

* 成果与应用 *

中国科学院农作物育种研究取得重要成果

*
朱有光 马 诚

(中国科学院生命科学与生物技术局 北京 100864)

关键词 育种, 研究, 成果

农业是国民经济的基础。中国的人均农业资源仅为世界平均水平的三分之一, 随着人口的不断增加和耕地面积的逐年减少, 人口过多与农业自然资源短缺的矛盾将更为突出, 我国农业面临着严峻的挑战。只有依靠科技进步, 不断提高农作物的产量和品质, 才能缓解乃至解决这一矛盾。而在提高农作物产量的诸因素中, 优良品种起着决定性作用, 占增产因素的 30%—50%, 因此育种研究在我国有着特殊的意义。

中国科学院历来十分重视农作物育种研究。科技人员从基础研究和应用基础研究入手, 发展我国的育种理论, 并在此基础上建立育种新技术、新方法, 使育种新技术与常规育种方法相结合, 面向国民经济主战场, 形成了从育种基础理论研究、生物高技术研究到新品种选育及成果推广的完整研究体系。目前, 全院从事农业生物技术和作物育种研究的单位有遗传研究所(以下简称遗传所)、成都生物研究所(以下简称成都生物所)、上海植物生理生态研究所(以下简称上海植生所)、华南植物研究所(以下简称华南植物所)等十几个研究所; 有“植物细胞与染色体工程实验室”、“植物分子遗传实验室”和“植物生物技术实验室”等 3 个国家重点实验室和院开放实验室; 有遗传所生物技术育种基地、微生物研究所(以下简称微生物所)大东基因工程育种基地等多个生物技术育种基地和中试基地。其中大东基因工程育种基地在生物高技术成果转化方面做出了重要贡献。微生物所的转基因抗病毒、抗软化番茄, 以及国家航天育种大椒新种源在该基地均已进入商品化阶段。

近年来全院在育种理论和应用研究方面都取得了一批国内外有重要影响的研究成果, 获国家发明奖一等奖 1 项, 二等奖 1 项, 三等奖 2 项; 自然科学奖二、三等奖各 1 项; 科技进步奖二等奖 1 项, 三等奖 2 项。获院级科技成果奖 48 项。在成果推广工作方面, 也取得了重大的成果, 产生了巨大的社会效益。

1 育种新理论、新技术、新方法研究取得显著成果

中国科学院在农作物育种有关的基础研究与应用基础研究方面作了具有开创性的工作。

* 中国科学院生命科学与生物技术局副研究员
收稿日期: 2000 年 8 月 17 日

60 年代以来,先后开展了远缘杂交与染色体工程、植物杂种优势利用、植物组织培养与细胞工程育种、基因工程育种、诱变育种等基础理论研究,在此基础上建立了一系列生物技术育种新技术、新方法,极大地推动了我国农作物育种研究工作的发展。

1.1 远缘杂交与染色体工程育种

中国科学院在染色体工程育种研究领域具有传统优势,特别是在小麦、棉花等作物远缘杂交与染色体工程育种方面取得了重大突破。李振声院士通过远缘杂交与染色体工程育种方法把偃麦草的有益基因导入小麦,培育出优良小麦品种“小偃 6 号”。该品种具有优质、抗病、高产、稳产等优点,在生产上大面积推广,取得巨大社会效益。西北高原生物研究所培育的染色体工程小麦品种“高原 338”曾在柴达木盆地创造了亩产 1 013.1 公斤的高产记录。石家庄农业现代化所培育出了“小偃 107”、“早优 504”和“高优 503”等染色体工程系列小麦品种。近年来,在与细胞和染色体工程相关的易位系创制技术和基因分子标记技术方面取得了长足进展,获得了一批小麦-黑麦、小麦-偃麦草、小麦-山羊草、小麦-棘草的易位系和抗白粉病、锈病、黄矮病等基因的分子标记。

遗传所梁正兰等经过近 30 年的努力,创立了棉属种间杂交及染色体工程育种新体系。现代陆地棉品种虽然很多,但都起源于少数原始亲本,亲缘关系近,遗传多样性狭窄,种质贫乏,致使育成品种的增产幅度小,抗逆性差。我国陆地棉种质资源更为贫乏,80% 来自美棉系统,其中 60% 来自一个原始祖先,这就限制了我国陆地棉的育种研究,很难育出有突破性的品种。把棉属野生种的有益基因导入陆地棉可以拓宽陆地棉的遗传基础,但由于棉属远缘杂交成功率低,限制了这一研究领域的进展。针对上述问题,梁正兰研究员及其课题组成员经过多年试验,发现了棉花种间杂交不育的原因,并成功地解决了这一难题,使杂交成功率提高了十几倍到几十倍,F1 代育性恢复率也显著提高。在棉属二倍体栽培种与四倍体栽培种的种间杂交取得成功的基础上,他们进行了二倍体及四倍体野生种与陆地棉栽培种的杂交,获得 12 个野生棉与陆地棉杂交的 8—18 代的可育群体,并直接用于新品种选育和种质创新,育成了 10 个类型的新型优异种质材料。他们还利用这些优异种质材料,与地方育种单位合作,培育出“石远 321”等 8 个通过国家或省级审定的棉花新品种。这一成果居国际领先水平,获国家发明奖三等奖和中国科学院发明奖特等奖。

1.2 细胞工程育种

在细胞工程育种研究方面,中国科学院也取得了一批世界领先的研究成果。早在 1970 年,遗传所欧阳俊文等通过花药培养在世界上首次获得小麦单倍体植株。这一成果不仅具有重要理论意义,也为我国细胞工程育种研究奠定了基础。胡含等通过对小麦花粉无性系变异机制与配子类型的重组与表达规律的研究,在国际上首次提出了花粉无性系变异普遍性的观点,并进一步证明花药培养前的异常减数分裂和花药培养中的异常有丝分裂是产生变异的主要原因,提出并证实了花粉无性系变异的机制及规律,开辟了小麦单倍体育种研究的新领域。他们利用小麦远缘杂种的花粉植株研究了不同类型配子的传递与表达规律,发现花药培养不存在配子选择,配子基因型能够充分表达,为利用花药培养技术结合染色体工程方法快速高效地导入异源有用基因提供了理论依据。依据上述原理,他们有目的、有计划地将异源染色体引入小麦,创造了一批易位系等小麦新种质。上述成果获国家自然科学奖二等奖。

陈英等则在水稻花粉植株的生产、特性与应用的基础研究方面取得了重要进展。他们对

水稻花药、花粉粒培养的培养基、培养条件、培养方式、供体植株的生理状态、基因型的作用等影响花粉植株诱导率的因素进行了全面系统的研究, 在国内最先选育出“花育 1 号”、“花育 2 号”2 个水稻细胞工程品种, 获中国科学院自然科学奖二等奖。此外, 遗传所通过花药培养育成的优质啤酒大麦品种“单 2”已通过江苏省审定, 其麦芽质量达到国家优级标准, 近期可望部分取代进口原料。与地方合作应用细胞染色体工程技术育成的优质、高产小麦品系“兰考 906”经专家验收亩产达 720 公斤。

植物原生质体的再生是植物体细胞杂交及遗传工程的关键环节, 也是农作物遗传改良的有效手段, 因此是细胞工程育种的重要内容之一。禾谷类作物原生质体再生是一个世界性难题。遗传所、植物研究所(以下简称植物所)和上海植生所解决了重要粮食作物原生质体再生完整植株的问题, 先后由粳稻、籼稻、玉米、小麦、大豆等 18 种植物的原生质体再生了植株, 并在理论上阐明了关于原生质体再生的一系列问题。他们的主要研究成果包括: 由胚性愈伤组织分离和培养玉米的原生质体, 在国际上首次获得了玉米原生质体再生植株; 在国际上首次由栽培大豆的 6 个品种及野生大豆的未成熟子叶分离的原生质体再生植株, 并得到可育的种子后代; 由小麦悬浮系的胚性细胞来源的原生质体高频率地再生完整植株, 获得可育种子后代; 由属间杂种小偃麦原生质体再生植株(此前尚无属间杂种原生质体再生植株的成功报道); 获得了包括籼稻、粳稻 2 个亚种的 7 个品系原生质体再生植株, 并得到大量种子后代, 从再生植株种子后代中选育出矮秆、抗倒伏、早熟、高产的优良品系; 在理论上阐明了植物基因型、外植体来源及培养基成分对胚性细胞发育和原生质体分化的影响, 在此基础上建立了一系列有特色的培养基, 简化和缩短了原生质体的培养过程, 改进了原生质体培养技术。上述成果获得国家自然科学奖三等奖。

植物所在培养基的研制方面也作出了创造性的贡献。禾谷类细胞组织培养是植物组织培养的难点之一。70 年代中期以前, 禾谷类细胞与组织培养一直沿用烟草细胞培养的 MS 和 LS 培养基以及豆类细胞培养的 Miller 培养基, 胚状体和植株诱导率都很低。朱至清等在国际上率先对水稻、小麦等禾谷类离体细胞的营养需求进行了实验分析, 发现了禾谷类细胞离体生长分化的特殊营养需求, 通过对培养基的 N 源和 C 源进行调整, 研制成功了 N6 和 CHU 培养基。这两种培养基都具有高效性, 在许多方面效果明显超过国内外著名培养基, 广泛应用于禾谷类植物细胞、花药和原生质体培养, 实现了利用水稻、小麦、玉米等植物的花粉、体细胞和原生质体高频率地再生植株。N6 培养基在禾谷类组织培养上具有广谱适用性, 得到国内外同行的公认。美国 SIGMA 公司把 N6 培养基作为标准培养基进行商品化生产。这项成果获国家发明奖二等奖。

1.3 基因工程育种

早在 1974 年基因工程概念刚刚传入我国, 植物基因工程在全世界尚未具体研究之时, 上海生物化学研究所(以下简称上海生化所)周光宇等就开始了农作物基因工程育种的探索, 在国际上首创了通过花粉管通道导入外源 DNA(基因)的基因工程育种技术。通过该技术既可导入带有目的基因的重组 DNA, 也可导入带有目的性状的未经识别分离的供体总 DNA。本项成果获得国家科技进步奖二等奖。该技术简单易行, 已得到广泛的应用。目前我国大面积推广的转基因抗虫棉就是利用这项技术育成的。

微生物所完成的转基因烟草 1997 年已种植 2 550 万亩, 是当时世界上最大的转基因植物

群落。遗传所与国外合作,分离了第一个水稻抗白叶枯病基因 Xa21,并构建了基因转化载体。该基因对水稻白叶枯病具有广谱抗性,现已转入 3 个粳稻栽培品种及明恢 63、矮培 64S 等 5 个我国杂交水稻的主要三系和两系材料,目前正进行转基因系的中试和推广。遗传所培育的转基因抗虫水稻已进入区试阶段,并与种业公司达成联合产业化开发协议。此外,该所还获得了一批转基因植物株系,克隆和构建了一些重要基因及基因表达调控元件,为基因工程育种的进一步发展和产业化奠定了基础。

1.4 诱变育种

在诱变育种领域,中国科学院也取得了令人瞩目的成绩。遗传所林建兴等把杂交育种与诱变育种相结合,对 F₂ 代种子进行辐射处理,育成了“诱变 30 号”大豆品种。该品种把抗病、优质、丰产和广适应性 4 个特点结合于一体,是国内外不可多得的综合性状优良的大豆品种,也是珍贵的种质材料。“诱变 30 号”大豆高抗 3 种类型的大豆花叶病和灰斑病的 8 个生理小种,蛋白质和油脂的含量高达 66%,其种植范围能适应 8—10 个纬度,这些性状均达到国内外先进水平。国内育种单位利用“诱变 30 号”大豆作亲本,已育成“科丰 6 号”、“中黄 4 号”等多个大豆品种。通过诱变育种与常规育种相结合育成的高光效、超高产夏大豆“诱处 4 号”,亩产达到 325 公斤,是我国育成的第一个亩产超过 300 公斤的夏大豆。该品系大面积示范(600 亩)创下了亩产 280 公斤的高产记录,增产幅度达 50%。“诱处 4 号”是一个不可多得的高光效、超高产大豆材料,其叶面积系数、光合速率、光合作用中主要酶的活性及固氮能力均高于对照品种。李振声院士选育的小麦品种“小偃 6 号”也是染色体工程结合辐射诱变育成的。

航天育种是近年来开辟的一条诱变育种新途径,中国科学院在该领域率先开展了研究工作。在卫星和高空气球搭载的 30 多种植物中,大多数是中国科学院的试验材料。中国科学院还与其它育种单位合作育成了青椒、黄瓜、水稻、小麦等许多优质高产的农作物新品种或新品系,同时对太空诱变的生物学效应及其机理进行了较深入的研究。

1.5 离子束育种

等离子体研究所(以下简称等离子体所)首创了离子束育种新技术,在理论研究和应用方面都取得了显著成果。该所在世界上首次建立了单个粒子分别照射细胞质和细胞核的实验模型,发现细胞质也是细胞中诱发突变的目标,证明了自由基和信号分子是胞质照射诱发核基因突变的主要原因,这一结果在国际上产生了较大影响。该所发明了离子束辅助农杆菌转化法,使农杆菌对水稻的转化率大幅度提高,获得了抗稻瘟病转基因水稻;利用把大豆高蛋白基因转入小麦的方法,获得了高蛋白质含量的小麦单株;此外,还获得了对白粉病完全免疫的变异株,为小麦育种提供了宝贵材料。该所还与安徽省农科院等单位合作,利用离子束育种技术育成水稻、小麦、甘薯、番茄等农作物新品种 9 个,取得了显著的社会经济效益。

1.6 杂种优势利用

中国科学院早在 60 年代就在国内率先开展了高粱杂种优势利用的研究,对我国本领域的研究起到了先导作用,带动了我国水稻等作物杂种优势利用方面的研究;近年来又在水稻两系法育种,小麦、玉米新型不育系的创造和核质杂种优势利用方面取得了较大进展。遗传所、长沙农业现代化研究所、华南植物所等单位育成一批水稻、玉米杂交种,并在生产上大面积推广应用。遗传所育成的核质杂种小麦新品种“小山 2134”已在高寒春麦区作大面积推广,平均增产 23.9%。成都生物所在超级稻育种研究方面也取得了可喜的阶段性的进展。

2 农作物新品种选育与推广取得重大社会及经济效益

常规育种技术是培育农作物新品种的主要途径。生物技术只有与常规育种方法相结合,才能培育出在生产上有实用价值的农作物品种。随着与农作物育种有关的基础理论研究的不断深入和生物技术的迅速发展,中国科学院已建立起自己完整的育种研究体系,使生物技术领域的优势得到充分发挥,直接服务于农业这一国民经济主战场。在国家目标和生物技术发展的带动下,中国科学院不断加强常规育种研究工作,为生物技术的产业化提供了技术保障,在主要作物新品种选育和推广方面取得了重大社会经济效益。

李振声院士等培育的小麦品种“小偃 6 号”具有优质、抗病、高产、稳产等特点,累计推广面积达 1.2 亿亩,获国家发明奖一等奖。最近,以优质、稳产、抗逆性强为特点的新选系“小偃 54”又显示出良好的推广前景。该品系蛋白质含量达 17%—18%,面筋含量达 47% 以上,面包烘烤品质达到国外优质小麦水平。“小偃 54”还具有生长期间节约肥水、抗旱、抗倒等优点,抗小麦叶锈、赤霉、黄叶、白粉等病的能力也较突出,目前已在陕西、河南两省示范 40 多万亩。遗传所育成的优良大豆品种“诱变 30 号”比对照品种增产 20% 左右,据不完全统计,截止到 1999 年,该品种已累计推广 3 000 万亩以上,获得国家发明奖三等奖。国家审定品种“科丰 6 号”大豆具有高产、稳产、多抗、适应性广等特点,最大年推广面积达 388 万亩,居全国第三位,累计推广面积已超过 1 500 万亩,获中国科学院科技进步奖二等奖。遗传所与地方育种单位合作,利用棉属种间杂交技术,育成 8 个棉花优良品种,截至 1999 年底,新品种累计推广面积 2 054 万亩,品种增产幅度为 8%—26.5%。其中“石远 321”为国家审定品种,累计种植 1 200 万亩,霜前皮棉增产 19.7%—26.5%。西北高原生物所培育的“高原 602”小麦品种抗旱性强,丰产性与适应性好,品质性状较优,大面积种植一般增产 10%—30%,已成为西北春麦区种植面积最大的品种,累计种植面积 1 322 万亩,通过国家品种审定,获国家科技进步奖三等奖。成都生物所育成的“川育 12 号”小麦比对照品种“绵阳 11”增产 12% 以上,品质达到国家优质馒头和面条用小麦的标准,并且高抗条锈病,耐赤霉病。1991—1998 年在四川、陕西、贵州、甘肃等省累计种植 2 500 多万亩,增产小麦 5 亿多公斤,1999 年获中国科学院科技进步奖一等奖。华南植物所配制的高产、优质三系杂交稻组合“博优 210”1995 年通过广东省审定,被国家科委、农业部列为国家“九五”重点推广的水稻新品种,获中国科学院科技进步奖二等奖。遗传所育成的工业用兼食用甘薯品种“遗 306”比“徐薯 18”鲜薯增产 7.8%,薯干增产 29.9%,淀粉增产 32.9%,截至 1999 年累计推广面积 4 500 万亩,增产薯干 62 亿多公斤,获中国科学院科技进步奖一等奖。石家庄农业现代化所培育的优质小麦“高优 503”分别通过了陕西、河北两省的品种审定,目前已推广或引种到 14 个省,累计推广面积 500 多万亩,与地方联合初步形成了生产、加工、销售一条龙的产业化体系。等离子体所通过等离子束育种技术育成的新品种累计种植面积 1 500 万亩,增加产量 9.5 亿公斤,社会效益、经济效益显著。

据不完全统计,“八五”以来中国科学院培育出主要农作物优良新品种 43 个,新品种累计推广面积 2.3 亿亩,增产粮、棉、油 64 亿公斤,新增产值 70 亿元。