

文章编号: 1005-0906(2015)01-0001-09

中国特色的玉米商业育种体系构建

董占山¹, 卢洪¹, 柴宇超¹, 才卓²

(1. 中玉金标记(北京)生物技术股份有限公司, 北京 102206; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要: 商业育种理念是将公司的整个研发体系视为一条或多条生产流水线, 将功能联系密切的研发过程集中起来, 形成相对独立的研发管理模块, 实现研发流水线的专业化、规模化和工业化, 从而极大地提高研究效率, 为公司获得市场份额和赚取利润提供基础。在这样的管理理念下, 一套功能健全的育种技术体系能够确保研发流水线的顺利实施。综述玉米商业育种的管理理念和技术体系基础上, 结合中国种业的发展现状, 提出具有中国特色的玉米商业育种体系, 即集中有限的资金建立面向全社会的、高起点大规模的研发和服务平台, 实现中国种业行业的跨越式发展。

关键词: 玉米; 商业育种; 技术体系; 双轮回选择

中图分类号: S513.035

文献标识码: A

Concept and Practices of Maize Commercial Breeding in China

DONG Zhan-shan¹, LU Hong¹, CHAI Yu-chao¹, CAI Zhuo²

(1. China Golden Marker, Biotechnology Co., Ltd., Beijing 102206;

2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Commercial plant breeding means that the entire R&D facility in a seed company can be divided into multiple research departments through which multiple research pipelines can be created. Closely related research functions are grouped together to form a management unit or research department. Through modulation, specialization, industrialization of the R&D processes, overall efficiency is dramatically improved. In turn, fruitful research results will be delivered and more profit will be made for the company. A robust breeding technology system is required to deliver successful products through the commercial plant breeding system. This paper described the research management idea and technology system of commercial maize breeding in details. Based on the current status of Chinese seed industry, we proposed a conceptual framework to build an efficient system of commercial maize breeding to boost China seed industry. We urge that Chinese government and private/public seed companies should work together to establish research and service infrastructure to realize the commercialization of new breeding technologies. Through the infrastructure, resources and information can be shared across the seed industry.

Key words: Maize; Commercial breeding; Technology system; Double recurrent selection

过去的几十年里, 随着分子生物学、基因组学、生物信息学、遗传工程学等新兴学科快速发展, 多项现代高新技术如高通量基因型分型技术、基因组测序技术、分子育种技术、转基因技术和双单倍体技术逐步发展成熟, 加速了传统作物育种向现代精确

育种的转型, 缩短了育种周期, 提高了育种选择效率, 降低了育种过程中的偶然性, 增加了选育出具有丰产、优质、抗逆、抗病和广谱适应性新品种的必然性^[1]。

随着各种现代精确育种技术的快速发展, 大型跨国种子公司的研发体系也发生了巨大的变革, 将作物育种研发的各个环节进行分工, 将整个育种过程按产品生产的流水线来对待, 形成了专业化和模块化的商业育种研发管理系统, 并发展出高效的商业育种技术体系, 二者有机的结合形成了完整的商业育种体系。

我国目前的商业育种现状, 科研与生产相互脱

收稿日期: 2014-12-10

基金项目: 农业部国家玉米良种重大科研协作攻关项目

作者简介: 董占山, 男, 博士, 中玉金标记(北京)生物技术股份有限公司资源创新总监。

E-mail: zhanshan.dong@cgmb.com.cn

节,研发管理体制落后,育种技术体系不成熟,育种资源和人才不足,创新能力亟待提高。2011年以来,国务院出台了系列有利于种业发展的重要政策,引起了全社会对种业的关注,激发了资本市场对种业的投资热情,中国种业迎来了一个黄金发展时期,面临难得的发展机遇。借此契机,需要全面了解商业育种的管理理念和技术体系,借鉴国际成功案例,逐步发展出具有中国特色的商业育种体制,为民族种业的进一步发展打下坚实的基础。

1 商业育种研发的管理理念

国际大型种业公司的研发生产线(Pipeline)充分体现了国际种业公司组织和进行作物产品研发的商业管理模式。只有将作物育种过程当作一种商业活动来对待,将整个研究过程设计成一系列的生产流水线,才能真正实现规模化、工业化和商业化,为种业公司高速集约化发展服务。

1.1 作物育种过程的模块化管理

种业公司为了优化作物产品开发过程,采用系统工程的原理将作物育种过程进行系统规划,划分成各种相互依存但相对独立的模块,实现整个育种研发过程的模块化。这样可以高效地利用公司的智力资源、种质资源和资本,为公司快出产品、出高质量产品提供组织管理保证。

作物产品生产线是国际种业公司在漫长的发展过程中逐步摸索并形成的一种作物育种研究的有效

管理模式。在这个生产线上育种过程中用到的各种技术有机地组装,科学家按各自拥有的技术被分配到生产线的各个环节上,分工明确,职责专一。这个强大的管理机器可以确保产品源源不断地从生产线上生产出来,推向市场,为公司赚取最大化的利润。所以,必须清醒地认识到作物产品生产线是一种管理模式,虽然这个生产线是由大量科学技术串联组成,事实上它是一个管理理念,而非一个科学概念。

传统的玉米杂交育种过程需要几个重要的组成部分:种质资源、育种策略、亲本选择、后代选择、后代测试、产量试验和生产试验。每部分都是一个或多个管理模块,种业公司以此为基础建立产品研发的管理单元(作物育种过程的模块化),并组成一个有机的产品生产线。

从基因工程等生物技术成功地应用到作物品种改良开始,为了产生出具有各种不同性状的优良品种,生物技术成为传统育种之外的一个不可或缺的系统模块。由于生物技术的复杂性,整个研发体系又可以划分成多个相互独立的管理单元,形成相对独立的产品生产线。

1.2 育种研发体系的管理架构

大型国际种业公司研发部门的组织架构多是分布式的,除了研发总部集中了不需要重复设置的研发部门外,育种站分布在全球各个作物产区,各区域的中心也可能设置满足区域特殊需要的特定研发部门。图1展示了大型种业公司的模块化研发构架。



图1 大型种业公司的模块化研发构架

Fig.1 R&D framework in large seed companies

组织架构图中包含了4大部分(图1):①育种技术部门由育种站、冬季育种加代部、分子标记技术

部、分子育种部、DH生产部、目标环境测试部和控制环境测试部组成;②生物技术部门由基因挖掘部、

基因转化部、性状测试部、温室/控制环境部和转基因监管部组成;③综合支持部门由数据采集技术部、生物信息部、知识产权部和IT支持部组成;④市场销售部门由性状整合部、组合配制部、组合测试部和市场销售部组成,公司研发的所有新品种都通过市场销售部向客户统一推出。

1.2.1 育种技术部门

育种站:是种业公司最为根本的研发单元。在每个目标区域都会有相应的育种站(breeding station),一个育种站可以包含一个或多个育种项目,针对该区域的具体情况进行育种研发。其主要功能包括种质资源的评价筛选、自交系的选育、杂交种的测试评价等。

冬季育种加代部:为了加速育种进程,所有育种公司都在热带地区或南半球设有一个进行冬季加代的育种基地(winter nursery),就像我国的三亚或西双版纳,主要功能是进行种子增殖、杂交、配制杂交种、双单倍体生产等不需要进行田间表现型鉴定的育种活动。

分子标记技术部:现代国际种业公司育种家必须使用分子育种技术对自己的育种群体进行早期筛选,从而在不增加成本的情况下,筛选更多的育种材料,提高育种效率。实现了基因分型的工厂化和规模化,可为育种家及时分析试验材料并提供基因型数据。

分子育种部:分子育种(molecular breeding)已经成为作物育种中必不可少的一环,随着分子育种技术变得越来越复杂,建立单独的部门进行分子辅助育种技术的研发、探索新的方法、开发供育种家使用的软件、协助育种家进行功能标记的筛选等成为必需。

DH(doubled haploid)生产部:双单倍体技术实现了一个世代产生纯系的概念,为更快地测试杂交后代的表现提供了可能。DH生产部的任务是承接育种家提交的育种群体,采用高通量技术,规模化生产纯合自交系。

控制环境测试部:新育成自交系或组配的杂交种是在目标环境(TPE, Target Population of Environments)下测试,选育的材料必须保证对各种特定的目标环境具有适应能力,特别是干旱等逆境的适应能力,从而保证新品种在复杂多变的环境中表现优异。为此,国际种业公司在全球广泛寻找环境条件可以控制的地区。如选择生长期间降雨量稀少的试验点,作物生长需要的水分全部通过灌溉补给的地区就被选为可控制环境(managed environments)^[2]。中

国西部的灌溉农区和南疆沙漠边缘农区玉米生长季降雨稀少,为设计各种水分处理试验提供了天然独到的条件。

目标环境测试部:选育新自交系和杂交种的过程中,在育种的目标生态系统环境下进行多年多点的测试,获得足够的表现型数据是必不可少的环节。一般来说,在自交系育种的初期,需要测试的点数比较少,随着育种世代的增加,测试的点数随之增加。目标环境测试部的主要功能是根据育种家的要求,安排适当数量的育种后代测试点,并统一采集育种家要求的性状表现型数据,及时反馈,作为育种家进行后代选择的依据。

1.2.2 生物技术部门

基因挖掘(gene discovery)部:职能包括作物本身相关基因的发现和利用、新基因的发现和为目标作物中的性状育种,前者主要是利用作物本身的潜力,目前已经衍生出了分子育种、QTL分析和关联分析、全基因组预测等多种育种新技术。新基因的发现和为目标作物中的性状育种主要是指转基因育种,这是一个复杂的系统工程,实现得最成功的是孟山都公司,开发出抗除草剂、抗虫等转基因技术,其他公司通过向其申请使用执照,将这些抗性性状整合到玉米、大豆等作物产品中。

遗传转化(genetic transformation)部:基因发掘部门发现的相关基因,需要通过遗传转化步骤,整合到目标作物材料中。该部门主要工作包括构建基因载体、通过基因枪或农杆菌将基因载体整合到目标作物中,通过组织培养方式产生转基因作物植株,并确定遗传转化的结果。

性状测试部:基因转化部的产品是带有目标转基因片段的作物种子,通过它们可以将转基因片段整合到其他育种材料中。这些种子生产出来之后,需要花费大量的人力物力在温室和田间对转基因片段的性状表现进行观测,比较转基因系和原始系之间的异同,确定转入基因对性状的影响程度和效应。

温室/控制环境部:转基因产品从基因挖掘开始都必须严格遵守监管标准,所有步骤产生的任何生物产品必须在控制环境下进行种植,严格控制基因飘逸和逃逸,杜绝其出现在不应该出现的自然生态环境中。为达到这一目的,温室或其他严格控制的隔绝环境(greenhouse and/or controlled environments)就成为转基因研究的必备设施。

转基因监管部:负责对所有进入商业化过程的转基因产品进行详尽的测试,包括基因的作用原理研究、基因表达产物分析、对人类和动物的毒性评

估、对生物环境和非生物环境的影响评估等,最后向政府的转基因监管部门提供尽可能详细的测试数据和评估报告。该部门收集的数据和产生的报告对公司至关重要,关系到转基因产品商业化的成败,跨国种业公司都设有一个庞大的转基因产品监管(transgene regulation)部门,甚至细化成多个功能相对独立的专业部门,足见其重要性。

1.2.3 综合支持部门

生物信息部:在多种作物基因组测序基本完成的今天,大量的DNA序列数据需要分析整理,为了建立高效的基因型分型技术,大量的SNP分子标记亟待开发,这都是生物信息学(bioinformatics)的首要工作。在种业公司内部,如果建立了生物技术的研发生产线,基因发掘的工作不可或缺,这也需要生物信息学的帮助。生物信息部作为生物技术研发的源头,肩负着重要的职责,需要利用已有的测序信息,帮助基因发掘科学家发现调控特定性状的一系列基因,了解其潜在功能,以备下游研发部门充分利用。

数据采集(data acquisition)技术部:随着基因型分型技术的成熟,高通量低成本的分子标记技术可以产生大量的基因型数据,与之形成明显对比的是表现型数据的采集^[3]。随着机械化和信息化技术的发展,后者已经有了长足的进步,无人机、遥感和遥测等技术不断涌现,却仍然无法满足育种环节中的表型数据采集的需求。数据采集技术部门的主要功能是发展和完善各种高通量的表现型数据采集技术,例如高通量冠层数据采集、根系数据采集、高通量产量性状采集等,这些技术可以应用到作物育种和生物技术研发的各个环节。

IT支持部:IT已经渗入到现代作物育种的各个环节。与中心数据库相关联的各种实用软件已成为育种工作各个环节必不可少的工具,所以IT支持部有着广泛的功能,从一般计算机软硬件支持、公司研发数据库开发维护,直到基于中心数据库的各种软件工具的开发维护,都是IT支持部的职责。

知识产权(intellectual property)部:在作物育种和生物技术的研发过程中,大量的新知识和新技术不断涌现,需要通过专利或其他保护措施来进行保护。知识产权部的主要职责是为新技术、新发明和新创新提供知识产权保护,同时为科学家提供必要的帮助,以便他们可以将研究工作的成果以论文或报告的形式向社会开放,同时不至于泄露公司的商业机密和专利技术信息。

1.2.4 市场销售部门

性状整合部:性状测试部门确定了一个转基因

产品的有效性,并通过了转基因监管程序,就需要将具有特定性状的转基因片段整合到通过育种流程获得的各种作物新品种中,这是性状整合(trait integration)部门的主要功能,可以采用回交育种的方式。性状整合到了新品种中后,就可以进入产品测试程序,最终进入市场销售部门进行商业开发。

组合配制部:自交系的鉴定依赖于测交后代的形状表现和产量测试结果,需要种植大量的育种后代与少数几个骨干测交系进行杂交,生产大量的测交种。为了提高效率,种业公司内部设立专门部门来管理执行组合配制和测交种生产,便于专业化管理和成功率的提高。

组合测试部:组合测试是新品种在市场上成功的关键,是一个成功的育种产品走向市场的最后一步。组合测试应当以高密度为常规手段,测试环境应以自然环境为主。但是,由于气候多变,测试的年份往往不能遇上理想的环境,这就需要建立人工模拟的田间测试环境。组合测试部的主要功能是在目标区域中大量选择测试点,涵盖高水肥和低水肥、高管理水平和低管理水平等各种不同田间条件,使杂交种的丰产性、抗逆性、适应性等得到广泛测试^[4,5]。同时,该部门也要承担新品种各项栽培管理配套措施的研究,结果作为产品售后服务的一部分提供给终端用户。

市场销售部:在新品种测试完成后,只有在目标环境下表现优异的少数杂交种进入商业化程序,这里将整个商业化程序简化为一个市场销售部门,在实际运作中这是一个庞大的系统,在每个种业公司,他们的规模都很大,并涵盖了各种各样的部门。他们负责将研发部门开发出的产品推向市场,为公司赚取利润。

1.2.5 基于模块化管理的其他构架

各个管理模块可以进行其他方式的组合,形成不同的研发构架,进行比较专一的研究,生产出种业行业需要的中间产品。

生物技术公司:由图1中的生物技术部门和综合支持部门进行有机组合,其主要功能是转基因研发,发掘新的实用基因,通过遗传工程的方式将基因转到目标作物中,进行大量的测试,选出具有特定性状的转基因事件,通过一系列的转基因监管和审批形成可以进行商业化的转基因产品,典型的例子如孟山都的Bt抗虫基因和Roundup Ready®抗除草剂基因等,通过专利授权的形式进行商业化。以色列的Evogene Ltd. (<http://www.evogene.com/>)公司也是一个典型的例子。

生物信息公司:由图1中的生物技术部门、综合支持部门和育种技术部门的相关管理单元组成,其主要功能是向种业行业提供生物信息服务,包括以分子标记为主的基因型数据分析、基因组测序数据分析以及新基因的挖掘等。典型的例子如华大基因(BGI, <http://www.genomics.cn/>)和 Keygene Inc.(<http://www.keygene.com/>)等。

基础种子公司:由图1中的育种技术部门和综合支持部门的相关模块进行有机组合,主要功能是研发创制自交系,作为专业化的生产平台向其他种业公司提供自交系产品、DH系生产、基因型信息测定等服务。典型的例子如美国 Holden's Foundations Seeds (已经被孟山都收购)和 Illinois Foundation Seeds, Inc.(<http://www.ifsi.com/>)。

农业信息公司:主要由图1中的综合支持部门的相关模块组成,其主要功能是种业相关软件的开发,产品是商业的育种软件。典型的例子如 Agronomix Software Inc.(<http://www.agronomix.com/>)、Central Software Solution, Inc.(<http://www.teamcssi.com/>)和 Phenome Networks(<http://phenome-networks.com/>)等。

种子生产和销售公司:主要由图1中的市场销售部门的相关模块组成,其主要功能是商业杂交种生产和销售,其商业化杂交种主要通过市场购买所得,本身不做或很少做自交系的研发。我国现阶段大多数种业公司属于这一类型。

玉米商业育种技术体系成熟的标志是:①育种技术的标准化、流程化;②系统内种质资源的交流共享;③系统内信息资源的互通共享,三者相辅相成缺一不可,没有种质资源和信息的共享,谈不上商业育种;没有育种技术的标准化和流程化,体现不了商业育种体系的价值和效率。

育种技术的标准化、流程化是指设计成一个工业流程,将选系过程中使用的各种选择方法标准化,进行后代选择时必须遵守这套标准化的流程,一方面便于管理,另一方面便于协作。种质资源的共享是通过公司的种质资源库来实现,育种家有权力使用公司现有的各种遗传资源,包括自交系和其他种质资源;同时,育种家研发的新自交系、新材料也必须返回到种质资源库。信息资源的共享是通过公司的中心数据库和育种应用软件来实现,育种家获得的各种性状数据和基因型数据必须及时输入到中心数据库,一方面帮助自己进行及时的育种决策,另一方面供其他科学家用来进行亲本选择、后代选择、遗传分析、杂交种配制等。

玉米商业育种技术的标准化和流程化是在常规育种技术基础吸纳现代新生物技术手段的过程中逐步发展、改进和完善的。目前,正在显著改变常规玉米育种技术体系的新技术有双单倍体技术、分子育种技术、转基因育种技术、高通量数据采集技术、大数据挖掘技术等,从不同角度改变着传统的轮回选择技术(recurrent selection),使玉米商业育种向前迈进了一大步。图2概括了玉米商业育种技术体系的构架。

2 商业育种技术体系

2.1 商业育种技术体系的组成

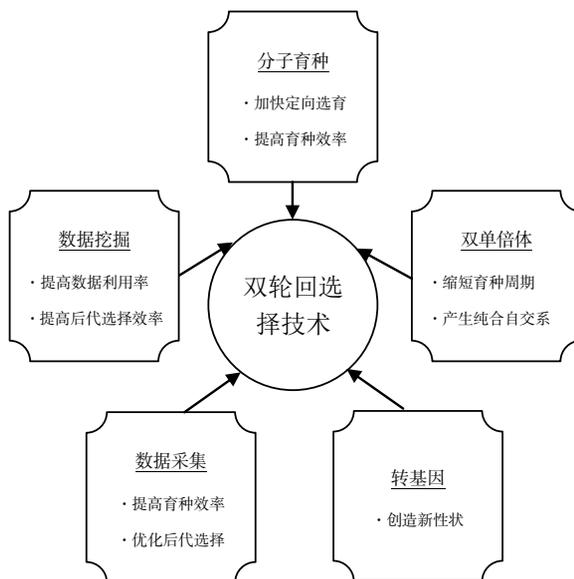


图2 玉米商业育种技术体系的核心模块示意图

Fig.2 The core technology modules in maize commercial breeding

在图2中,除了核心的双轮回选择技术(reciprocal recurrent selection)外,各种新技术的引入都极大地提高了育种效率并显著地缩短了育种周期。在双单倍体技术成熟之前,自交系的纯化过程至少需要7个世代,是育种周期长短的主要制约因子。由于人力物力的限制,育种早代可以测试的杂交后代数量也十分有限。随着分子育种技术的完善成熟,可以在播种之前通过基因型信息对大量的育种后代进行基因型筛选,实现了在不增加田间试验的前提下显著扩大育种后代的筛选数量,增加了选育出优良自交系的概率。

2.2 双轮回选择技术

基本的轮回选择技术是玉米商业育种的基石,通过多轮选择,建立遗传基础丰富、含有大量优良等位基因的母本和父本杂种优势群体,为源源不断地育成新的优良杂交种奠定种质资源基础。采用双轮回选择技术,可同时对母本和父本群体进行循环改良,逐步增加群体内部有益等位基因的频率并确保

育种群体的遗传多样性。随着轮回选择周期的延续,有益基因位点在群体内积累,母本和父本群体的一般配合力不断提升,两群之间的遗传距离逐步增大,实现杂种优势群的整体优化,这是现代商业育种技术体系的核心。

图3显示了双轮回选择技术的基本步骤。其中,母本使用的骨干测交系来自于父本群体,父本使用的骨干测交系来自于母本群体。骨干测交系的特点是各种性状表现优异,同时具有很高的—般配合力,都是经过多年生产检验的而选出来的。群体中后代选择的标准主要依据测交杂交种在多点试验中的表现,而非基于育种后代自交系本身的表现,这样确保了选出的自交系具有良好的一般配合力、优异的综合性状,同时保持了杂种优势群之间的遗传距离。经过多轮选择之后,优异基因的频率在杂种优势群内积累,杂种优势得到保持或增强,确保源源不断地生产出优良自交系并投入商业应用。

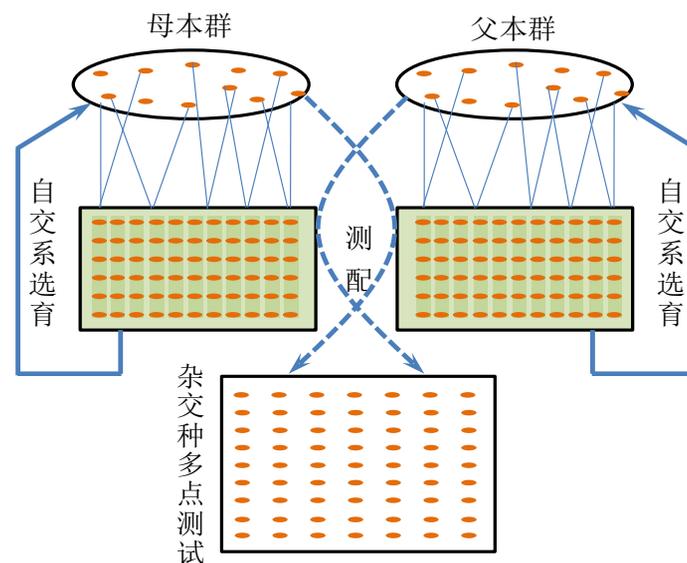


图3 玉米商业育种的基石 - 双轮回选择技术

Fig.3 The foundation of maize commercial breeding - Reciprocal recurrent selection

2.3 商业杂交种的选育过程

选出一般配合力高、综合性状表现优异的自交系后,需要进行大量的组合配制和田间测试,从中选出特殊配合力最好的组合,逐步晋级到杂交种的商业化程序,最终获得可用于作物生产的商业杂交种,这就是商业杂交种选育过程,如图4所示。

3 中国特色的商业育种体系

商业育种的管理构架和核心技术体系,二者是相辅相成的,不能割裂,成功的商业育种实践集中体

现了共享、协作、服务三位一体的理念。世界上各大种业公司都采用了类似的商业育种体制。大型种业公司内部,许许多多育种项目相互并行,育种目标各不相同,但它们之间都不是相互孤立、相互竞争的关系,而是相互补充、相互依存的关系,分布在世界各地、各个生态区的育种站相互联通,形成了一个信息和种质共享的协同网络,就像互联网一样,使种业公司能够利用这一网络快速地获得、互通种质和信息资源,从而创制出更好的杂交种投入商业生产。

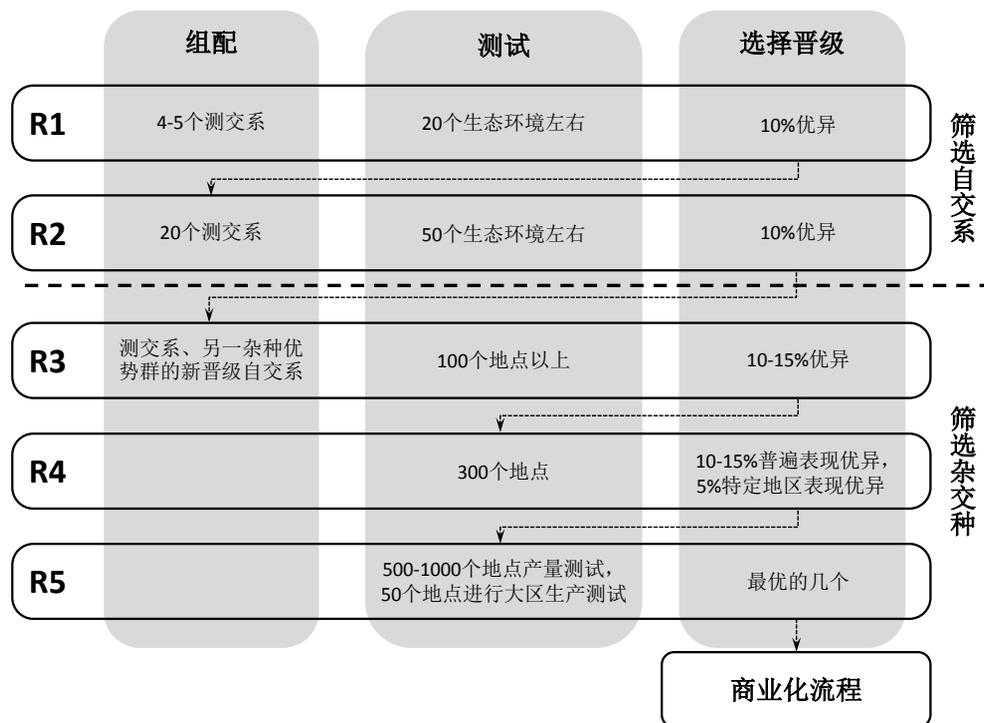


图4 商业杂交种的选育过程

Fig.4 Procedures for selecting commercial hybrids

与之对应,我国的玉米育种研发仍以大学和研究所的课题组为主,研究团队作为主体按阶段承担国家下达的育种研究项目,课题组以相互独立的形式存在于不同单位、不同区域中,体制机制决定了为了自身利益的最大化,难以实现必要的交流和共享,极大地阻碍了商业育种体系的形成和发展。加之,我国种企仍然缺少足够的技术力量与资金投入,与跨国公司竞争时处于极端不利的地位。因此,学习跨国公司的成功经验,结合我国种业的现状,迫切需要建立具有中国特色的商业育种体系。

3.1 发展中国特色的商业育种体系

近年来,国家在各个层面上全力支持种业发展,种业进入了难得的黄金发展期,种企处于快速发展阶段,但国际先进的商业育种仍停留在理念层面,没有成功的、可供模仿的商业育种管理体制和成熟的技术体系案例。众多子公司中,仅少数几家具有一定水平的研发能力,整体研发体系薄弱,谈不上管理、技术上的分工和协作,这与国际种业的商业育种管理体制形成了极为明显的对比,各项管理和技术板块都有待建立和完善。如果能够合理地借鉴国际商业育种的原理,对种企的育种研发进行合理的分工,有效地组织研发技术体系,可以整体提升我国种业的创新能力和水平,不断推出符合市场需求的新品种,在激烈的市场竞争中立于不败之地。

根据现有国情和种业发展实际分析,有两条发展途径可供选择:①助推现有规模种企有机成长,通过扩充和并购逐步发展壮大;②创建具有中国特色的种业商业育种研发体制,整合多个种企的资源、资金,创立具有强大研发能力的商业育种研发中心或平台,为整个种业行业提供全方位服务。

商业育种研发中心或平台符合中国特色与国情,可实现创新性的跨越与发展。借鉴过去30年中国经济的高速发展模式,投资的主体包括国家和有远见卓识的种业公司,将有限的资金集中起来,建立一个具有一定规模的、全行业共享的服务式研发平台,让种业研发从高起点和大规模起步,实现中国种业跨越式发展。2013年在农业部指导下,按上述思路,由9家玉米种企共同组建了中玉金标记(北京)生物技术股份有限公司(<http://www.cgmb.com.cn>),由12家水稻种企共同组建了华智水稻生物技术有限公司(<http://www.wiserice.com.cn/>)。

3.2 中国特色的商业育种体系架构

根据我国种业行业的发展现状,提出一个包含大学和研究所、种业企业、政府部门在内的宏观商业育种行业架构(图5)。在这个架构中,其核心是建立一个公共的研发和服务平台,这个公共平台架设起基础科研的公共事业单位与种业公司之间科学技术成果产业化链接的桥梁,促进基础研发成果的实用

化、规模化、工业化和商业化,迅速转化成现实生产力。

公共研发和服务平台包含了多个具有不同功能的公司:玉米育种公司、农业生物技术公司和农业信息技术公司。这些公司的技术强项是目前我国种业

行业跨越式发展的必备技术,也是国家和企业需要集中投资的技术热点。为了集中精力发展这些技术,现阶段最好的选择是成立独立的公司进行技术研发和创新。

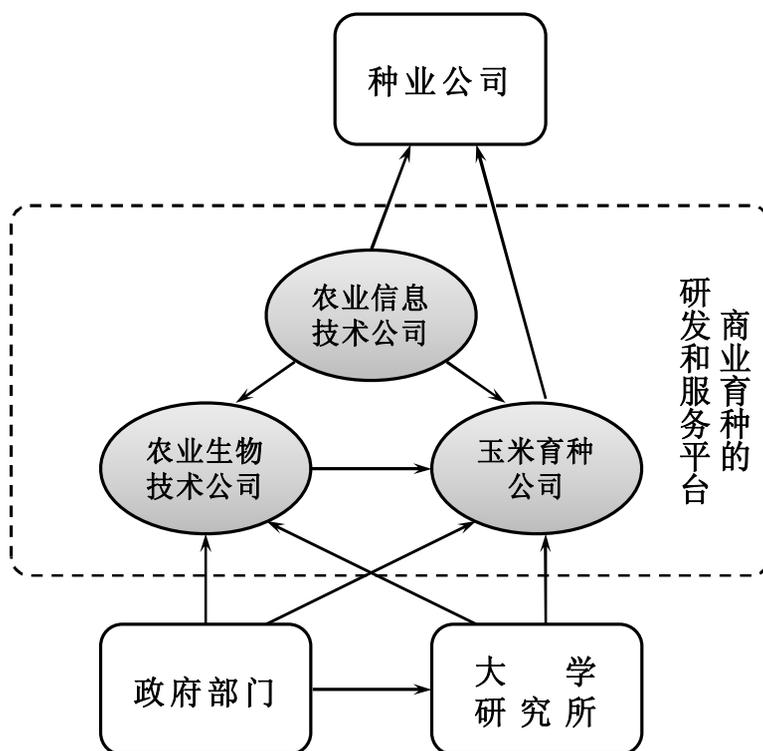


图5 中国特色的商业育种体系架构

Fig.5 R&D framework of maize commercial breeding in China

玉米育种公司的主要功能:①进行种质资源的收集、鉴定、评价、改良和共享,提升种质资源的遗传多样性,建立具有中国特色的杂种优势群,丰富玉米种质资源库,为各大玉米种植区域提供遗传资源,形成中国最大的基础种子库;②开发高通量的双单倍体生产技术,以“来料加工”的形式为全行业服务;③提供内容丰富的分子育种技术服务,包括基因型测定、分子辅助育种、全基因组选择、功能基因精细定位、育种后代表现型预测等;④开发高通量表现型数据采集技术,为大规模鉴定种质资源和育种后代的田间表现提供技术支持;⑤面向全行业开发与种质资源相关的公共数据库和应用平台,促进育种信息在行业内共享和流通,提升行业的集体竞争力。其资金来源是种企投资入股、政府项目支持、资本市场融资等。

农业生物技术公司的主要功能:①综合现有玉米基因组数据库和新的测序数据,采用生物信息学原理和方法进行基因挖掘,寻找具有潜在价值的基

因,用于抗病性、抗逆性、丰产性、适应性等针对性育种;②通过遗传工程方法将新发掘的潜在基因转入优良种质资源,进行多方位的测试,研究基因作用机理和有效性,筛选出可以给作物添加有益性状的基因事件,申报专利并进入商业化程序;③在有效的转基因事件进入商业化程序之前,进行大量的测试和深入研究,配合政府转基因监管部门完成转基因事件的监管申报;④在转基因产品进入商业化后,通过专利授权等多种形式与需要目标性状的下游公司合作,逐步将转基因性状推向市场。

农业信息技术公司的主要功能:①开发育种数据管理系统,以便有效地管理育种过程中产生的各类数据,确保育种过程中产生的数据能够有效地分类、存储和使用,为育种提供强大的信息支持工具;②开发高效的、客户友好的数据变换、分析、展示、决策软件,为育种家提供强大的统计分析工具;③开发高通量数据采集软件,加快各种移动设备在高通量数据采集过程中的普及;④开发种业行业需要的信

息共享平台,促进信息在行业内的流通。其资金来源具有多样性,可以是种业公司的入股,或民间资本以及资本市场的融资等。

4 展 望

在这样一个公共研发和服务平台的基础上,还需要整合各种资源,有效管理各项研发活动,才能真正实现整个行业的跨越式发展。

首先,按照商业育种的管理理念,将育种研发过程模块化、专业化,建立一套育种人员的高效管理体制,终结育种家参与资源搜集、材料创新、组合配制、组合测试直到品种审定全过程的“作坊式育种”体制,开创高效的商业育种体制。在商业育种管理体制下,专业人员可以充分发挥他们的聪明才智,致力于相对专一的研究领域,将研究做深入做到位,与其它管理模块的人员协同工作,更好地服务上下游的研发活动。实现工业流程式的规模化研发生产,所有模块之间都同时肩负着服务和被服务的功能,公司在管理层面很容易扩大或缩减规模,减少重复劳动,提高工作效率,进而得到更好的资本回报。

其次,在高效的商业育种管理体制下,围绕现代玉米育种技术这个核心,建立起一套集成分子标记、分子育种、新种质创制、田间数据高效采集等技术的玉米精确育种技术,加快育种进程,提高育种效率,降低育种过程中的偶然性,增加选育具有丰产、优质、抗逆、抗病和广适性新品种的必然性,实现快出品种、出好品种的目的。

其三,需要把分散在育种家手里的种质资源集中起来,实现种质资源的统一管理 and 保存,完成所有

种质资源的精细鉴定,建立起完整的、涵盖分子标记信息、田间表现型信息、优良性状功能标记信息的种质资源管理系统,实现种质资源的高效利用、新资源的快速创制和现有资源的定向改良。

通过上述几个方面资源整合,我国的种业行业可以逐步实现三个跨越:①育种研发管理从传统的作坊式向模块化的商业育种体制的跨越;②育种技术从模仿育种向以双轮回选择技术为核心的精确育种技术的跨越;③企业规模从小而散的中小企业向大而专的综合型企业的跨越。

参考文献:

- [1] 董春水,才 卓. 现代玉米育种技术研究进展与前瞻[J]. 玉米科学, 2012, 20(1): 1-9.
Dong C S, Cai Z. Current status and perspectives of maize breeding technologies [J]. Journal of Maize Sciences, 2012, 20(1):1-9. (in Chinese)
- [2] Bruce B W, Edmeades G O, Barker T C. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance[J]. Journal of Experimental Botany, 2002, 53(366): 13-25.
- [3] 董春水,才 卓. 高通量数据采集技术在现代玉米育种中的应用[J]. 玉米科学, 2014, 22(1): 1-6.
Dong C S, Cai Z. Application of high-throughput data acquisition technologies in modern maize breeding[J]. Journal of Maize Sciences, 2014, 22(1): 1-6. (in Chinese)
- [4] Messina C D, Podlich D, Dong Z, et al. Yield-trait performance landscapes: from theory to application in breeding maize for drought tolerance[J]. Journal of Experimental Botany, 2011, 62, 855-868.
- [5] Cooper M, Messina C D, Podlich D, et al. Predicting the future of plant breeding: complementing empirical evaluation with genetic prediction[J]. Crop and Pasture Science, 2014, 65(4): 311-336.

(责任编辑:李万良)