (eds.). Soybeans: Improvement, Production and Uses. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- (12) Fehr, W. R.; 1976. Description and evaluation of possible new breeding methods for soybeans. pp. 268—275. in Lowell Hill (ed.). World Soybean Research. The Interstate Publishers, Danville, Illinois.
- (13) Fehr, W. R.; 1978. Breeding. in A. G. Norman (ed.). Soybean Physiology, Agronomy, and Utilization. Academic Press, Inc. New York.
- (14) Fehr, W. R., and L. E. Ortiz; 1975. Recurrent selection for yield in soybeans. J. Agr. Univ. P. R. 52 (3): 222—232.
- (15) Froehlich, D. M., and W. R. Fehr; 1981. Agronomic performance of soybeans with differing levels of iron deficiency chlorosis on calcareous soil. Crop Sci. 21: 438—441.

- [16] Gai Junyi, W. R. Fehr, and R. G. Palmer; 1932. Genetic performance of some agronomic characters in four generations of a backcrossing program involving *Glycine max* and *Glycine soja*. *Acta Genetica Sinica* 9 (1): 44—58.
- [17] Cood, J. M.; 1973. Nematodes. in B. E. Caldwell et al. (eds.). *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- [18] Green, D. E., P. F. Burlamaqui, and Richard Shibles; 1977. Performance of randomly selected soybean lines with semideterminate and indeterminate growth habits. *Crop Sci.* 17: 335—339.
- [19] Hartwig, E. E.; 1973. Varietal development. in B. E. Caldwell et al. (eds.). *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- [20] Hartwig, E. E.; 1931. Breeding productive soybean cultivars resistant to the soybean cyst nematode for the southern United States. *Plant Disease* 65: 303—305.
- [21] Hatchett, J. H., G. L. Beland, and, E. E. Hartwig; 1970. Leaf-feeding resistance to Bollworm and Tobacco Budworm in three soybean plant introductions. *Crop Sci.* 16: 277—280.
- [22] Hatchett, J. H., G. L. Beland, and T. C. Eilen; 1970. Identification of multiple insect resistant soybean lines. *Crop Sci.* 19: 557—559.
- [23] Hymowitz, T., C. A. Newell, and S. G. Carmer; 1977. Pedigrees of soybean cultivars released in the United States and Canada. INTSOY NO. 13. Univ. of Ill., Urbana, Illinois.
- [24] Johnson, H. W., and R. L. Bernard; 1933. Soybean genetics and breeding. in A. G. Norman (ed.) *The Soybean*. Academic Press, Inc. New York.
- [25] Keeney, B. W. and H. Tachibana; 1973. Bacterial diseases. in B. E. Caldwell et al. (eds.). *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. Am. Soc. Agron. Wisconsin.
- [26] Lawrence, P. and K. J. Frey; 1973. Backcross variability for grain yield in oat species crosses (*Avena sativa* L.  $\times$  *A. sterilis* L.). *Euphytica* 23: 77—86.
- [27] Luedders, V. D.; 1971. Genetic improvement in yield of soybeans. *Crop Sci.* 17: 971—972.
- [28] Probst, A. H. and R. W. Judd; 1973. Origin, U. S. history and development, and world distribution. in B. E. Caldwell et al. (eds.) *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- [29] Prohaska, K. R., and W. R. Fehr; 1931. Recurrent selection for resistance to iron deficiency chlorosis in soybeans. *Crop Sci.* 21: 524—528.
- [30] Ross, J. R., and C. A. Bjim; 1957. Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double-row method. *Plant Dis. Rep.* 41: 923—924.
- [31] Schutz, W. M. and R. L. Bernard; 1957. Genotype  $\times$  environment interactions in the regional testing of soybean strains. *Crop Sci.* 7: 125—130.
- [32] Smith, K. J.; 1979. Summary of Meeting, Soy Oil Research Committee. Am. Soybean Assoc. St. Louis, Missouri.
- [33] Smkh, P. E., M. J. Kaufman, R. L. Bernard, and A. F. Schmitthenner; 1937. Inheritance of resistance to phytophthora root and stem rot in the soybean. *Agron. J.* 49: 391.
- [34] Tisselli, O., J. B. Sinclair, and T. Hymowitz; 1939. Sources of resistance to selected fungal, bacterial, viral and nematode diseases of soybeans. INTSOY NO. 13. Univ. of Ill. Urbana, Illinois.
- [35] Turnipseed, S. G.; 1973. Insects. in B. E. Caldwell et al. (eds.); *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- [36] Van Duyn, J. W., S. G. Turnipseed, and J. D. Maxwell; 1971. Resistance in soybeans to the Mexican Bean Beetle. I. Sources of resistance. *Crop Sci.* 11: 572—573.
- [37] Van Duyn, J. W., S. G. Turnipseed, and J. D. Maxwell; 1972. Resistance in Soybeans to the Mexican Bean Beetle. II. Reactions of the beetle to resistant plants. *Crop Sci.* 12: 561—562.
- [38] Vest, G., D. F. Weber, and C. Stoger; 1973. Nodulation and nitrogen fixation. in B. E. Caldwell et al. (eds.). *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- [39] Wilcox, J. R. et al.; 1972. Genetic improvement of soybeans in the midwest. *Crop Sci.* 19: 803—806.

# THE PROGRESS OF SOYBEAN IMPROVEMENT AND ITS POTENTIAL DIRECTION IN THE UNITED STATES

Gai Junyi

*(Soybean Research Laboratory, Nanjing Agricultural College)*

## Abstract

The topics are as follows: (1) Development of soybean production, including soybean production in the world, soybean production in the U. S., and factors related to the rapid development of soybean production. (2) Breeding progress. (3) Analyses of factors related to the breeding progress, including non-technological factors, utilization of soybean germplasm, breeding strategy, parentage, breeding methods, and uniform testing system. (4) Potential direction, including exploring germplasm resources, population improvement and recurrent selection, breeding for insect resistance, breeding for disease resistance, breeding for stress tolerance, ideotype and plant architecture, breeding for nitrogen fixation, and breeding for seed composition.

\* This paper is an investigation of the U. S. soybean breeders' experiences and a literature review of soybean breeding in the U. S., which was finished when the author was a visiting scholar in the Department of Agronomy, Iowa State University during Jan. 1980-Aug. 1982. The author is grateful to Dr. Fehr at Iowa State University who helped arrange all the visits to the institutions and scientists. Thanks are also due to Drs. Hartwig, Bernard, Hadley, Caviness, Lambert, Gritton, Boerma, Dunphy, Burton, Kenworthy, Cregan, Walker, Cooper, and Wilcox who offered reprints, experiences, personal communications, advice, and honorariums. Furthermore, the author would like to express acknowledgements to the Iowa Soybean Promotion Board, American Soybean Association, and World Food Institute, and Department of Agronomy of Iowa State University for their kind supports.