

中国水稻杂种优势利用的成就与展望

Achievement and Prospects for Utilization of China's Rice Hybrid

蔡立湘 黄金华 邓定武 田际榕

(湖南省农科院, 长沙 410125)

我国是第一个把水稻杂种优势利用的梦想变成现实的国家。在这之前,水稻杂种优势利用一直是科学家们苦苦追求的目标之一:1926年琼斯(J. W. Jones, 美国)就发现水稻有杂种优势。卡迪姆(B. S. Kadem, 印度)、F. B. 布朗(F. B. Brown, 马来西亚)、艾利姆(A. Alim, 巴基斯坦)和冈田子宽(日本)都先后报道过各自在水稻杂种优势利用方面的研究进展;1958年日本的胜尾清育成了“藤板5号”不育系;1968年日本新城长友、渡边几乎同时实现了水稻的三系配套。

一、中国水稻杂种优势利用的成就

1、三系法籼型水稻杂种优势利用首先突破

(1)籼型水稻雄性不育系的选育。水稻杂种优势利用的基础是选育出有生产应用价值的雄性不育系。60年代初,在湖南安江农校任教的袁隆平在“胜利籼”、“洞庭早籼”中发现无花粉粒和花粉粒败育(简称败育型)水稻雄性不育株,通过研究,袁隆平于1964年正式提出了通过选育水稻雄性不育系(简称不育系)、水稻雄性不育保持系(简称保持系)和水稻雄性不育恢复系(简称恢复系)的三系法途径,实现水稻杂种优势利用。

1970年10月,袁隆平的助手在海南崖县(现三亚市)南红农场附近水渠边普通野生稻(*O. sativa* L. f. *spontanea*)自然群落中发现一株花粉粒败育植株,后被命为“野败”。“野败”的发现,标志着我国水稻杂种优势利用研究进入了一个崭新的历史阶段。

1972年10月,袁隆平用“野败×6044”的后代与“二九南一号”连续回交三代,共11株,全部表现不育。这就是1973年被命名的“二九南一号不育系”(简称“二九南一号A”)。同年江西采用“野败”与栽培水稻多代回交的方法育成了“珍汕97A”、“二九矮A”及其保持系,湖南育成了“V20A”。这标志着中国水稻杂种优势利用已取得实质性的突破。20多年来,我国共育成了冈型、红莲型、D型、矮败

型、印尼水田谷型等来自60多种不同细胞质源的不育系及保持系600多对。

(2)籼型水稻恢复系选育。1973年以“二九南一号A”为代表的不育系选育成功之后,广西、湖南的育种家立即测定恢复力,并于当年筛选出“IR24”、“IR26”、“泰引一号”等对野败型不育系有强恢复力的恢复系。中国水稻杂种优势利用已实现了三系配套。湖南农科院1974年试种1.06亩“二九南一号A×IR24”(后命名为“南优2号”),当年获得7591.3公斤/公顷的产量,正式宣告三系法籼型水稻杂种优势利用获得成功。

80年代初,我国又育成了以“明恢63”、“测64—7”为代表的第二代恢复系。这批恢复系不但恢复力强、配合力高、丰产性好,且抗性和米质有重大改进。这批不同熟期的恢复系,使我国杂交水稻的适宜种植范围扩大。

(3)杂交水稻种子生产技术和应用。杂交水稻的种子生产,是把水稻杂种优势利用成果变为农民生产实际的关键。1973年以来,我国杂交水稻种子生产技术迅速地完善和系统化。首先解决了父母本花期、花时调节、生产群体布局、防杂保纯及病虫害防治等关键问题,从而使全国的杂交稻种子产量由最初的90公斤/公顷提高到1980年的750公斤/公顷。湖南先后经过多次试验,提出了杂交稻种子生产以母本一次插足成穗基本苗为核心的高产群体构建技术;以肥水管理为重点的高产群体调控技术;并制订了一套在制种前期基本苗不足的情况下,增苗增穗,在前期基本苗充足的情况下以主攻异交结实率为重点的田间实用栽培技术,最大限度地提高单位面积的母本颖花数和异交结实率,促进了全国杂交稻种子生产的发展,1982年全国杂交稻种子生产产量900公斤/公顷,1985年达到1650公斤/公顷,1990年突破2250公斤/公顷的大关。

(4)杂交水稻的栽培技术研究及其应用。杂交水稻之所以能从常规稻中独立出来,就是因为它有与常规水稻相区别的杂种优势及其相应的生长发育规律。通过早期对杂交水稻植株发育条件的研

究,逐步形成了以秧田超稀播、大田利用分蘖穗为主的技术措施。

80年代后期开始,杂交水稻的栽培研究已从高产植株、高产群体所需的条件,转向对一定区域的温、光、水等自然资源的合理利用,通过人为的措施来协调因季节、肥水、甚至劳动力引起的矛盾,从而达到既合理利用资源、作物周年高产,又促进生产发展的目的。这类工作以“南方双季杂交稻亩产吨粮技术研究”最为典型。

2、其他水稻杂种优势利用研究的进展

(1) 粳型水稻杂种优势利用研究成果及应用。

1968年我国云南省育成粳型水稻滇1型不育系,1972年从日本引进BT型不育系,科技人员利用当时已经获得的粳型野败不育系,一方面积极改造原不育性,一方面用大量的粳稻品种测交,均未发现对粳型不育系具有恢复能力的恢复源。辽宁农科院走“粳梗架桥”、人工制恢的路子,于1975年育成了具有高恢复力和配合力强的恢复系“C57”,实现了粳稻的三系配套,为北方粳型杂交水稻的生产应用奠定了基础。1984年辽阳市种植的“秀优57”,创下北方水稻产量13635公斤/公顷的最好纪录。80年代中期北方杂交粳稻的种植面积曾达到16万公顷。但杂交粳稻的生产从80年代末开始进入相对萎缩时期,目前全国的种植面积不足10万公顷。主要由于北方不适应稻谷生产的农事要求,基本设施缺乏,杂交稻组合的更新进度跟不上市场的需求,以及常规粳稻育种在产量、质量上的突破等。

(2) 两系法水稻杂种优势利用研究进展。70年代初,安徽省就发现有一批核不育材料的育性受环境影响较大。1973年湖北石明松在沔阳发现一株“农垦58”自然不育株。这类不育材料具有不育系和保持系的功能,故称之为温光周期敏感核不育系或水稻两用系。石明松报道了他的这一发现,并提出了通过两系法途径实现水稻杂种优势利用的新思路。袁隆平研究员把两系法途径作为水稻杂种优势利用整体战略中一个极其重要的组成部分,并得到国家“863”计划的重点支持。

目前,水稻品种间两系法杂种优势利用已取得突破,全国种植面积近10万公顷,这些组合的优势明显,一般比三系组合增产10%以上。近几年来,以袁隆平为首的科学家集中力量攻克两系法粳梗亚种间强优势组合选育的难关,并取得了显著的进展。

化学杀雄在水稻杂种优势利用研究方案中是一条重要的途径。一类化学药剂在一定条件下具有恢复水稻雄性不育系育性的效果,若其自交后代能保持原不育性的特性,就可以减少一个保持系,从水稻杂种优势利用的途径上讲,化学复雄剂是实现水稻两系杂种优势利用的另一途径,也是两系法。

目前湖南已筛选到复雄效果达40%的药剂。

3、水稻杂种优势利用的理性思维与基础研究

袁隆平研究员在认真吸收现代科学成果的基础上,1986年提出了水稻杂种优势利用由三系法到两系法再到一系法,即首先实现品种间杂种优势利用,第二步实现亚种(粳型水稻与梗型水稻)间杂种优势利用,第三步实现水稻的远缘(水稻与高粱等单子叶植物甚至与向日葵等双子叶植物之间)杂种优势利用等总体战略。目前,一系法研究,就是利用无融合生殖现象及现代生物技术手段,实现水稻远缘杂种优势利用,已取得重要进展。

在选育杂交水稻强优势组合的同时,水稻杂种优势形成的生理研究也取得了一系列成果。研究发现杂种一代植株体内某些大分子的含量及活性可能与杂种优势有关。最近的研究表明,杂种一代的产量优势至少与7条染色体上的基因有关。

对水稻雄性不育系的一系列研究发现。水稻雄性不育可能与线粒体某些特异基因的表达有关。温光敏核不育系花粉粒败育与游离氨基酸,特别是脯氨酸和丙氨酸的变化密切相关。植物激素的变化一直与不育系的育性表现密切相关。虽然这些研究距离从理论上解释水稻杂种优势利用的现象较远,却为更深入的个体生理学、细胞生物学、分子生物学研究打下了非常重要的基础。

4、杂交水稻的应用

1974年,以湖南农科院试种0.0706公顷“二九南一号A×IR24”获得7581.3公斤/公顷产量为标志,正式宣告粳型杂交水稻已培育成功,到1976年全国杂交水稻的种植面积就达到13.86万公顷(208万亩),并以中国农作物良种推广史上前所未有的速度扩展,1991年种植面积达到1760万公顷。至1994年底止,全国累计种植杂交水稻1.755亿公顷,与常规稻相比,累计增产稻谷2.6亿吨,因而获得我国第一个特等发明奖。

1978年开始,先后有国际水稻所、美国及日本等20多个国家或科研机构就水稻杂种优势利用,纷纷寻求同中国的合作。至80年代中期,一个以中国为中心的全球杂交水稻研究高潮已经形成。90年代初,联合国粮食和农业组织(简称粮农组织)把在全球范围推广杂交水稻作为一项战略计划,并聘请袁隆平研究员出任该项计划的技术顾问,有计划地选择了印度、越南等几个水稻生产大国,与这些国家的政府一道,设计和支持杂交水稻发展。自1991年以来,加强了对印度、越南的技术培训。越南近三年杂交水稻累计种植面积已超过7万公顷,单产比当地良种高30%以上。现在,寻求与我国进行杂交水稻技术合作、联合开发的国家和企业已进入实质性的运作阶段,全球杂交水稻应用的高潮正在形成。

正因为袁隆平研究员在水稻杂种优势利用方面的卓越成就和贡献,联合国世界知识产权组织1985年10月授予他发明与创造奖,联合国教科文组织1987年11月授予他科学奖,英国伦克基金会1988年3月授予他个人成就奖,美国1993年3月授予他菲因斯特拯救饥饿奖,何梁何利基金会1995年元月授予他何梁何利基金奖,1995年6月袁隆平研究员当选为中国工程院院士。

二、中国水稻杂种优势利用研究面临的问题

1、研究工作难度越来越大

我国水稻杂种优势利用研究已有30多年的历史,研究工作的覆盖面、所涉及的学科领域已不是二三十年前能够想象的。从作物资源、育种、栽培、植物保护等传统农业科学领域,到细胞工程、发酵工程、分子生物学、植物生理学、植物遗传学、植物物理学等近代生物科学领域,都已在杂交水稻的研究工作过程中有机地结合在一起。

2、生产中大面积应用的杂交稻组合的遗传背景单一

水稻杂种优势利用研究初期,能够利用的水稻、旱稻、野生稻资源都试过了,现在生产应用的杂交稻组合,90%以上来自“野败”质源。“野败”质源的组合大多数米质较差。同时,同一质源的不育系,就产量性状而言,现有组合没有或很少有超过“南优2号”的。

单一质源带来的另一个潜在威胁是某种毁灭性病害的大流行。四川80年代连年大面积种植“汕优2号”,导致1984~1985年稻瘟病大发生,1985年就损失稻谷5亿公斤。这仅是一个信号,如不加强其研究工作,可能给生产带来的损失远不止这些。

由于质源的限制,在粳型杂交水稻、籼型早中熟杂交早稻新组合的选育工作方面,多年来进展缓慢。

三、大力发展杂交水稻,保障社会粮食供给

按照规划测算的数据,我国到2000年粮食消费为5亿吨,到2010年为5.5亿吨,现在的产量是4.5亿吨,缺口到2000年是0.5亿吨,到2010年是1亿吨。粮食从哪里来?出路只有一条,提高单位面积产量,提高我国粮食的内涵生产力水平。目前提高农产品产量、质量较为过硬的措施就是培育良种,粮食良种目前增产幅度最高的是杂交水稻。国家主要领导人十分关心中国水稻杂种优势利用研

究,就体现了粮食问题对国家的重要性。从国家发展的战略看,加强我国水稻杂种优势利用研究,迅速提高我国的稻谷生产能力,对于保证国家经济建设的稳定发展,有着极其重要的现实意义和深远的政治意义。

袁隆平研究员在分析了目前杂交水稻的技术水平和应用情况后提出,杂交水稻仍然蕴藏着巨大的增产潜力。“九五”只要进一步大力发展杂交水稻,就能使我国的稻谷年生产能力再提高150亿公斤,主要从以下两方面努力。

一是扩大杂交水稻种植面积。重点在长江流域扩大杂交早稻种植面积333.3万公顷(5000万亩),扩大杂交中晚稻(含粳稻)333.3万公顷(5000万亩),使我国杂交水稻种植面积由现在的1533万公顷(2.3亿亩),增加到2200万公顷(3.3亿亩),按现在杂交水稻的增产幅度,可使我国的水稻年生产能力提高100亿公斤。

二是发展两系杂交水稻。根据全国的大面积示范证明,两系杂交水稻组合比同熟期三系杂交稻组合增产750公斤/公顷。若利用这些两系杂交水稻新组合,更新三系杂交水稻666.6公顷(1亿亩),又可将水稻年生产能力提高50亿公斤。

四、水稻杂种优势利用的科学意义

水稻杂种优势利用的总体发展战略,正在推动作物育种学科的迅速发展。袁隆平研究员关于杂交水稻发展分三步走的总体战略构想发表后,在我国育种界引起了很大的震动。特别是通过两用不育系,即生态不育途径实现作物杂种优势利用的思路,给许多在困苦中探索的育种家们指明了方向。很多育种家在实践中有作物不育材料育性异地反应悬殊的感性认识,以前都作为异常变异处理了。自1989年以来我国先后通过了两系法小麦、大麦、高粱、油菜、玉米、小米等作物杂种优势利用的成果鉴定。随着大批材料的发现和研究工作的不断深入,必将促进作物育种学的发展。

水稻杂种优势利用带动了相关学科的发展。杂交水稻从事实上说明了自花授粉作物存在杂种优势,实际上否定了传统遗传学的理论。受益最大的还是育种学,从育种亲本的选择,到亲本间相互关系的确定,检测这些关系的质量指标体系等等,都把育种学向前推进了一大步。同时作物栽培学、植物保护学、杂种及亲本营养特性及其生理学,都为科学家们的研究工作进一步深入提供了足够的新材料,其研究工作也正在迅速发展。

杂交水稻的研究也促进了现代科技成果对传统学科的渗透。现代分子生物学成果应用的速度最快,目前应用DNA限制性片段长度多型性(RFLP)

标记和微卫星 DNA 标记技术,在鉴别控制水稻杂种优势的基因位点及基因作用方式、预测水稻杂种优势、培育强优势组合等方面都作出了一些成果。细胞工程、发酵工程及生物膜、现代营养学的知识和技术,对于杂交水稻人工种子的生产都是必不可少的。生物化学、生物物理学已应用于杂交水稻的研究,如利用物理因素中的高能射线促成水稻亲本的变异,利用化学因素中的某些药剂调控不育系的育性等。水稻杂种优势利用推动了现代科学的发展,同时也依靠现代科学成果来发展、完善自己。

五、水稻杂种优势利用的当前任务

首先,要采取紧急措施,创造和利用新的水稻质源,迅速改变我国目前大面积应用组合遗传背景单一的局面。特别要利用现代生物技术等手段,加强对目前应用面积最为广泛的杂交水稻亲本的米质、抗性及丰产性的改造。

其次,要组织力量重点选育适合长江流域的早熟早稻强优势组合。根据我国现有的工作基础和已经掌握的育种材料,组织得好,近年就会有所突破。

第三,要加强杂交粳稻强优势组合的选育。组织有关力量,充分利用现有的材料,采用两系法、粳爪交的技术路线,力争短期内有所突破。

第四,集中力量攻克水稻粳亚种间杂种优势利用最后的难关。力争通过新型育种材料的运用,解决亚种间组合后期充实度不理想的问题。同时要注意开拓思路,选育育性转换温度范围适当的两用不育系,尽快制定其两系法杂交水稻的种子生产规程。

第五,采取有力措施,稳定现有研究队伍,加大对水稻无融合生殖及杂种优势遗传学基础研究的力度。

第六,积极开展国际合作,组织国际间的杂交水稻技术贸易。按照尊重育种单位和育种家知识产权的原则,利用我国杂交水稻技术目前还领先世界的优势,配合有关国际组织开展国与国之间的技术贸易。既可以进行跨国的种子交易,又可以进行适宜亲本及组合的技术转让,也可以开展互利互惠的双边合作研究、接受委托研究等等。总之,采取灵活的经营策略,把杂交水稻推向世界。

(责任编辑 刘先曙)

科技动态

瑞典科学家发现人奶有抗癌功能

据英国《新科学家》周刊 1995 年 8 月 26 日报道,瑞典伦德大学的安德斯·黑肯森(Anders Hakansson)的一个科研小组,在研究母乳喂养能防止婴儿呼吸道和内脏感染的机制时,意外地发现,母乳不仅能防止婴儿感染疾病,还有抗癌功能。

黑肯森发现,人奶中有一种成分能阻止细菌和病毒粘结到呼吸道的粘膜上,这是人奶防止婴儿感染呼吸道疾病的重要原因。目前,他们正在用呼吸道的正常细胞研究人奶对细胞粘结度的影响。并试图分离出阻止细菌和病毒在粘膜上粘结的成分。他们在研究一种能引起感冒等疾病并诱发一些试验动物得恶性肿瘤的腺病毒时,偶然发现人奶还有抗某些癌细胞的作用。

黑肯森用人的肺癌细胞培养腺病毒,他把一些肺癌细胞放进人奶中后,发现癌细胞开始显现出活力下降的迹象。并在半小时内全部死亡。看来,人奶中有某种东西触发癌细胞“自杀”,于是,他们全面分析了人奶的成分,发现其中一种叫 α -乳清蛋白的普通奶蛋白是造成癌细胞死亡的主要原因。

目前,研究人员还不清楚 α -乳清蛋白是怎样激发癌细胞“自杀”的。但有一点弄清楚了,即和钙有密切关系,因为当从培养腺病毒的培养基中除去钙时,就没有发生癌细胞的死亡现象。研究人员认为,癌细胞在人奶中死亡的机制一旦研究清楚,就有可能为设计新的抗癌药物提供依据。因为约有 1/3 的癌是由于癌细胞的“自杀”过程失效引起的。

(刘先曙)

锂“超原子”的出现向超冷理论提出挑战

据英国《新科学家》周刊 1995 年 8 月 26 日报道,美国得克萨斯休斯顿赖斯大学的一个科研小组发现了一些按经典理论不可能发生的现象。即在超低温下看到所谓博西—爱因斯坦(BOSE—Einstein)凝聚物,出现成千上万个原子处于相同的量子状态而形成的“超原子”。

赖斯大学的兰德尔·休利特(Randall Hulet)及其同伴在超低温下冷却锂原子时,锂原子凝聚了。他们不清楚为什么会出现这种现象。因此他们认为,理论家们看来需要重新考虑过去提出的理论模型。

实验是在磁阱内在距绝对零度仅差千万分之一 K 的超低温下进行的。当先用铷原子实验时,预料到了会形成凝聚物,因为铷原子在这样的超低温下(排斥)力很弱。但当用锂原子试验时,按理说应出现不同情况。因为锂原子属弱(吸引)力原子。理论家原来预计,在接近绝对零度的超低温下,锂原子应该冷凝成液体并在几毫秒内滴出磁阱。可是,实验中却出现了多达 10 万个锂原子形成的博西—爱因斯坦凝聚物,其寿命达几十秒。科研小组不久将在《物理评论通信》杂志上报道他们的这一发现。

为什么会发生这种现象现在仍不清楚。赖斯大学的科研小组计划更详细地测量这种凝聚物,以便更进一步研究它们的性质。他们还计划研究锂—6 原子。因为这种原子的性质可能使它们在超低温下成为具有超流体特性的气体。

(刘先曙)