

作物育种策略浅谈

孙 寰

(吉林省农业科学院)

摘 要

本文针对我国作物育种实际,提出了进一步提高育种水平的五个途径。1. 增加育种投入和鉴定的品系数,扩大育种规模,采用新的育种方法和先进手段与设备,改进小区设计技术以提高育种效率。2. 充分利用冬繁棚和温室,适当提早测产世代,尽量缩短育种周期。3. 强化产量鉴定,特别是多点异地鉴定建立有效的多点测产体系,采用科学的测产方法和程序。4. 密切跟踪种子市场和生产条件的变化,及时调整育种目标以保持新品种的竞争力。同时,利用各种方式宣传和吸引农民正确选择和使用新品种。5. 采取措施加强品种资源研究,积极引进外来种质,不断为作物育种提供新基因源。

以孟德尔遗传规律的发现为标志的现代作物育种,是利用现代科学技术,以最有效的方式改变植物的遗传性和生产性能的科学。什么是最有效的方式呢?从育种策略的角度来说,就是建立一个能够最大限度地、合理地利用生物资源和经济资源的育种体系,以期获得最大的遗传进度。1945年, Lush提出了计算每个育种周期遗传进度的公式。在此基础上, Eberhart又于1972年提出了计算每年遗传进度的公式。此后,“每年遗传进度”的大小,就成了育种家衡量不同育种体系、育种策略、育种方法的优劣和效率高低的标准。把影响遗传进度的诸因素从质和量两个方面加以考查和具体分析后列入公式,这个公式就更加完善了。本文所要讨论的内容与这个公式有关,摘录如下:

$$G_y = C K \sigma_A^2 / y \sqrt{[(\sigma_u^2 + \sigma_{wg}^2) / (n + 2)] / RE + \sigma_{ge}^2 / E + \sigma_g^2}$$

式中, C: 亲本控制系数; σ_A^2 : 加性遗传方差; y: 一个周期所需的年数; σ_u^2 : 小区内植株间的环境变量; σ_{wg}^2 : 小区内植株间的遗传变量; n: 小区内的株数; σ^2 : 小区间的变量; R: 重复数; E: 环境数(地区数); σ_{ge}^2 : 基因型与环境互作变量; σ_g^2 : 遗传方差。

当前,国际上对育种策略,育种方法论等问题讨论得很多。有些观点和做法已经为多数育种家所接受。本文想就“多出品种,快出品种”的问题,从宏观上谈几点看法。

在我国主要作物的育种已经达到较高水平的今天,再进一步提高,出路在哪里呢?我想,应该首先考虑以下五个方面的问题。

一、扩大育种规模

近年来,作物育种界流行一种说法,称作物育种为“数字游戏”(Number game)。其基本含义是:鉴定的品系越多,获得优良基因型的机会就越大。在这种思想指导下,许多农业大国的作物育种部门,正在竞相扩大育种规模。主要表现是投入的资金多,占地多,组合多,群体大,每年测验的品系多,但主要育种人员并不多。位于美国大豆主产区的衣阿华州立大学,是该州的主要官方育种机构,有大豆育种地约32公顷,每年育种经费约18万美元,另有3万美元冬繁专用经费,每年参加第一次产量试验的品系多达6,000—3,000个。这样的育种规模,在美国也只是中等的。一些私人育种公司,规模更大,迪卡布公司,玉米杂交种第一年有重复、多地点的产量鉴定,就有35,000个组合参加,有一个公司甚至声称每年鉴定100万个大豆品系。为什么育种家这样强调扩大育种规模,玩弄数字游戏呢?从理论上说,就是加大选择压力,增大K值。比如:欲选出20个优良品系,那么测定100个品系时,入选率为20%, $K = 1.40$;而测定400个品系时,入选率为5%, $K = 2.06$ 。从前面所列公式可以看出,分子中的K值变大,对提高每年遗传进度,效果十分明显。扩大育种群体,有两种基本做法,一是多做组合,一是尽量增

加每个组合分离世代的株数。在总规模一定的情况下,以多做组合较为稳妥。一般来说,组合间的差异要大于组合内差异,而且,目前又没有可靠的预测杂交组合后代表现的方法,优良基因型的获得,在很大程度上靠机会,从实践上考虑,多做组合更把握些。当然,由于育种目标的不同,亲本的纯合程度不同,多做组合也不都是有利的。目前,自交作物育种,所做组合多在数百个以上。随着组合数目的增加,出现优良品系的组合占组合总数的百分率是否会降低呢?美国Asgrow公司对1973—1978年的大豆育种群体做了统计,1975—1978年,每年所做组合都在600个以上,组合的平均入选率还略高于总平均入选率(0.9%)。规模大小,还有一个效益问题,同时又受资金、人力、物力和管理水平的制约,不是越大越好。目前,我国农业生产水平较低,在各种增产措施中,优良品种的作用十分突出。无论和先进国家相比,还是和其他研究工作相比,无论是从良种本身产生的经济效益来看,还是从育种研究的投资效益来看,我们对作物育种的投入是太少了,应当适当增加。

试验规模扩大以后,如何管理好成千上万的试验小区,就成了提高育种效率的关键。七十年代以来,各种小区试验机械的出现,电子计算机的广泛应用,使试验手段有了突破性的改善。特别是小区设计技术的改进,完全随机和不完全随机微型小区的采用,既大大提高了初级产量鉴定的测产容量,又不影响测产的精确性。1981年,Galan以大豆为材料做了随机穴形区、不随机穴形区和行播区的对比试验,在鉴定产量方面,无显著差异,选择第一、二位高产系的效果完全一致。微型小区的优点主要有两个,一是用种少,单株不必加代就可以进行有重复的产量鉴定。二是成本低,占地少。对于主要目的在于淘汰不良品系的第一次产量鉴定来说是很适用的。对于这一动向,我国育种家应该引起注意,对不同形式的微型小区做一些试验和尝试。近年来,我国农业研究的试验手段有了很大改进,引进不少精密仪器和设备,但作物育种的条件基本没有多大改变,还没有摆脱“一杆秤、一把尺、手摆籽、马种地”的局面。迅速用现代试验手段和技术武装育种研究,大大增加育种投入,扩大育种规模,已经不是从量的方面提高育种水平的战术问题,而是从质的方面根本改变落后状态,向现代化育种转变的战略问题。

二、缩短育种周期

从前面所列的公式中可以看出, y 值的大小,对每年的遗传进度影响很大, y 值越小, Gy 值越大。假设每个育种周期可提高产量100公斤/公顷,一个育种家用十年完成一个周期,另一个育种家用五年完成一个周期,二十年内,前者每公顷产量提高200公斤,后者则为400公斤。对于以提高群体水平为目标的轮回选择来说,缩短每轮所需时间就显得更加重要。因此,也有人把作物育种称为“时间游戏”(time game)。

缩短育种周期最有效的方法是利用冬繁圃和温室。据1984年统计,世界上80%的大豆育种家利用冬繁圃,在北半球有9个点,位于热带和亚热带,南半球有3个点,均位于温带。设置冬繁圃,主要是为了加代,同时也进行杂交和扩繁。对某些性状也可以进行初步鉴定和选择。S. L. Sanzio对蛋白质,脂肪和脂肪酸等8个大豆品质性状在南北两地所做的相关分析表明,表型相关系数,位次相关系数均呈极显著正相关,在冬繁圃对这些性状进行选择是有效的。

我国是开展冬繁比较早的国家之一,经验丰富,规模可观,但仍有改进的余地。笔者曾考察过波多黎各的美国冬繁圃,他们的一些经验和做法值得借鉴。如采用人工光照,以提高单株产量和杂交成功率;通过早收和化学药剂处理促进早熟,尽量增加繁殖代数;加强冬繁圃的管理,采用喷灌,提高土地利用效率,降低成本等等。冬季充分利用温室,也许是更经济的办法。许多抗病、抗虫和其他抗性鉴定,加代,杂交等工作都可以在温室进行。近年来,国外研究出不少在温室内大量、快速而准确地鉴定早期世代抗病性的方法,简单而实用,值得效法。

为了充分利用冬繁条件,育种方法也应该做相应的改变。传统的系谱法,是自交纯合与选择同时进行,整个育种过程只能在品种的适应区内进行。如果把选择和纯合两个过程分开,在选择之前利用冬繁或温室迅速使分离群体纯合,然后再在适应区进行选择,将大大缩短育种周期。目前流行的对杂交后代的各种混合处理方法,如混合选,集团选和一粒传等,应该在作物育种中加以提倡。

适当提早测产世代,是缩短育种周期的另一个途径。由于产量性状遗传力低,受环境影响大,必须

经过多年、多点的鉴定才能考验出优良基因型，而测产又只能一年一次，因此，许多育种家在次要性状尚未稳定的情况下就开始测产。甚至在正式参加试验的第一年，还允许某些性状的分离。早代测验法是早代测产的突出例子，在 F_2 即选单株，下年进行有重复的小区测产。自交作物育种，多数在 F_3 或 F_4 就选单株形成株系测产。我国育种家似乎过于强调品系的一致性，测产世代偏晚，有时 F_6 还在高世代育种圃里观察。从育种策略的角度看，这是很难理解的。

三、强化产量鉴定

高产，始终是育种家追求的主要目标。在作物育种发展的早期阶段，目测单株性状，往往是发现优良基因型的有效手段。随着作物产量水平和育种水平的提高以及群体增产概念的开发，人们越来越认识到，只有多年多点的大规模测产，才能真正鉴定出高产基因型。单凭育种家的眼睛和单株的“长相”来决定材料的取舍，就是最有经验的育种家也会发生失误。美国玉米带推广面积相当大的大豆品种“科索”由于相貌不出众，曾被著名育种家Weber在品系选择中淘汰，后来他的学生用它做试材进行其他研究，才发现它产量十分突出而挽救了这个品种。近年来，国内外对“株型育种”，“高光效育种”和“生理育种”等方面进行了有益的探索，也取得了某些进展，但令人失望的是，那些被认为是“高光效”，具有“理想株型”的材料，往往并不高产。结论只有一个：产量性状只有靠产量本身来确定，其他任何相关性状都是不可靠的。这就是为什么现代育种家把相当大一部分精力和大量育种经费花在产量鉴定上，而不进行单株考种。分析一下育种试验地的使用情况更可以说明问题。美国大豆育种家Fehr采用一粒传法选种，早代占地面积很小，分离世代与测产世代所占试验地的比例约为1:8，而且十分强调异地多点鉴定。第一年产量鉴定设两个地区，各两次重复。第二年产量鉴定设六个地区各两次重复。品系在参加联合区域试验以前，至少已经过两年，五、六个地区的多环境测产。联合区域试验是全面鉴定品系的最重要的一环，由于设点多，面广，要求严，因此，试验资料具有较高的科学性和权威性。为了确保试验结果准确可靠，各国都建立了完善的区域试验体系和严格的制度，对同一个品系在不同地点的变异情况，都有相应的、数量上的限制。如美国的大豆联合区域试验，同一个品系在不同地点的变异系数超过15%，就不能继续参加试验。美国从五十年代起，强调异地多点试验，对培育高产、适应性强的品种起了重要作用。高级产量鉴定和区域试验，都有数十个到上百个点。从前面所列公式各项的数学意义和作用中，可以直接得出这样的结论：扩大小区面积（增大 n 值）不如增加重复（增大 R 值），增加重复不如增加试验地点（增大 E 值）。 E 在两项的分母中出现，对于提高每年遗传进度的作用是极其重要的。

由于测产成本高，如何最有效地利用测产试验地值得探讨。一般测产要连续进行数年，初级测产品系多，精度低；高级测产品系少而精度高，两者各占多大比例最合适呢？初级测产占地面积比例越大，保留优良品系的机会就越多，但由于可供测产使用的面积是一定的，势必要过分地加大选择强度，在进入高级测产前大量淘汰，反过来又可能丢掉优良品系。确定适宜的比例比较复杂，它受测产次数、选择强度、基因型与环境的互作等多种因素影响。Finney建议：测产不超过3—4个阶段，各阶段选择强度保持不变，小区的分配比例也不变，如第一、二、三阶段各占三分之一，可获得最大的进度。Marfin等人对三阶段测产方案进行模拟试验，认为最合理的分配比例的变化范围比较广泛，似乎第一年鉴定所占的小区面积，应占总测产面积的一半以上，淘汰80—90%，第二年的选择强度与第一年相同较为有利。根据我国的具体情况，育种单位应利用本身的试验地比较均匀的特点，在本单位多安排一些初级测产（材料多，重复少），高级测产尽量利用异地鉴定进行。

我国育种家对分离世代的选择比较精细，经验丰富，但对至关重要的测产这一环，花费的资金和精力太少。粗略统计，我国某著名大豆育种单位试验地，1985年以前，分离世代与测产世代的用地比例为4:1—9:1，恰与国外同行相反，其他作物也大致如此。我国产量鉴定最薄弱的环节是缺乏完善的多点鉴定体系。区域试验从设点、试验精度到资料的处理与分析，都不适应现代育种的要求，以致出现极不正常的现象：有的品系刚刚结束区试并通过了品种审定，马上就被淘汰了，而有些品系在区

试中表现平平，或根本未参加区试，却迅速被生产者所接受。我认为，从某种意义上说，迅速扩大测产规模，建立科学的测产体系，扩大异地鉴定，是目前提高育种效率的关键。

四、密切跟踪种子市场

种子是重要的农业生产资料，是商品。它的使用价值的实现，不仅取决于它本身的特点，还在很大程度上受限制于自然条件、生产条件和使用者的科学水平，这就要求育种家不但要熟悉育种材料本身，还要对它的使用条件了如指掌。就一个特定地区而言，自然条件是相对稳定的，而生产条件和经济条件确是不断变化的。一个育种周期要持续十来年，如果不能及时跟踪和预见生产条件变化的趋势，育成的品种就有可能因为与生产不对号而被淘汰。近年来生产条件的一个明显变化，是施肥水平的迅速提高，尤其是高效氮磷复合肥的使用，大大改变了营养环境，作物品种对这一变化的反应，表现为生育期提早，发病率增高，倒伏加重。水稻塑料大棚育苗等新技术的出现，使育苗和插秧期提早。旱田作物播种期的提前，地膜复盖技术的应用，都相对地延长了作物的生育期，原来不能种植晚熟品种的地区，晚熟品种也可以正常成熟，产量显著提高。面对这些变化，育种家也应该迅速做出反应，及时调整育种材料，调整品种的适应地区，调整育种试验地的肥力水平。

种子做为一种商品，应该满足种子市场对它的各种要求。随着我国农业向现代化、商品化转化以及外贸的发展和国际市场的开拓，粮食和其他农产品的供销关系也发生了变化。农民种粮主要不是自食而是为了卖。自食部分也由过去的只求吃饱而转向吃好。那些品质好、营养价值高、适于出口和深加工以及特殊用途的品种越来越受欢迎。育种家在确定育种目标时，应充分考虑市场的这种变化。市场的变化有时是捉摸不定的，做为万全之策，应该尽量多地掌握育种材料，做多手准备。

优良品种这一商品能否被生产者所接受，除了它本身是否确实优良之外，人为的宣传与推广也起很大作用。在种子市场激烈竞争的条件下，国外私人种子公司的想出了许多办法推销种子，如做声像俱全的电视广告，向农民提供资料和技术服务，良种良法一齐推，邀请农民参观试验地，组织高产竞赛，种子包装尽量做到适于运输，利于田间播种，在品种的形态特征和名称上，也很动脑筋，力图标新立异。这些做法，虽然完全服从于商业目的，但在客观上宣传了科学道理，为优良品种迅速在生产上发挥作用开了路。为了维护公司的信誉，不让竞争对手钻空子，他们的宣传都是以大量的试验资料为依据，以优取胜。就拿发芽率这一指标来说，每一批种子都要做大量的、严格的发芽试验，不符合标准的不销售。这样做对育种者说来，又是一种压力和动力。我提倡学习他们一些好的做法和经验。

种子既然是一种商品，它就应该和其他商品一样，要在竞争中求生存。一个品种是否优良，它的使用者——农民应该有较多的发言权。我国的种子经营以官商为主，行政干预过多，育、繁、推结合的不好，特别是不能充分发挥育种者的积极性，有很大弊端，应该逐渐加以改革。

五、重视品种资源研究

丰富的种质资源是育种的物质基础。作物育种的每个重大突破，往往都与资源研究的新发现有关。小麦新基因源的利用，掀起了绿色革命的浪潮；我国利用野生稻找到了核质互作不育基因，进而育成了杂交稻，使单产水平大幅度提高，对解决我国粮食问题，做出了重要贡献；抗大豆孢囊线虫种质“北京小黑豆”的发现和利用，挽救了美国大豆生产。

一般说来，资源研究水平越高，育种工作进展越快，反过来，育种水平越高，对资源研究也会提出更高的要求 and 更新的目标。一个资源专家，常常是个出色的育种家，而著名育种家无一不熟知品种资源。随着生物技术研究的深入发展，特殊种质的作用将变得越来越重要。

我国是个生物资源大国，是多种重要作物的起源中心，资源数量多、变异丰富，为我国育种家提供了得天独厚的优越条件。但我们的资源研究工作还远远不适应现代育种的要求，从育种策略的角度看，资源的引进、鉴定和创新具有十分重要的战略意义。

引种是最简单最经济而又见效快的育种途径。近年从国外引进的玉米自交系、水稻、向日葵和高粱不育系等，在生产上取得了巨大的经济效益。以玉米为例，全国推广面积最大的几个单交种，至少有一个自交系来自国外。间接利用外来种质以提高作物生产力、改善品质、获得各种抗性的例子就更多了。从我国当前育种的实际情况看，利用外来种质的潜力还很大。应该有目的、有组织、有计划地通过各种渠道，积极收集和交换国外资源，要不惜工本，并建立相应的管理制度，充分利用，勿使其成为个人或某单位的私有财产。同时，大力开展有资源的鉴定工作，特别是我国特有资源的鉴定工作，迅速摸清家底，择优利用。

育种家所关心的资源，不是一般意义上的资源，而是他们可以直接或间接用于育种工作的资源，恰恰是这部分资源满足不了育种家的需求，需要创新。创新的目标、方法和途径各不相同，难以一一述及，但有一个共同的趋势值得注意，就是各国育种家都千方百计扩大育种材料的遗传背景，重视群体改良，创造资源群体，创造“中间”材料。这是联结资源研究与育种的桥梁，是资源与育种研究的延伸和相互渗透的结果。玉米等异交作物的群体改良已经取得显著成效，一些自交作物的群体改良也有较大进展。美国把人工合成的资源群体也像育成品种一样登记和发放，其重视程度可见一般。

我国资源研究取得了很大成就，但由于研究基础薄弱，手段与设备落后，体系不健全，有关政策问题解决不好，致使研究队伍不稳定，影响了出成果。如果现在不迅速采取措施，扭转资源研究的落后、被动局面，势必成为育种向高水平发展的瓶颈。

A SUPERFICIAL VIEW ON CROP BREEDING

Sun huan

(Jilin Academy of Agricultural Sciences)

Considering the current situation five approaches to the improvement of crop breeding in China are suggested in this paper.

1. Increasing the total input of resources spent on crop breeding and the number of lines to be tested; employing new breeding methods, advanced equipments and plot design techniques to make breeding operation highly efficient.

2. Shortening breeding cycle by full use of winter nursery and greenhouse; properly moving up the time when breeding lines are tested for yield.

3. Putting emphasis on intensive yield test especially on multi-location tests; establishing effective yield test system and procedures.

4. Adjusting breeding objectives timely to trace the changes of production conditions and seed market and to make new cultivars more competitive; using various means to teach and attract farmers to correctly choose and use superior cultivars.

5. Taking steps to enhance germplasm research and actively introducing exotic germplasm to provide breeders with new gene sources.