

“湖北光周期敏感核不育水稻育性转换 机理与利用”研究的意义和进展

李泽炳*

【摘要】 基于湖北光周期敏感核不育水稻(英文缩写为 HPGMR)的基本特性——长日条件下雄性败育、短日条件下雄性可育,可采用“两系法”生产杂交种子,与“三系法”相比具有明显的优越性。1985—1989年间,我们开展了 HPGMR 育性转换机理和利用的研究,主要结果如下:

1. 揭示了光照诱导农垦 58S 育性转换的临界光长、临界光强、敏感期、光温协同作用及光敏色素作为光受体的参与作用等育性转换机理问题。
2. 农垦 58S 的光敏不育性为核内隐性单基因突变,属孢子体不育类型,其不育性与控制株高、生育期的基因不连锁。
3. 农垦 58S 的光敏不育性具有稳定的遗传性,以农垦 58S 为基因供体,已经育成一批稳定的籼、粳光敏不育系。
4. 已经育成的两系杂交粳稻组合,1989年在湖北省生产示范种植1万亩,取得比对照亩增产50—70公斤的效果,粳稻组合制种产量约120公斤/亩。

一、重大意义

70年代初期,我国育成了水稻的质核互作型雄性不育系、保持系和恢复系,并以三系配套法将水稻杂种优势利用于生产。用三系法生产的杂交稻种子称为三系杂交水稻。

自1976年开始推广三系杂交水稻以来,至1988年的12年间,全国累计种植三系杂交水稻的面积约为12.5亿亩,比推广前的常规优良品种,一般每亩增产50公斤以上,总计增产稻谷1250亿斤,取得了巨大的增产效果。1989年,我国三系杂交水稻的种植面积已接近2亿亩,超过水稻种植总面积的40%。预计今后5—10年内,三系杂交水稻仍是我国利用水稻杂种优势的主要途径。但从发展的眼光来看,三系杂交水稻存在以下明显的弱点:

1. 配组不自由。由于三系受恢保关系的限制,一些品种间杂种一代的优势虽很强,但双亲难于育成质核互作型的雄性不育系或相应的恢复系,因而不能通过三系配套来利用其杂种一代的优势。
2. 种子生产的程序较复杂,特别是不育系繁殖的去杂保纯较难,种子生产的成本较高,而

* 华中农业大学教授

该研究课题为国家自然科学基金“七五”期间重大项目

且育种周期也较长。

3. 不育细胞质对杂种 F_1 代某些经济性状具有不同程度的负效应,限制了杂种优势的充分发挥。

湖北光周期敏感核不育水稻农垦 58S(S 是光敏感核不育系的简称),是湖北省仙桃市已故高级农艺师石明松于 1973 年从常规晚粳品种农垦 58 中发现的,由农垦 58 品种细胞核内的隐性单基因突变体育成。农垦 58S 具有明显的育性转换特性,在较长日照和较低温度下,通过育性转换敏感期为雄性不育;在较短日照和较低温度下,通过育性转换敏感期则转换成不同程度的雄性可育。在湖北省仙桃市和武汉市(北纬 30—31 度)的平原、丘陵地区的自然条件下,8 月底以前抽穗稳定雄性不育,9 月 1—2 日后,抽穗开始转向不同程度的可育,9 月 11 日至 15 日抽穗为自交结实最佳抽穗时段。农垦 58S 的这种育性转换特性,在南起海南岛三亚市、北至北纬 40 度以南的平原和丘陵地区都可得到表达。利用其在不育时段抽穗,与相应的父本(恢复系)品种在一个隔离区内按一定行比种植,即可配制杂交种;利用其在可育时段抽穗自交结实,可自行繁殖不育系种子。这种利用光敏核不育系生产杂交种子的方法,称做“两系法”,用这种方法生产的杂交稻称为“两系杂交稻”。两系杂交稻较上述的三系杂交稻具有以下明显的优点:

1. 配组自由。由于光敏核不育系及其新组合的选育,不受三系法恢保关系的制约,可能实现不育系和杂交组合的多类型化,既可更为广泛的利用水稻品种之间的杂种优势,也可适当缩短育种周期。

2. 种子生产的程序简化。由于不育系是自交传代,便于防杂保纯,安排在当地自交结实的最佳时段抽穗,其繁殖产量也明显提高。

3. 避免了三系法雄性不育细胞质对 F_1 代杂种某些经济性状的负效应。

4. 和三系法相比,有利于实现籼粳亚种间杂种优势的利用。将光敏核不育性和广亲和性结合,可用两系法育成籼粳亚种杂交稻。我们的目标是要在 1995 年育成比三系杂交稻增产 20% 的两系籼粳亚种杂交稻。这一目标实现后,经过试验示范,若能在 2000 年前后大面积推广,可比三系杂交稻更大幅度增产。

光敏感核不育基因的育性转换受光周期效应的调控而得到表达,深入研究并探明育性转换的机理和光周期调控的机理,将可在植物遗传学的育性基因表达,调控和植物生理学的植物光周期理论两方面有所发展和创新。水稻的光周期敏感核不育性若是一种普遍现象,将有利于探明这种由我国发现的自然规律并使之服务于农业生产,带来巨大的增产效益。为此,国家自然科学基金委员会把“湖北光周期敏感核不育水稻育性机理转换与利用”列为重大研究项目,给予重点支持,并确定由华中农业大学、湖北省农科院、武汉大学联合承担。

二、研究成果

“湖北光周期敏感核不育水稻育性转换机理与利用”研究项目于 1985 年开始进行,至 1988 年 12 月已圆满完成。1989 年 2 月,湖北省政府和国家自然科学基金委员会在武汉联合召开了鉴定会,通过专家鉴定,认为本课题取得了下列研究成果:

1. 确定诱导 HPGMR 农垦 58S 育性转换的临界光照长度及敏感期,并初步探明光强、光

质等对育性转换的作用。

探明了农垦 58S 的育性在主茎与分蘖,头季稻与再生稻之间没有传递效应。

发现温度与光长有重要的协同作用。

首次提出了农垦 58S 生育过程中可能存在两个性质不同的光周期反应的假设,如能进一步在不同类型光敏感核不育系中得到证实,将具有重要的理论意义。

2. 初步探明农垦 58S 育性转换基因的主要遗传特性。如,确认农垦 58S 光敏感雄性不育性为核内隐性单基因突变,属孢子体不育类型,其不育性与控制株高及生育期的基因没有连锁关系。

3. 明确了农垦 58S 育性转变前后在细胞学、生理代谢和生化特征等方面的一些重要差异。如农垦 58S 的花药结构和花粉败育特点、剑叶表面气孔复体发生严重畸变、不育花药内游离脯氨酸含量急剧下降以及过氧化物酶活性的变化特点。

4. 确定了农垦 58S 在生产上的价值,提出光敏感核不育基因在水稻育种上的利用途径及方法。

在确认农垦 58S 的不育性具有稳定的遗传性的基础上,转育成一批符合不育系标准的粳、籼型光敏核不育系(其中粳型 3 个、籼型 2 个),并于 1988 年通过了省级以上的正式鉴定。这是国内外第一批可能用于两系杂交稻的新型不育系。

5. 选育出一批与目前三系杂交粳稻产量相近的两系杂交粳稻组合,并进行了多点试种与示范。

此外,在国际与国内许多学术会议和学术刊物上,共发表论文 35 篇,引起了国内外学者的瞩目。

综上所述,可以认为本课题已于 1988 年完成了预定的研究计划,不论在杂交稻的理论探讨还是育种应用上都取得了较为丰硕的研究成果,在国内外光周期敏感核不育水稻的系统研究中处于领先地位,从而使我国杂交稻的理论研究与生产应用继续保持国际领先地位作出了新的重要贡献。

专家鉴定委员会还建议:为了使这一重大研究项目取得更大更快的进展,还应加强遗传与生理机理以及育种利用的研究。

三、1989 年的进展

“湖北光周期敏感核不育水稻育性转换机理与利用”研究经过 1989 年的继续实施,又取得了如下的主要进展:

1. 通过对多个光敏核不育系在不同海拔地区的分期播种试验,人工控光控温条件下的试验以及在盛夏(7月下旬至8月初)低温对育性稳定性干扰的试验,结果表明:晚粳型 31111S 等育性转换和农垦 58S 一样,主要受光照长度的制约,为光周期敏感型,但较农垦 58S 能承受较低的温度。7月26日至8月1日连续7天,日最低温度小于 23°C ,其中有6天小于(或等于) 22°C ,两天连续小于(或等于) 20°C ,育性转换敏感期处于这样的较低温度条件下,仍表现稳定的不育;若能把这种既属光敏型、又对低温较不敏感的 HPGMR 利用于生产,则最为稳妥。同时还发现一些早籼型 HPGMR,如 W6154S 等,用不同光照长度处理,对其育性转换影响不明显。但若温度

较高表现不育,温度较低转为可育,这种对温度高低反应敏感的核不育系,易因年际间的温度变化而导致育性发生波动。若某年制种期遇低温,会降低制种田杂交种子的纯度,若另一年繁殖期遇高温,又会使自交繁殖田的产量下降。因此,应对已经育成的早、中粳 HPGMR 育性转换所需的临界温度及光照长度加强研究,以明确这类 HPGMR 的利用价值;同时今后应着重选育对光长敏感、对低温较钝感的早、中粳型光敏核不育系,才能更快地用于生产。

2. 农垦 58S 育性转换敏感期在长暗期条件下用红光(波长 660nm)、远红光(波长 730nm)交替闪光处理,以间断暗期。多次试验结果表明:红光闪光处理导致农垦 58S 不育,在红光闪光之后接着以远红光闪光,可使红闪光的效应逆转,导致农垦 58S 可育。这种一个光反应可以被一个红闪光诱发,而这个反应又可被一个随红光之后立刻给予的饱和的远红光闪光所充分逆转,则这个反应中的光受体即是光敏色素。可见,农垦 58S 的育性转换受红光和远红光的调控,而光敏色素则作为光受体参与了此育性转换的过程。

3. 已初步从农垦 58S 的黄化芽中提取出了光敏色素。对提取的光敏色素样品进行吸收光谱的研究表明:此光敏色素样品在红光、远红光的轮回照射下都呈现出吸收光谱的可逆变化,从而验证了提取出的样品确为光敏色素。

4. 利用双向电泳技术,在农垦 58S 和双 8-14S 的叶片中都发现一个约 60KD, PI5.5 的特异蛋白,这个蛋白十分稳定,在各个时期均有表达;但质核互动型的珍汕 97 不育系则不具有此蛋白。如能进一步证明各类 HPGMR 都具有此特异蛋白,则有可能用作核不育系转育的一个检验指标。

5. 在自然长日照不育条件下,于育性转换敏感期用乙烯代谢抑制剂(500ppm)处理农垦 58S,可明显抑制幼穗中乙烯的释放,随着乙烯释放量的减少,其可育性的表达受到促进。相反,用 0.2%的乙烯处理,在乙烯释放量增加的同时,其可育性的表达显著降低。据此,初步认为,农垦 58S 的育性转换与乙烯代谢的变化有关,如进一步研究得到确证,可望以乙烯代谢的强度作为选育稳定光敏核不育系的一个生化指标。

6. 以 5047S/R9-1 为主的两系杂交粳稻组合,已于 1989 年在湖北省用作双季晚稻试种示范 1 万亩,一般比当地推广的常规晚粳品种每亩增产 50—70 公斤,取得了增产的效果。1989 年,在湖北省用该组合制种约 400 亩,平均制种产量每亩 120 公斤。由于两系杂交粳稻在湖北省的试种示范已基本成功,可进一步扩大示范面积。

STUDIES ON FERTILITY CONVERSION MECHANISM AND UTILIZATION OF HUBEI PHOTOPERIOD SENSITIVE GENIC MALE STERILE RICE

Li Zebing

(Centrl China Agricultural University)

Abstract

The Hubei Photoperiod Sensitive Genic Male Sterile Rice (HPGMR) is sterile under

long-day sunshine and fertile under short-day sunshine. The two-line way is superior to the three-line way and can be used for hybrid seed production. The fertility conversion mechanism and the utilization of HPGMR were studied from 1985 to 1989. The main results are as follows:

1. The results revealed the fertility conversion mechanism of Nongken 58S — the critical light length and the critical light intension of light induction, the photoperiod sensitive stage, the effect of temperature in response to light induction, the role of phytochrome as a light acceptor and so on.

2. The photoperiod sensitive male sterile gene of Nongken 58S is a recessive single gene mutation, belonging to the sporophytic sterility type. The gene does not link with the genes controlling plant height and growth duration.

3. The sterility of Nongken 58S is genetically stable. A group of stable male sterile lines have been developed by means of Nongken 58S as a gene donor.

4. The developed two-line japonica hybrid rice was planted on about 700 ha in Hubei in 1989, and its yield was 750—1050 kg / ha higher than that in ordinary fields. The yield of the japonica hybrid seed was 1800kg / ha.

· 科学的启迪 ·

黄蜂、蜻蜓与航空

黄蜂振翅的频率可达每秒 400 次,而产生的浮力要比一般飞机强 5—6 倍。于是,美国南加州大学的研究人员把黄蜂列为研究对象,以研制灵活性更强的飞机。

蜻蜓凌空翱翔,能停于半空,能进能退,左来右去飞行自如,也成了航空专家设计飞机的参考。

蜘蛛与核聚变

在美国曼彻斯特大学进行的一项核聚变实验中,一个只有头发般大小的管囊悬吊着,囊里充满氢气。管囊被高达 12 万亿瓦特的激光撞击加热,氢气被加热至 9000 万度的温度,于是所谓的核能便会产生。原本不能克服的问题之一是:用什么材料来悬吊管囊,研究人员经过一番寻觅之后,结果发现,答案就在蜘蛛网上。“我们用的就是蜘蛛网,它轻与强韧,又具有优异的机械性能,并很有弹性。”试验负责人说,“如果没有蜘蛛,要开发这种管囊悬吊系统,可要花费数百万美元!”

由此可见,展开想像的翅膀,把两件截然不同的事物联系起来,乃是科学家取得重大科学进展的奥秘所在和途径之一。

(张家顺摘译)