

## 日本的高产育种

丸山 清明

### 1. 序言

作物品种的特性大致可分为高产性和优质性，这两者关系最协调的品种就成为当家品种。高产性和优质性常常相互矛盾，其理由比较复杂，涉及到从遗传学上的原因至消费者的心理等很多方面的内容。育种家的使命就是用自己的辛勤劳动去解决这一矛盾。高产性可分为在理想环境条件下所表现出的产量能力，也就是所谓狭义的高产性和在病虫害，气象灾害条件下表现出的稳产性。这一狭义高产性和稳产性之间的协调关系也非常重要。这是因为，由于遗传相关或性状间相关的原因，当哪一特性极端强化时，另一特性的改良受到牺牲。

### 2. 日本水稻产量水平的推移以及主要品种的变迁

在日本，从1883年开始就对水稻的产量实行了全国统一的调查。单产水平从当时2吨/公顷提高到现在的5吨公顷。这相当于每年提高单产30公斤/公顷(图一)

狭义的高产是靠株型的改良取得的。爱国、神力、龟尾、旭等代表性的地方品种与后来的改良品种相比的话，都是高秆、长穗而且穗数也比较少。这些地方品种在高肥水平下容易过份繁茂，引起群体结构的恶化，株高伸长，容易倒状，导致减产。另外，在降雨量多日照少的日本，受光态势的恶化容易导致灌浆不良。

到19世纪末，由政府创立农业试验场时，首先从遗传组成比较混杂的地方品种中利用纯系分离法选育优良品种，在短期内取得了明显的效果。但是株型的改良还是在杂交育种正式开始以后。

1927年在全国范围内改编了稻育种机构，接着1931年农林1号品种在生产上开始推广应用。这一全国性的育种组织体系，虽然随着历史的变迁有了多次改变，但基本上还持续到现在。

今年的注册品种有六个(农林284号至农林289号)。另外，从农林51号开始给品种同时取了别名，如越光、笹锦等。

在过去高产性曾是始终一贯的育种目标，但是从60年代后半期开始与单产的提高正相反人均稻米消费量开始减少，到1970年时水稻库存量达到了720万吨。现在年消费量是大约1100万吨左右，而潜在的生产能力是1400万吨左右。于是目前实行控制水稻的种植，奖励种植其它作物的政策，育种目标的重心也从高产性转移到了品质育种方面。这就是日本水稻育种的特点。

育种法的改善提高了高产育种的效率。接着纯系分离法，到1910年代开始了杂交育种，系统育种法(系谱法)成了主要育种方法。到50年代，系统育种法里导入了集团育种法(混合育种法)，这样对杂种初期世代的处理起了很大的变化。通过集团育种法培育出的第一个品种是藤稳(1960年命名)。

另外，把杂种初期世代在温室里繁育三次的加代法(世代促进法)作为改良的集团育种法导入到育种实践中，成了现在的主要育种方法。

通过加代法(世代促进法)培育出的第一号品种是日本晴(1963年)。又1966年通过幅射育种法从藤稳培育出了半矮秆品种黎明，为东北地方水稻产量的提高作出了很大贡献。

位于日本最北端的北海道，由于气温比较低，除南端的一些地方外，在100年之前几乎没有种植水稻。图2，列出了北海道水稻品种高产化的经过(佐本四郎1971年)。这一资料是地方品种和改良品种在同一条件下栽培的试验结果。地方品种赤室以及通过纯系分离法培育出的坊主5号，北见赤毛等品种与后来的改良品种相比株高高出10~20cm。另一方面随着品种的改良提高了每穴颖花数，产量得到了提高。也就是说通过育种株型变矮，品种从穗重型改良成了穗数型。

### 3. 半矮秆遗传基因的利用

就象在上面所提到的那样，株型的改良是以高秆、大穗的地方品种为母本，逐渐增加其穗数，在不过多地减少每穗颖花数的情况下实现了矮秆化，而且靠直立的上位叶保持生育中期以后的受光态势。这种株型的改变从1950年代到60年代取得了显著的成果。在九州以半矮秆品种十石为母本相继培育出了丰沃(1960年)，不知火(1964)，丽丰(1969年)等高产品种。在本洲中部以株型与十石相似的白千本为亲本培育出了以金南风为首的众多品种。另外，为东北地区的稻作超高产作出了重大贡献的黎明作为半矮秆遗传资源加以利用，成了秋光等许多现在种植的高产品种的母本。

在日本积极开展株型改良育种的时候，IRRI推出了具有低脚乌尖半矮秆性状的新品种IR8。另外，在中国南方通过籼稻的半矮秆化大幅度地提高了产量水平。

通过对这些品种半矮秆性的遗传分析，逐渐阐明了世界上很多高产品种都具有同一位点的半矮秆遗传基因。图三是这种遗传分析的一个例子(菊池文雄等1985年)。为了克服远缘杂交所出现的杂种不育以及疯狂的变异现象，通过连续回交的方法给高秆品种农林29号导入半矮秆遗传基因以后，利用近同源遗传基因品系进行了等位性鉴定。SC<sub>2</sub>是以台中在来1号(低脚乌尖/菜园种)作为半矮秆遗传基因的供给源，而SC<sub>4</sub>则来源于不知火(分别是农林29号/台中在来1号//4 \* 农林29号，农林29号/不知火//4 \* 农林29号)。就象图中所表示的那样，通过试验证明了SC<sub>2</sub>和SC<sub>4</sub>的半矮秆基因是位于同一位点上的等位基因。另外，通过这些品种和标记基因品系的连锁分析，搞清了基因位点是在第三连锁群的Sd-1或Cl-47(t)位点上。据推测在这个基因位点上具有半矮秆基因，并且作为遗传资源起着重大作用的有以下几种品种，如低脚乌尖、矮脚南特、黎明、十石、白千本，Calrose76等。

### 4. 稳产性的加强

提高稳产性是取得高产的重要因素，了解稳产性之重要性的最好例子是IR8。具有理想标型，而且狭义高产能力很高的IR8由于缺乏对病虫害的抵抗能力，而不能充分发挥其高产潜力。

日本年降水量多，适于种水稻。但从别一个角度讲，夏季的高温高湿气候又是病虫害多发的原因。在日本对水稻危害最大的病害要算稻瘟病，而高氮水平又助长这一病害的蔓延。由于这一原因在育种过程中不得不半途淘汰很多高产品系。另外，现在已弄清在高氮水平下载培的水稻，更容易

遭受障碍性冷害。因此抗寒性和高产育种之间有着密切的关系。例如, 1980年以东北地区为中心, 日本全国遭到百年一遇的冷凉夏天的袭击, 结果, 太平洋沿岸地区和山区出现了不少颗粒无收的农田, 但日本全国的单产水平仍然保持了4.1吨/公顷水平, 这是1百年之前产量水平的两倍。深层灌溉, 育秧技术等先进的栽培技术对减轻冷害的损失起了很大的作用, 但在另一方面, 品种抗寒性的提高也是主要原因之一。

## 5. 今后的方向

今后要想通过育种手段实现水稻单产的突破性提高的, 以下三点是非常重要的。

(1)、通过进一步改良株型以增大“库”(其中包括大粒和半矮秆的结合, 整个植株的大型化等内容)。

(2)、通过改良光合作用能力等生理机能, 以增大“源”(跟育种连系起来的有关根系生理方面的研究也是重要的研究课题)。

(3)、为了实现以上两点, 应更充分的利用遗传资源, 还应积极地利用杂种优势。

粳稻的变异幅度, 从整个稻的变异来看就显得比较小。分析现在种植的改良种的系谱就可以发现依赖于纯系分离时代选育出的几个品种的比例比较大, 因此变异的幅度更为狭窄。

基于这种形势, 1982年开始了以利用全世界遗传资源培育超高产品种为目标的大型项目“超高产品种的开发以及相应栽培技术的建立”从1981年起在15年内计划达到增产50%的目标(表1)。

表1. 大型研究项目「超高产作物的开发与栽培技术的确立」的阶段育种目标(农林水产省 农林水产技术会议)

阶段	育种年度	产量 (农家阶段)	备注
第1阶段	3年	增产10%	从现在培育的品系中选出(1981~1983)作为临时措施从各地培育中的品系里选出那些虽然在品质上有问题, 但具有高产、稳产性能的品系。
第2阶段	8年 (第一阶段达成后5年)	增产30%	改良现有的高产品种, 韩国品种, 以及极大粒品种等(1984~1988)以现有的品种为材料, 导入早熟、抗寒抗倒伏等特性, 以培育超高产品种, 作为具体的产量目标500kg地区提高到650kg, 650kg地区要提高到850kg。
第3阶段	15年 (第二阶段达成后7年)	增产50%	以第2阶段培育的品系为材料, 进一步改良早熟、抗病虫、抗寒、抗倒伏株型等特性, 以达到超高产目标。产量目标是500~650kg地区提高到750~950kg, 高产田要实现1000kg/10a以上目标。(1989~1995)

籼粳杂交育种, 由于存在着杂交不育, 杂交后代的疯狂分离等问题, 杂种群体中的选拔机率极小, 因此在有限的范围内进行选拔几乎不可能。于是除了通过连续回交的方法导入抗病性等特定遗传基因之外很少有成功的例子。今后随着超高产计划的落实, 把希望寄托在育种规模的扩大上。另外, 可以通过利用在印尼蓝稻里发现的杂种不育缓和基因S-5<sup>n</sup>(Ikehashi and Araki 1985年)增大

F<sub>1</sub>代的重组机会，以提高育种效率。

另外，可以同时利用双亲遗传基因的杂交水稻品种的开发，可一举提高产量，这是一种非常有魅力的育种方法。中国的籼稻杂交稻实现了20~30%的杂交优势，这是充分利用籼稻具有较广变异这一特性的结果。

但是在日本，尤其是在日本稻作中心的北部日本，不适合于种籼稻，可以考虑利用籼粳杂交的F<sub>1</sub>。幸而根据目前的研究结果，苗期的低温褪色、障碍性不实、成熟期的早衰等方面籼稻的低温敏感性对粳稻的抵抗性在大多数情况下表现为稳性。这样F<sub>1</sub>里所表现的将是粳稻的抵抗性。关于籼粳杂交中常遇到的杂种不育问题，只要给父本或母本导入S-5<sup>n</sup>基因就可以解决。

通过改良生理机能的高产育种，与株型等的形态育种不同，选择难度比较大。所以关键问题是能不能开发简易的鉴定法。于是必须加强根的生理活性的提高，物质同化能力的加强，出穗前积累同化产物能力的增大，半矮秆以外的耐肥能力的探索(在高氮水平下群体结构不致恶化)等基础研究工作。

## 讨 论

内山田博士(全农)：为了增大库容提出大粒化，具体来说增大到多大程度？

答：由于平衡上的问题，不好具体说多少mg，但我想远比现本日本稻的200~230mg为高。