

外籍学者讲学材料之二十五

家蚕遗传学

日本国立遗传学研究所所长，农学博士

田 岛 弥 太 郎

(1981. 11. 19. — 12. 1.)

农牧渔业部教育局
西南农学院

一九八三年二月

前 言

1981年11月19日至12月1日,日本国立遗传学研究所所长田岛弥太郎博士,应我国农业部邀请来华讲学。农业部委托西南农学院举办家蚕遗传学讲习班,并邀请兄弟院校蚕桑系及各省农业厅、局、蚕学科研机关派员参加学习。

田岛所长受教于日本遗传学家故田中义麿教授,毕业于九州帝国大学农学部,1954年荣获日本博士院奖赏,1956年任国立遗传学研究所形质遗传部长,1975年任国立遗传学研究所所长到现在,曾任国际遗传学联合会会长,国际环境变异学会副会长。田岛博士留学欧美,两游苏联、八去印度,历访欧美、东南亚许多国家,传播家蚕遗传学研究成果。著作甚多,蜚声国际。他的《化学物质致突变性检测法》一书已于1981年8月人民卫生出版社出版。蚕学方面主要的英文著作,有1964年的《家蚕遗传学》,及1978年新著英文版《家蚕——一个重要的研究工具》,此书已由笔者等全部译完。此次田岛讲授的十讲中,上述两书各占三讲但均另有补充。

田岛博士在十讲以外,曾应四川遗传学会,重庆市遗传学会及西南师范学院生物系联合邀请作“日本环境诱变因素的研究概况”的报告。此稿,后在上海再度讲出,故作为附录1。还有本讲义内有些地方,联系到单为生殖与多倍体。故将他的《家蚕遗传学》内的“单为生殖与多倍体”一章,也作为附录2译出,以供参考。

末了,在这里对田岛所长不远万里来华讲学,表示衷心的感谢。

蒋同庆

一九八三年二月

校 译 后 记

家蚕遗传育种科的内容,已由形态学、生态学、生理学、发生学的个体水平,细胞水平,染色体水平,深入到基因水平,分子水平,向现代化迈进。原著者对本讲义的供稿,体现了这些重要环节。但校译者等体会不够,会使读者带来一定的困难,诸希鉴谅。

田岛所长讲学内容,原有印刷的讲稿资料,与课堂上讲授录音。两者相辅相成完全统一。内容虽无本质的差异,但究有繁简之分。为便于读者系统全面的了解,故本讲义系依印刷的讲稿资料,全文译出,以响读者。

译文定稿时,最大困难,是外来语汉字译名的取舍问题。中日文里面,有的译名相同。例如: genetics, 中日两国,都译为遗传学。这是没有争论的译名,很易处理。但是如 heterosis 日译为杂种强势,而中译为杂种优势; combining ability 日译为组合力,中译为配合力。allele 日译为对立基因、或相对基因,中译为等位基因。variance 日译为分散,中译为方差。其他休眠与滞育等译名各异,不胜枚举。究竟那一个译名最确切最恰当,不拟在这里讨论。但日文的汉字,源出中国,由古迄今,两国“同文”,有如英美,乃系客观存在的事实。现在两国科学界,对于欧文名词用语,谁都想用最确切的汉字译名,这是两国科学家共通一致的愿望,其通一致的翻译基础。故今天中日两国已有的译名,都是两国科学家,各自而又共同获得的劳动成果,来之不易,都应珍惜。所以本讲义使用的部分译名,本着“求同存异”的原则。对有差异的部分译名,双方共存。既方便了读者,也保留了原著及校译者的意见。沟通两国译文的差异,以利学术交流。並供以后选订译名时的参考。

基因符号,根据遗传基因命名法国际委员会规定,应该使用意大利斜体字母,但本讲义限于印刷条件,未能做到。很为遗憾。

本讲义文稿及课堂翻译,有的部分曾蒙外单位听讲者黄君霆,刘之国、顾家棟等同志协助;除已分别在文内署名外,特此致谢。

校稿时发现误排误译,不在少数。尤其附表及文献,仍有未足。文献号码的形式,前后未能统一。例如其中: 3、3)、③、不管有无半括弧“)”或圆圈“○”均指第3号文献。其他数字、数据,虽经更正也难免遗漏或错误,诸希读者随阅发现,以便及时正为荷。

目 录

第一讲	概论——历史与今后的展望, 附人工饲料	(1—14)
第二讲	家蚕的遗传性状和突变系统	(15—39)
第三讲	母性遗传及其生物化学方面的研究	(40—48)
第四讲	激素机制的遗传控制	(49—67)
第五讲	家蚕的辐射诱变	(68—93)
第六讲	家蚕的化学诱变	(94—124)
第七讲	家蚕的性决定机构与染色体工程	(151—153)
(上)	家蚕的性决定	(151—153)
(中)	卵色雌雄鉴别的研究	(132—150)
(下)	家蚕染色体工程	(151—153)
第八讲	家蚕的育种	(154—172)
第九讲	限性品种的育成经过	(173—195)
第十讲	丝素的基因工程	(196—206)
附录 1	日本环境诱变因素的研究概况	(207—212)
附录 2	单为生殖和多倍体	(213—219)

第一讲 概 论

——历史与今后的展望 附人工饲料——

农学博士 田岛弥太郎

这次我经蒋先生的介绍，农业部的邀请，能到贵国有名的农科大学的西南农学院来讲学，我非常感到高兴。从今天开始，准备用十一次时间来讲家蚕遗传学的梗概。我最近担任研究所所长，讲学实际上是离开研究的。大学的课程我完全没有搞过，所以在这次接到邀请，到中国以前，匆忙的准备了各种讲义和资料，因此，未必是全体一贯的、有关这点请多原谅。以日本遗传学的研究，特别我自身的研究为中心讲出。但最近不只日本、而把世界各国，家蚕遗传学进步状态，能介绍给大家的话，我就感到很荣幸了。现在开始讲。

今日讲义的内容，以家蚕遗传为中心，全般问题的概观进述。

目 录

1、引言.....	1	4、近代史和现状.....	7
2、野生种.....	3	5、展望未来.....	9
3、驯化及早期历史.....	4	6、人工饲料.....	10

1、引 言

家蚕遗传学在本质上是一门应用科学。其根本目标，是对经济上有用的性状，进行遗传学分析，以满足工业生产的需要。养蚕科学的其它分支，如饲育技术，胚胎学，生理学，生物化学的不断进步，给遗传学的研究发展，提供了十分重要的手段。家蚕即使不是独特的实验动物，也已逐渐成为一种非常有趣的研究对象。例如眠性、化性、嵌合性这些现象，事实上对纯科学的探讨也有很大的意义。同时，在色素形成的生化研究，辐射诱变的研究等方面，都取得了根本性的重大成果。

不消说，蚕的遗传学受到了不仅仅是日本，还有其它几个国家、如、中国、法国、意大利和苏联养蚕业的推动。但是，各国语言的不同却给它们之间进行科学知识的交流，带来严重的障碍。

在这次讲学中，我想系统地介绍日本及其它国家在家蚕遗传研究方面的最新成就。

a、分类学

以经济学为目的饲养的产丝昆虫，可分为两类——桑蚕和非桑蚕。这种分类正好与分类学上的分法一致。家蚕用拉丁文表示为*Bombyx mori* L.，它是家蚕蛾科中仅以桑叶为食的独特成员。非桑蚕由天蚕蛾科的几个以其它植物叶为食的物种组成：柞蚕 (*Ant-heraea mylitta* Drury) 印度柞蚕食用植物：(榄仁树*Terminalia*，婆罗双树*Shorea*和枣树(*zi-zyphus*)；中国柞蚕 (*A. perni* Guér. Mém.) (*Querques*) 天蚕，(*A. Yamamai*) Guér Mém) 日本柞蚕，(*Quelques*)；姆伽蚕 (*Muga*)、(*A. assama*, *Machilus*和 *Litsaea*等)和蓖麻蚕 (*philosamia cynthia ricini*, *Ricinus*, *Heteropanax*和 *Ailanthus*)。非桑蚕的食用植物范围，稍微广一些，每个种都有如括弧后面所列的自己最喜好的食用植物。

b、生物学

家蚕 (*Bombyx mori*) 及其有亲缘关系的野蚕适应温带气候，而一部分非桑蚕生活在热带地区。例如：印度柞蚕和阿萨姆蚕，在印度热带和亚热带地区的高大灌木丛中饲养；蓖麻蚕在印度阿萨姆炎热而潮湿的气候条件下进行室内或室外饲养。

正如鳞翅目的其它昆虫一样，蚕在整个生活周期中，要经历完全变态的四个时期——卵期、幼虫期、蛹期和成虫期。在幼虫末期，它们吐丝营茧，以防在蛹期遭受捕食。有些蚕种或品种一年仅繁殖一代（一化性），但多数是繁殖两代或两代以上——随温度、光照长短、营养条件等环境条件而定。不论以卵的形式或其它发育形式冬眠，都随物种、品种和环境条件而变化。

c、地理分布

据日本国立蚕丝协会统计，1978年世界家蚕丝的总产量为818,800包（49,128吨，1包=60公斤），其中，中国生产316,000包（占38.6%），日本生产266,000包（次于中国，占32.5%）南朝鲜生产71,000包（占8.7%），苏联生产54,000（占6.6%），印度生产51,500包（占6.3%）。余下的7.4%产于地中海和拉丁美洲几个国家（图1—1）。

同家蚕丝相比，非家蚕丝的产量估计为家蚕丝产量的十分之一。据报导，印度1975年非家蚕丝的总产量为543吨，其中柞蚕丝为395吨（占72.7%），蓖麻蚕丝121吨和姆伽蚕丝27吨（占5%）（Jolly等，1979）。

由于饲养家蚕能得到有价值的丝质品原料，所以给农民带来了一笔很大的收入。日本现在的经济繁荣多亏明治时代早期养蚕业发达，向美国输出大量生丝，从而为工业化积累了资金。在1859年日本政府开发通商口岸后的头33年，生丝输出额以日元计，超过总输出额的35%，在后来的25年里，超过总输出额的25%（小仓，1979）。近年来，形势之所以发生巨变，一方面是由于劳动力锐减，另一方面也由于生产成本的增加。日本现在要从中国和南朝鲜输入生丝。

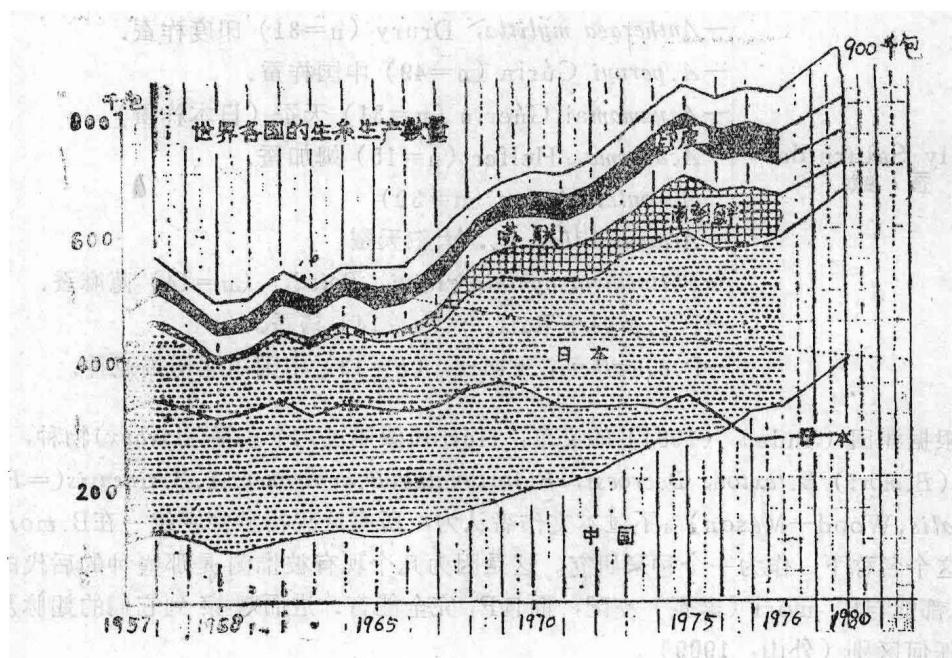


图 1—1

2、野 生 种

a、野生种

虽然家蚕的饲养最为广泛，但与其亲缘关系的野生种却很少。只有三个，且茧质低劣。与此相对，柞蚕 (*Antheraea*) 科的野生种却很丰富。其中有许多种都是优良的营茧者。表 1 说明的是这些物种的系统亲缘关系。

本表所记载的物种都是丝织品生产上曾经用过的蚕种。随着家蚕 (*Bombyx mori*) 的引进，有些已被淘汰，如中国使用过的桑蠃 (*Rondotia*) (布目, 1968)、哥斯岛和东地中海国家使用过的 *Pachypasa* (Richter 1929, Bock等, 1938)。

表、1—1 家蚕及其他主要绢丝虫类

Family Bombycidae 家 蚕 蛾 科	— <i>Bombyx mori</i> L. (n=28) 家蚕
	— <i>B. mandarina</i> , Moore. (n=27, 28) 中国野桑蚕 n=28 日本野桑蚕 n=27
	— <i>Theophila religiosae</i> , Half. (n=31) 印度野桑蚕。
	— <i>Rondotia menciae</i> , Moore. 桑蠃, (薄翅桑蚕) (大木目蛾)
Family Lasiocampidae 枯 叶 蛾 科	— <i>pachypasa otus</i> Drury (n=31)

Family Saturnidae—
天 蚕 蛾 科

- Antheraea mylitta*, Drury (n=31) 印度柞蚕.
- A. pernyi* Gúrin (n=49) 中国柞蚕.
- A. yamamai* Gúerin (n=31) 天蚕 (日本柞蚕)
- A. assama*, Helfer (n=15) 姆加蚕.
- A. roylei*, Moore (n=30)
- Attacus atlas*, L. 大柏天蚕
- Philosamia cynthia ricini*, Boisd, (n=14) 蓖麻蚕.
- P.c. pryeri* Butl. (n=14) 樗蚕.
- P.c. walkeri*, Fldr. (n=13) 中国东北樗蚕亚种.

根据洲田 (Suda) (1904) 的文章, Hutton叙述过六个家蚕(*Bombyx*)物种, 即: 家蚕 (*B. mori*) *B. textor*, *B. croesi*, *B. fortunatus*, *B. arracanensis*, *B. sinensis*(=*B. meridionalis*, Wood—Mason)。不过本文作者认为, 所有这些物种都应统一在*B. mori* (家蚕) 这个名称下, 作为一个种来研究。这是因为几个现有被推测是那些种的后代的热带品种, 都能与*B. mori* (家蚕) 交配, 而且 F_1 完全能育。进而观察到它们的翅脉及翅型没有任何区别 (外山, 1909)。

3、驯化及早期历史

a、野生种的驯化

在司马迁 (公元前145—86年) 所著的中国经典作品《史记》中, 有这样的描述: 在中国远古黄帝的朝代, 皇后喜爱养蚕。后来, 王祯在他的专著《农书》中又引证此言, 宣称皇后西陵氏开创和发展了养蚕 (布目, 1978)。

无论这个传说的可靠性有多大, 数种史料支持野蚕的驯化在很古时期就开始于中国的观点。最重要的证据是从殷墟 (公元前1200—1050) 文物中发现的甲骨上雕刻的象形文字。经鉴定, 上面有表示家蚕、桑、丝线和丝织品的象形文字。一些象形文似乎还表示了幼虫的不同斑纹, 暗示出可能已存在家蚕的几个品种 (布目1968)。甚至在出土文物中还发现有家蚕幼虫的雕刻残片, 在一把斧头和一个陶杯上盖着的一块织物。经 Sytyam (1937) 和布目 (1978) 鉴定, 这块织物就是丝织品。从这些发现中, 布目推测, 家蚕的驯化始于中国殷朝后期。

然而, 近期又发现现代的家蚕与其推测的祖宗野蚕 (野桑蚕下同) 的染色体数不一样。川口 (1928) 在研究了从日本几个地方搜集的野蚕之后报告说: 野蚕的 $n=27$, 而已知的家蚕 $n=28$ 。他在野蚕与家蚕的杂交的 F_1 观察到, 在第一成熟分裂中, 前者的一条染色体与后者的两条染色体配对。因此, 他推测, 在驯化的长期历史进程中, 野桑蚕 (*mandarina*) 可能就是现代家蚕的祖先。后来, 阿斯道洛夫 (Astaurov) 等 (1959), 得到与川口的发现相反的观察。他们发现, 生活在中国华中上海地区和中国东北乌苏里江地区野蚕的单倍染色体数为28条。该发现使他们推测, 家蚕祖先, 与其说是 $n=27$ 的品种, 不如说更有可能

是 $n=28$ 的野桑蚕种 (*Bombyx mandarina*)。李 (Li) 通过细胞学观察, 指出台湾野桑蚕的染色体 $n=28$ 。而据今井观察, 南朝鲜的属于 $n=27$ 的染色体组型 (广部, 1968)。最近, 蒋等 (1980) 提出, 生活在中国内地四川地区的也是 $n=28$ 。

通过家蚕和日本野桑蚕种之间同功酶基因频率的比较研究, 虽然是间接的方法, 获得了证实阿斯道洛夫观点的证据。吉武 (1966) 用琼脂凝胶电泳法, 研究了血液磷酸酶, 血脂酶和体壁脂酶的同功酶基因, 比较了它们在几个蚕品种中的频率分布。从包括日本种在内的227个蚕品种所得的数据, 可以认定良好地代表了家蚕。而野桑蚕的数据是以遍及日本的48个地方搜集的总数942个个体为基础的。该结果列在表2之中。

表1—2 在家蚕和野桑蚕之间同功酶基因分配差异

测定幼虫数		家 蚕	野 蚕
		768	942
血液酸性磷酸酶	O	7.3%	2.2
	A	4.2	0
	B	9.4	2.2
	C	51.0	45.0
	D	28.1	50.6
血液酸性酯酶	O	28.1	17.1
	A	62.5	19.2
	B	3.1	1.9
	C	6.3	59.8
	D	0	2.0
体壁酯酶	A	1.5	0
	B	20.7	0
	C	48.2	7.8
	A B	7.5	0
	A C	22.1	0
	D	0	79.0
	E	0	13.2

比较结果认为: 在血液酸性磷酸酶方面, 两个种的同功酶基因分布模式之间并无多大区别, 但在血酯酶方面就不同。而体壁酯酶除C型外, 则完全显著不同。因此, 很难想象家蚕会源于日本的野蚕品种。该发现似乎支持了阿斯道洛夫的观点。由此我们可以大胆地断定, 现在的家蚕必定是由 $n=28$ 的野蚕品种的祖先, 首先在中国驯化而来的。

b、中国养蚕业向东、西方传播

中国垄断养蚕业直到公元二或三世纪, 桑籽和蚕种外流, 养蚕业开始传播到世界各

地。布目(1979)和广部(1968)根据档案记载和发掘的古代文献资料推测养蚕业的传播时期和路线如下:大约公元二——三世纪传到中国新疆省塔里木盆地附近的和阗,一世纪传到朝鲜和日本,六世纪传到君士坦丁堡,五世纪传到缅甸。正如图1—2所示。

除养蚕业对外传播外,几乎可以肯定地说,华丽的丝绸服装早在公元前几个世纪就引起了罗马贵族浓厚的兴趣。当时,家蚕还没有传播到西方国家。一些文献和档案记录告诉我们,哥斯岛(cosisland)和毗邻国家用枯叶蛾科(*Pachypasa outs.*)的茧生丝来制丝织服装(Richter, 1929; Bock和pigorini, 1938)。另外,那里很可能还有用骆驼从中国运去的真丝,在市场上以惊人的高价出售。

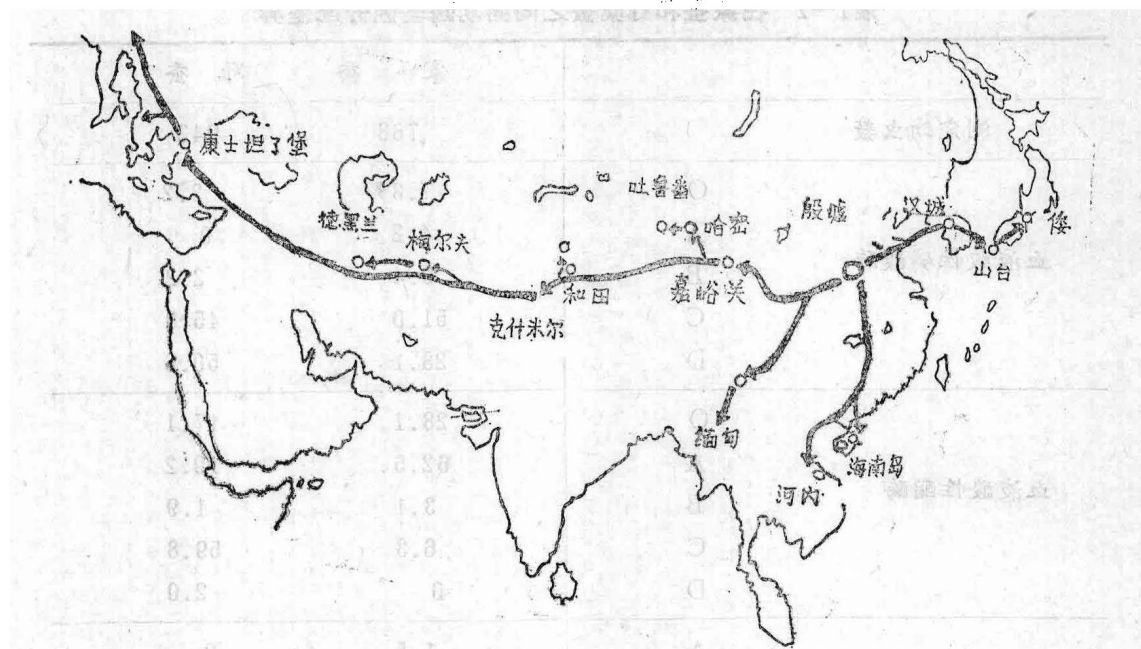


图1—2 养蚕业从中国传播出去的推测路线和时期

根据Hakim Ali (1956) 的文章,印度的宗教经典《吠陀经》(公元前1500—600)有关生丝的记述。他写道,Tulsi Dass在《腊马延那Ramayana》中也有关于生丝和家蚕的记载。以下是那部伟大史诗第七章第六节中的诗句:

“Pat Keet te hoi, tâte pitâmbher ruchir

Krimr Palg sab koi, pran apawan prân sam”。

根据Ali的解释,其意思是:丝由昆虫吐出口,用来织成美丽的绸,众人关照顾若命,虽然此虫难摸透。这表明,印度人是从中国人那里分别了解到家蚕这种奇异的昆虫,学会生产绢丝和丝织技术的。他们大概从野生的柞蚕或蓖麻蚕茧获得生丝的。布目推测,家蚕是在公元二~三世纪取道克什米尔传到印度的。

虽无确证的文献可考,但作者持有这样一种看法,可能还有另一条途经——从海路传到印度。传播的年代可能没有图2所描述的那样早,大概在中世纪。正如在以后的章节中要叙述的那样,热带品种在某些方面不同于其它品种;但从越南、柬埔寨、泰国、

缅甸和印度所收集的品种中发现，它们具有一些共同的特征：幼虫细长个体小，茧呈纺锤形，茧衣多、适应热带气候。从这些特性可以想象，它们很可能都起源自一个共同的祖先——广东地区饲养而且传播于沿海的多化性品种。

4 近代史和现状

a、区域品系的分化

在不同的气候和社会环境中饲养，经过成千上万的世代交替，家蚕已逐步分化成为几个大区域品种或品系。目前，至少可分为四个区域品系，即华系，欧系、日系和热带系。其特征分叙如下：

(a) 华系

幼虫期短、体形略圆，大多数品种耐高温，茧呈椭圆，茧色白或金黄，茧丝纤度细，丝长长，解舒优。一化或二化性。

(b) 欧系

卵及幼虫体型大，幼虫期长，对病害敏感，茧呈长椭、白色或肉色。纤度粗，但丝胶含量高、解舒优。一化性。

(c) 日系

幼虫期长，其背部有黑色素普通斑。对不良环境特别是低温的抗性较强。茧呈束腰形，多为白色。纤度粗。一化和二化性。

(d) 热带系

幼虫期短，体形细小。耐高温。茧呈纺锤形而松软，茧色有白、黄、绿。

许多研究者进行了遗传分析。以揭示某些地方品种的有关各种性状，如趾钩数的退化，血型、茧色基因和同功酶型等，在基因构造上的差异（广部、1968）。

其中，开展最为广泛的工作，是对同功酶的研究。如前所述，吉武和他的合作者用琼脂凝胶电泳，研究了227个家蚕品种中几种同功酶基因的分布。这些品种是从日本国立蚕丝试验场，在世界各地广泛收集保育的品种中抽选的。他们研究的同功酶有八种类型：

血液酸性磷酸酶、中肠硷性磷酸酶、血液酯酶、体壁酯酶，丝腺酯酶、脑酯酶、胃液旦白酶和血酚氧化酶。其结果揭示出，在种群中基因构成差异最大的是中国的一化性品种，差异最小的是热带多化性品种。按照Vavilov的观点，品种差异最大的是在栽培作物起源地区。吉武等（1968）因循该见解，作出了家蚕品种的谱系：如图1—3所示。

本谱系与根据文献调查所作的推论并不一定一致。例如在该谱系中，朝鲜和日本品种就看不出有什么关系。引起此矛盾的原因或者是

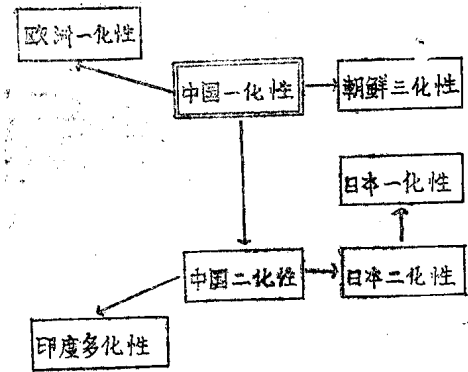


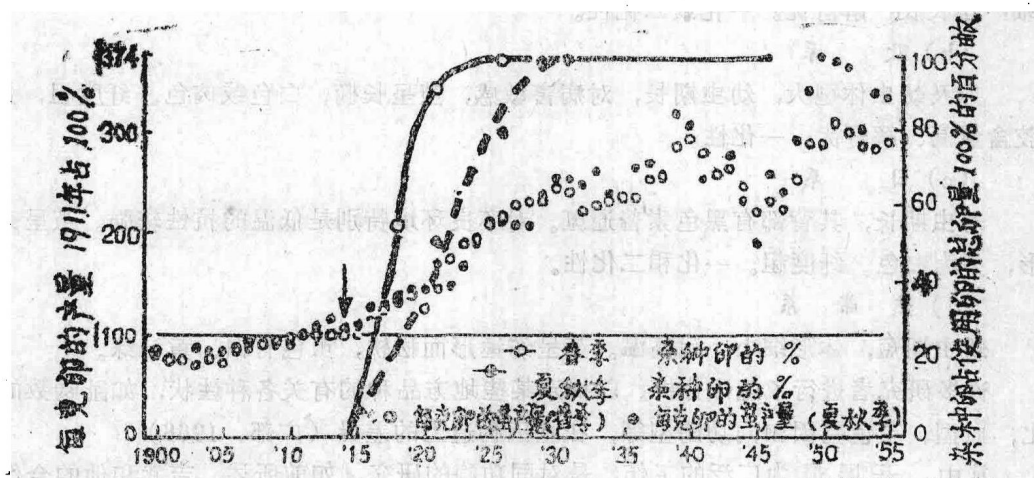
图1—3 家蚕品种的品系

遗传结构的随机漂变，或者是因为后来中国家蚕品种的直接传播。

b、日本的家蚕育种

对家蚕品种的后代，或者仅通过个体选择，或者通过异型交杂与选择相结合的方法进行选育，以创造新品种的工作，在很久以前就开展了。而且育出了一些优良品种。这些选育工作最重要的目标是发展产量稳定的品种，其次是提高茧丝生产的产量和质量。

二十世纪初叶，有位日本科学家注意到 F_1 代杂种优势的利用。外山（1909）在他的试验中，观察到日本种与泰国种杂交的 F_1 产茧量提高30%。效果非常显著，他极力赞助把 F_1 代杂种优势用于商业。日本国立蚕业试验场（1917）对交杂种进行了广泛的研究。其结果除同宫茧易于发生外，都非常可喜。揭示出交杂 F_1 比双亲：（1）饲养期短，（2）死亡率低，（3）同宫茧发生率高，（4）茧丝长长，（5）茧层量重，（6）茧丝粗。最后，报告结论指出：在几种组合中，以中国种与欧洲种的杂种表现的结果最好（1917）。



图（1—4） 杂种卵与茧生产之间的关系（横山1957）

此后，蚕种繁育的主要努力方向就是改良原种，用生产组合力最佳的交杂种。为此目的，不得不在相同的饲养以及缂丝条件下，做大量的交杂组合试验。私营企业育种者在发展良种方面，进行了激烈的竞争。从而极大地扶助了蚕农，使他们增加了收入。但这又引起另一个有关杂种蚕卵生产的问题。因为随着杂种原种的改良，由母蛾所产蚕卵就减少了。这一问题是通过采用三元交杂种和或双交杂种，就象美国搞杂种玉米那样加以解决的。不过，采用多元交杂也给育种者增添了麻烦。因为它需要在几个经济性方面进行大规模试验，而且一般来说，双交杂种在其表现方面比一代杂种为劣。家蚕育种家的努力和创造性劳动，终于使这一缺点得到克服。目前在日本商业生产上饲养的蚕种几乎都是双交杂种（蒲生）。

c、性别自体鉴定种的创立

为了生产双交杂种的蚕种，有必要事先把雌蚕与雄蚕分开，以便防止纯种出现：这

项工作长期以来,都是通过鉴别幼虫腹面的点状圆盘形生殖器官进行的。但这项工作要花费大量目力敏锐、技术熟练专业人员的劳动。如果能创立自体鉴定品系,则可以节省大量劳力。

性别自体鉴定蚕种的繁育,是逐渐通过利用W染色体与第二染色体一段之间的转座(易位)实现的。前者载有雌性基因,后者载有幼虫标帜基因。可用于这一目的的转座是著者首先发现的(1941)。只要根据幼虫是否有标帜基因,就易于识别这种品系的性别。但是,这种品系的雌体的成长与同一蛾区分离的雄体相比,有一点不足。据推测这种不足,是由于转座的额外染色体片断所引起。应用X光照射,尽可能除去这段多余的染色体,然后与现行通用的品系进行反复回交,以提高蚕茧品质(田岛1964)。这样就得到了良好的品系。现在这些品系在生产上已经广泛使用。

为了达到同样的目的,迄今已成功地诱发了几种转座,使W染色体标上可见的标帜基因。例如卵色基因(田岛等和Strurnikov等)。幼虫的虎斑基因(桥本)和黄茧色基因(木村等)。目前正在致力于用这些转座,来发展商业生产上有利的品系。据报道,苏联的研究人员,在这些工作中走到了前列。他们已把一种有标帜基因的自体鉴定品种,推广到农民。

5. 展 望 未 来

a、抗性品种的改良

根据在法国,意大利和日本的经验,养蚕业在这些工业化迅速发展的国家,几乎不能兴旺起来。现在养蚕业正转移到工业化程度较低,劳动力充足,成本合算的地区。这些地区一般在印度和非洲。那里的气候条件比起蚕业曾经兴旺发达的地区来说,通常要差些。

上面所提蚕品种的培育,应考虑诸如耐高温、抗潮湿、耐干燥气候和抗几种病害这些因素。

b、适于人工饲料的品种改良

在日本,尽管工业化迅速发展,但有一部分人对养蚕业仍然感兴趣。一种只需较少劳动来喂养的新技术正在迅速发展。即至少在稚蚕期采用人工饲料来喂养蚕。据近几年获得的经验,得知大多数日本种可喂这种饲料,但中国种就不一定行。不过无论怎样,选择是有效的。即使是中国种,也可提高食用人工饲料个体的频率(蒲生,1976)。

遗传分析进一步说明,以人工饲料为食的性状呈显性遗传。至少由一对主要基因和几对修饰基因所控制。因此,大多数日本种和中国种之间的杂交 F_1 ,能喂这种饲料,尽管这种饲料还不完美。对这种饲料的不同适应性,取决于不同的杂交组合。为了保证高产,迫切需要育出应适性更强的品种。

c、遗传工程技术的应用

分子遗传学的最新成就，为合成前所未有的新生物类型，开辟了新的天地。在一些家养的动物之中，应用这种技术，看起来家蚕具有最大的可能性。小岛等人在细菌细胞内，对蚕的丝素基因进行了无性繁殖，已经取得成功。应用这一技术的主要研究课题，可能是如何把其它物种昆虫的基因，引进家蚕染色体组，这一问题至今利用杂交还解决不了。

6、人 工 饲 料

a、人工饲料的发展

一般认为用人工饲料作为家蚕营养物，是从1960年开始的。因为全龄人工饲料育的第一报是在1960年。那时的人工饲料用50%或50%以上的干桑叶粉作为主要成分之一。成分也相当简单，因为那时还没有有关这种昆虫营养要求的资料可供利用。用这种饲料饲育，幼虫生长发育受阻，茧小，产卵量也低。

接着做过用可能更纯的化合物，代替粗拼料以改进这种饲料的尝试。用这种方式改进的饲料，来分析家蚕的营养需要。起初，这种饲料含桑叶粉10%，与淀粉，蔗糖，生大豆粉，盐混合物，纤维素粉一块儿来配制，因为已知这种饲料可维持幼虫生长。但如果是使用乙醚处理了的大豆粉来代替未处理的大豆粉，幼虫的生长几乎完全被抑制，且在2龄前死亡；另一方面，如在含有乙醚处理过的大豆粉的饲料中，加进从大豆粉中提出的乙醚提取物，试验的所有幼虫，都能蜕皮，并恢复正常生长。从而，我们得知在大豆油中存在着家蚕生长的必要因素。在用人工饲料进行这个最早的营养试验之后，紧接着又证明了粗大豆油中的必要因素之一，是甾族化合物。后来还阐明大豆脂肪酸也是必需的。

随着家蚕营养要求资料的积累，人工饲料的研制也逐渐得到改进。现在桑叶育和人工饲料育幼虫，在生长发育速度只有很小的差异。没有桑叶粉的人工饲料一般称为半合成饲料，也可看作是全合成饲料 (meridic diets)。

以氨基酸作为氮的唯一来源的所谓氨基酸饲料也是有效的。表1—3所示为用来分析氨基酸需要量的氨基酸饲料的一个例子。这种饲料可使幼虫维持生长到一定程度，并可结茧。氨基酸饲料可供基础营养的研究，而非常在实际中使用。表1—4是含桑叶粉的两种人工饲料之比较。这些是实际中使用的饲料，而不用来作家蚕营养的研究。

表1—3 研究氨基酸营养的基本饲料

物 质	含 量 (% 干 重)
马铃薯淀粉	7.5
蔗 糖	12.5
混合氨基酸* ¹	20.0
精制大豆油	3.0
β-谷甾醇	0.5

Wesson氏混合盐	4.5
抗坏血酸	2.0
柠檬酸	0.5
纤维素粉	34.2
桑色素	0.3
琼脂	15.0
总量	100
β族维生素*2	适量
蒸馏水	3 mp/g干饲料

*1 所有L·氨基酸组成重量见下表

丙氨酸	7.0	盐酸赖氨酸	8.0	盐酸精氨酸	6.0	旦氨酸	2.5
天冬氨酸钾	12.5	苯丙氨酸	5.5	胱氨酸	1.0	脯氨酸	4.0
谷氨酸钠	12.0	丝氨酸	5.0	甘氨酸	5.0	苏氨酸	5.0
盐酸组氨酸	2.5	色氨酸	2.0	异亮氨酸	5.5	酪氨酸	2.0
亮氨酸	8.5	缬氨酸	6.0				

*2 每克干饲料加B族维生素的数量如下:

生物素	4 μg	泛酸钙	1.5mg	胆碱	1.5mg	Hcl-吡哆醇	30μg
叶酸	4 μg	核黄素	20μg	肌醇	2 mg	Hcl-硫胺素	20μg
烟碱	0.3mg						

表1—4 含桑叶粉的人工饲料成分

物 质 (成分)	供 1 — 4 龄 用 (g)	供 5 龄 用 (g)
桑叶粉	25.0	25.0
大豆油	1.5	3.0
脱脂大豆	36.0	45.0
胆固醇	0.2	0.2
柠檬酸	4.0	4.0
抗坏血酸	2.0	2.0
山梨酸	0.2	0.2
琼脂	7.5	5.0
混合盐	3.0	3.0
葡萄糖	8.0	10.0

马铃薯淀粉	7.5	15.0
纤维素粉	20.8	—
B族维生素	适量	适量
防腐剂	适量	适量
(总量)	(115.7)	(1124)
水分	300ml	220ml

b、饲料成分的改进

现在正在努力的方向，是改进人工饲料的成分。有关营养要求的质量和数量的资料，起了很大的作用。根据家蚕饲料的资料，最近归纳出三种不同半合成饲料的配方。即前期饲料（供一龄幼虫）、中期饲料（供2—4龄幼虫使用）和后期饲料（供5龄幼虫）。在供稚蚕用饲料配方中强调促进摄食，供壮蚕用的饲料配方则强调促进生长（或丝腺的生长）（表1—5）。

表1—5 无桑叶粉的半合成饲料成分

物 质	干 饲 料 (g)		
	供一龄幼虫用 (starter)	供2—4龄幼虫用 (Grower)	供五龄幼虫用 (Proolu)
马铃薯淀粉	10.0	10.0	20.0
蔗 糖	10.0	10.0	—
葡 萄 糖	—	—	12.0
脱脂大豆	30.0	40.0	60.0
精制大豆油	3.0	3.0	3.0
β -谷留醇	0.5	0.5	0.5
卫尔生(Wessonis)混合盐	3.5	3.5	2.0
碱酸氢二钾 (K_2HPO_4)	1.0	1.0	—
抗坏血酸	2.0	2.0	2.0
纤维素粉	34.0	34.0	—
琼 脂	15.0	15.0	5.0
柠 檬 酸	0.5	0.5	0.5
山 梨 酸	0.2	0.2	0.2
桑 色 素	0.2	0.1	—
总 量	109.9	119.8	105.2
B族维生素	适量	适量	适量
防 腐 剂	适量	适量	适量
蒸 馏 水	300ml	300ml	260ml

为使饲料更加可口，再在饲料中加入干桑叶粉或某些桑叶组分。通常在供稚蚕的饲料中加进10—20%的桑叶粉（以干重进行计算），因为桑叶促进摄食。但随蚕儿的生长，可逐渐减少饲料中桑叶粉的含量，这对幼虫的生长，没有任何显著影响。而且4龄和5龄幼虫食用的饲料，可以完全不加桑叶粉。

饲料改进的另一方面，关系到饲料本身的物理特性。饲料含有一种或几种造形的物质，如淀粉、琼脂、凝胶等，以提高饲料的含水能力。配制饲料的硬度影响进食效率很大。饲料中包含有纤维素粉，它有刺激摄食的效果，这与改进饲料的物理特性有关。纤维素粉不能被家蚕幼虫消化，但饲料中纤维素水平在一定程度上，有助于增大食下率和饲料的消耗。

同时，还发现水分含量也影响食下率。最适的水分含量为75%左右。但这须由各种饲料来定，因为每种饲料的基本成分是不同的。

另外，采取一切措施保护饲料不使腐烂，这是很重要的。通常是在饲料中加防腐剂和/或抗生素。但是，如果加的量太大，有时就对家蚕有负的影响。腐烂的饲料决不能给幼虫食，因为那会造成大批的死亡。

c、饲料的配制

实验室饲养家蚕的饲料一般是小规模配制。先把饲料组分磨碎，并充分拌合，再同含有维生素和防腐剂的水一起装入容器内，加盖，然后在97℃左右的水浴中加热15~20分钟，冷却凝成胶状。培养基还可以用高压灭菌代替蒸气消毒。这种饲料可在冰箱里保存几天。通常把它切成薄片，一天一次或隔一天一次给幼虫食用。

d、无菌饲养

小规模无菌饲养，常常使用爱伦美氏锥形烧瓶。先把预先加了热并凝成胶状的人工饲料，切成薄片放入瓶内，加棉花塞，高压灭菌20分钟。在催青前一两天，把卵表浸入2%的福尔马林液中15分钟，然后用无菌水漂洗。在0.1%的 HgCl_2 溶液中给卵消毒，有一些毒性作用，可能是因为在卵表留有微量的 HgCl_2 。把无菌卵放在无菌烧瓶中的薄片培养基上，用棉花塞住。一般瓶子保持在25—30℃。如果需要，给饲料也应是无菌操作。

大规模的饲养，一次可育几千头，这可用较高等动物中常用的乙烯隔离器。另外，也可在完全无菌的房间内进行。采用无菌操作的主要优点之一，是使饲养自动化成为可能，一个星期给一次饲料就足够了，因为这种饲料可以完全避免细菌感染。

无菌饲养的蚕不但对营养和代谢的研究有用，而且对病理的研究也有用。

e、非无菌群体饲养

人工饲料非无菌育蚕已经广泛进行，规模既有大也有小。现在，两天或三天给一次饲料就足以维持蚕儿的正常生长。因为借助于防腐剂和/或抗生素可以在一定程度上防止饲料的腐败。即使在大规模饲养中，人工饲料育和桑叶育在生长率和茧产量方面也只