

# 无性系培养技术在水稻遗传改良中的应用前景

赵帅鹏, 黄群策\* ( 郑州大学离子束生物工程河南省重点实验室, 河南郑州450052)

**摘要** 概述了体细胞无性系变异发生的特点与其在水稻遗传改良中的应用状况, 分析了体细胞无性系变异在实际应用中所存在的问题, 并提出了加速水稻育种进程的新途径。

**关键词** 无性系; 离子束; 水稻; 体细胞无性系变异

中图分类号 S511 文献标识码 A 文章编号 0517 - 6611(2008) 10 - 04021 - 03

## Study on the Application Prospects of Clone Cultural Technology in Rice Genetic Improvement

ZHAO Shuai-peng et al ( Henan Provincial Key Laboratory of Ion Beam Bioengineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450052)

**Abstract** The occurrence characteristics of somaclonal variation and its application in rice genetic improvement were summarized. The existing problems on the practical application of somaclonal variation were analyzed and new approaches for accelerating the breeding process of rice were put forward.

**Key words** Clones ; Ion beam; Rice ; Somaclonal variation

目前, 在水稻的遗传改良中主要存在2大难题: 一是如何在现有基础上提高水稻产量, 二是如何有效地固定杂种优势。为此, 研究者主要围绕创造遗传性变异材料、筛选优良新种质、稳定优良基因型和扩大优良基因型群体4个方面进行探索性研究<sup>[1]</sup>。经过不断探索, 在众多的育种方法中, 无性系诱导、培养和筛选无论在创造丰富多彩的遗传性变异个体方面, 还是在筛选具有实用价值的优良新种质方面都具有其独特的优越性。

1959年, Melchers和Bergman首次尝试了利用植物组织培养的方法诱导体细胞突变体, 随后, Heinz和Mee又分别从甘蔗的幼叶和幼茎的无性系愈伤组织中获得了具有优良品质价值的再生植株。此后, 利用组织培养的方法诱导遗传性变异材料就成了作物遗传改良的重要方法之一<sup>[2]</sup>。Larkin等将这种在植物组织培养过程中所出现的新变异称之为体细胞无性系变异(Somaclonal Variation)<sup>[3]</sup>。王关林等通过观察体细胞在培养过程中不同阶段的变异情况, 将体细胞无性系变异的范围划分为培养细胞的变异、愈伤组织的变异和再生植株的变异<sup>[4]</sup>。在植物组织培养的各个阶段中, 体细胞无性系变异都是非常普遍的现象。研究者已经将这种变异方法应用于多种农作物的遗传改良中, 其中水稻领域的研究效果最为突出。

### 1 体细胞无性系变异特点及机理

大量研究结果表明, 体细胞无性系变异有明显的特点, 主要表现在7个方面: 变异频率高。变异频率一般都在1%~3%, 在个别物种中可以达到25%~100%<sup>[5]</sup>。以香蕉为试验材料进行无性系诱变, 其表现型变异率高达90%。大多数作物无性系变异范围比较广泛。体细胞无性系变异涉及到的性状主要有数量性状、质量性状、染色体数目和结构的变异、DNA扩增和减少、生理生化特性的变化等, 其中以株高、叶型、穗型、粒型、熟期、分枝特性等为主的数量性状变异最为突出。后代稳定比较快。通过对无性系变异植株后代遗传稳定性的长期观察, 研究者发现一般体细胞无性系变异经过2代就可以稳定遗传, 这样就可以较快地选择优良性状, 大大缩短育种年限。保持物种原有优良性状。无性

系变异可以改变原有物种的1~2个性状, 因而可以针对现有品种的个别缺点进行筛选, 特别对熟性、矮秆及粒型等性状的筛选, 避免了由于基因重组带来的诸多麻烦。活化潜在的隐性性状和显性性状。由于在无性系变异产生的后代中不但可以出现显性性状的改变, 而且可以激活一些外植体所没有表现的隐性性状的变异(如雄性不育, 雌性不育, 矮秆等), 这就扩展了变异类型, 丰富了变异材料。取材方便、绿苗率高。利用无性系变异所选取的外植体一般为植物未成熟胚、成熟胚、幼穗、下胚轴、子叶、幼芽等幼嫩部位, 因而不受季节的限制, 取材方便。另外, 这些部位的外植体经无性系培养后的再生绿苗数量高、白花苗少。起点高、效率高。研究者对无性系培养的再生植株研究发现, 选用现行最好的品种(系)作为起始材料, 只需精心选育就有可能筛选到超出现有水平的品种, 并且新品种无需要多年适应性试验<sup>[2]</sup>。

目前体细胞无性系变异产生的机理研究还不是很成熟, 经过二十几年的探索, 研究者发现产生原因可能涉及以下7个方面。外植体细胞先存的变异。外植体细胞先存的变异主要源于染色体数目的变异, 其中较常见的是多倍化变化。这些多倍体细胞产生的原因可能是因为在在外植体细胞中, 已有的多倍体细胞发生了分裂启动, 在分裂过程中, 其DNA进行复制, 但不进入有丝分裂, 从而产生了多倍体细胞<sup>[2]</sup>。当外界条件发生变化时(不同的离体培养条件、不同的生长激素配比等), 这些细胞的发育就会改变方向, 产生诱导分裂, 从而导致愈伤组织细胞多倍化变异。染色体数量和结构的变异。在目前的研究中, 染色体数量和结构的变异被认为是无性系变异发生最主要的证据和来源。研究者在培养的愈伤组织细胞以及再生植株突变体的体细胞中观察到了染色体数量和结构的变化。在大麦、小麦、水稻、甘蔗等的愈伤组织中, 再生植株或原生质体等都出现了广泛的染色体数量变异(如非整倍体、多倍体和双二倍体<sup>[6]</sup>)。Singh在大麦的愈伤组织中观察到了单倍体( $2n = X = 7$ )、三倍体( $2n = 3X = 21$ )、四倍体( $2n = 4X = 28$ )、八倍体( $2n = 8X = 56$ )等细胞<sup>[2]</sup>。无性系变异还涉及染色体结构的变化。当染色体出现易位、重排、丢失以及倒位等现象时, 无性系变异除单价体外, 还会出现多价体(如三价体、四价体及异性二价体等)<sup>[7]</sup>。基因突变。通过对大量无性系变异材料进行离体培养, 研

基金项目 国家“十五”科技攻关项目(2001BA302B)。

作者简介 赵帅鹏(1983-), 男, 陕西宝鸡人, 硕士研究生, 研究方向: 离子束生物效应。\* 通讯作者。

收稿日期 2008-01-15

研究者发现,植物外植体经过离体培养,愈伤组织由脱分化到再分化过程中常常伴随着基因突变。对水稻、玉米、烟草等的基因检测表明,单基因突变的再生植株后代表现出典型的孟德尔隐性遗传<sup>[8]</sup>。在水稻抗盐突变体的研究中曾发现变异植株的第7号染色体上有2个基因连锁位点发生突变<sup>[2]</sup>。

基因的重排。体细胞无性系变异也可能是因为在组织培养过程中,体细胞经历脱分化时DNA分子内部核苷酸序列发生了重新排列。Das在玉米栽培系的培养细胞中发现,由于DNA复制过程中的同源染色体重组或丢失,导致玉米贮藏蛋白基因座位发生了高频率的基因重排现象<sup>[9]</sup>。在研究线粒体DNA(mtDNA)和叶绿体DNA(cpDNA)时发现,经过组织培养过程,mtDNA较cpDNA有很大的变异。Hartmann观察到小麦幼胚愈伤组织继代6次后获得的再生植株的线粒体DNA发生了重排,并且培养时间越长,再生植株mtDNA变异程度越大<sup>[10]</sup>。DNA的碱基修饰。在植物的组织培养中,有的组织器官经过一段时间培养后,基因组中碱基就会发生某种化学修饰,其中DNA的甲基化最为明显。Brown在1989年发现,玉米体细胞无性系的有些再生植株与对照相比是超甲基化的,有些更容易被Hpa II切割<sup>[11]</sup>。1991年,Brown等又在玉米的愈伤组织和再生植株中发现了DNA甲基化和碱基顺序的变化<sup>[12]</sup>。DNA的扩增与减少。研究者发现植物的高等器官在分化和环境胁迫条件下,某些特定的基因拷贝数会发生增加或者减少。20世纪90年代Wang等从栽培稻及其悬浮培养物中提取DNA,与同位素标记的DNA高度重复序列探针进行杂交,在未分化的培养细胞中检测到高度重复序列扩增了75倍<sup>[2]</sup>。在体细胞无性系变异中,核糖体DNA(rDNA)及其间隔序列和一些重复序列最容易发生DNA序列丢失。Brettel等观察到小黑麦(Triticale)再生植株1R染色体上rDNA间隔区序列减少80%<sup>[13]</sup>。在水稻愈伤组织和花药培养中也发现大量DNA片段拷贝数减少以及大片段叶绿体DNA丢失。转座子激活。McIntock通过对玉米体细胞无性系再生植株研究认为,转座子的激活源于染色体的断裂和重排及碱基的甲基化<sup>[14]</sup>。转座子一旦被激活,就可以在基因组中从一个位点跳跃到另一个位点,它们的插入和解离,直接影响到相邻基因的表达,从而导致基因组产生一系列明显的变化<sup>[15]</sup>。通过对水稻的一种逆转录子Tos17的检测,研究者发现,Tos17的插入和解离导致所在的基因发生变异,并且随着继代时间的延长,Tos17的拷贝数增加,从而增大了无性系变异的频率<sup>[2]</sup>。

体细胞无性系变异受到外植体材料、培养条件以及外部条件等因素的限制。从外植体的结构来看,当外植体来源于染色体数目或倍性较高的嵌合体时,体细胞可能发生高频率的突变。在果树的组织培养中,叶片、根段、茎段等未分化形成分生组织的外植体突变频率要高于茎尖、腋芽等具有分生组织的外植体。在组织培养中,改变培养基的成分、剂量以及激素的配比浓度等也能改变突变频率。李士生等对小麦愈伤组织细胞染色体的跟踪研究发现,6-BA、AgNO<sub>3</sub>、2,4-D、蔗糖浓度等均能影响到小麦愈伤组织细胞染色单体交换。2,4-D提高变异频率,而AgNO<sub>3</sub>降低变异频率,高浓度的6-BA可以加大长期培养愈伤组织的超倍性体细胞变异频率。体

细胞变异还受到外部条件的影响,如各种射线:X射线、射线、离子束等。1988年,赵成章用1.94 G/kg射线照射水稻愈伤组织,使水稻再生植株后代(R2)早熟株系变异频率由1.8%提高到8%,增加了约4倍<sup>[16]</sup>。

由于体细胞无性系变异受到许多因素的制约,因而不同材料的变异频率因物种和培养条件的不同而存在差异。Brock通过对有关种子蛋白诱导突变研究的分析认为,显性突变的发生频率是隐性突变频率的1%<sup>[17]</sup>。Skirvin等认为体细胞无性系变异的频率大致为1%~3%,这远远大于0.001%的自然变异频率。Larkin等对小麦在生产力方面的变异研究发现,小麦在生产力方面的变异频率是3%~26%<sup>[18]</sup>,并且研究认为小麦体细胞显性突变的发生频率可能接近10%。Evans认为组织培养中每20~25个再生植株就会有1个突变体,变异频率为4%~5%<sup>[19]</sup>。刘选明等以低温敏感核雄性不育系水稻株的幼穗和成熟胚为外植体进行无性系培养,通过改变培养条件和处理措施,其诱变频率可以达到40%以上<sup>[20]</sup>。这些材料表明体细胞无性系变异是一种随机而普遍的现象,它存在于植物的各种外植体中,发生在基因的任何部位,因而变异频率有可能很高。目前对于变异频率的研究只是将所有随机发生的变异相加得到总的体细胞无性系变异频率,要想得到比较准确的变异频率还有待深入的研究。

## 2 无性系变异在水稻遗传改良中的应用

在水稻的遗传改良中,利用无性系培养技术,人们已经成功地筛选到几种突变体:雄性不育突变体、抗氨基酸及氨基酸类似物突变体、抗除草剂突变体和胁迫抗性突变体(耐盐突变体、抗病突变体、抗早熟等)。雄性不育对于杂交育种具有很高的利用价值,它可以免去人工去雄、降低杂交种子的生产成本。对大量不育材料研究发现,无性系组织培养是获得雄性不育系的重要途径<sup>[21]</sup>。鉴于对改良水稻营养品质的考虑,人们在培养基中加入人体必需的氨基酸及氨基酸类似物,通过无性系组培技术可以获得抗该种氨基酸及氨基酸类似物的突变体来满足人们的某些特殊要求<sup>[22]</sup>。成雄鹰等使用氨乙基半胱氨酸、Schechete使用甲基色氨酸(5-MI),分别获得了抗氨基酸及其类似物突变体<sup>[21]</sup>。在组织培养条件下获得耐盐细胞变异体的筛选早在20世纪80年代就已经开始,日本几岛大学筛选的耐盐水稻突变体,其再生植株的耐盐性稳定,第3代在1%的NaCl营养溶液中生长良好<sup>[23]</sup>。郭岩等以水稻花药为材料,在NaCl胁迫下筛选耐盐突变体,获得耐盐突变体并稳定遗传13代,回交测定F2代的耐盐性成3:1分离<sup>[2]</sup>。近年来,通过对无性系培养施加一定的选择力获得了一些抗病、抗虫、抗杂草水稻突变体。陈启锋等通过稻瘟病毒筛选到抗病突变体,李海民等利用CoCl<sub>2</sub>·5H<sub>2</sub>O得到了耐金属突变体<sup>[21]</sup>,Joyeeta等通过高分子量PEG作为选择力筛选到了抗旱突变体<sup>[24]</sup>。我国学者利用水稻体细胞无性系耐寒变异诱导技术,培养出了组培系列水稻新品种,并且大面积地应用于东北的实际生产<sup>[25]</sup>,这些突变体的选择使得水稻的产量明显提高。另外,水稻无性系变异还在农艺性状和植株特征方面存在明显特征。早在20世纪70年代初,Com以纯合二倍体花粉植株的种子为材料,由成熟胚诱

导愈伤组织,在生出的1 121 个无性系中,59%的植株出现表型变异。在SC<sub>2</sub>和SC<sub>3</sub>代检测到隐性缺绿突变株系,这一隐性基因变异率高达8.4%,并且SC<sub>2</sub>和SC<sub>3</sub>代的株高、抽穗期、穗数和粒数等存在明显地分离现象<sup>[2]</sup>。陈璋等经过对20种不同基因型水稻建立的1 191个水稻体细胞无性系研究发现,大多数SC<sub>1</sub>育性正常,而SC<sub>2</sub>有14.9%的株系发生变异,同时发现在变异群体中存在农艺性状较原有品种有明显改善的个体表现为高产<sup>[26]</sup>。刘宪虎等通过分析5个水稻品种体细胞无性系后代的性状变异发现,水稻无性系再生植株有株高变矮、分蘖数增加、成熟期提前等趋势<sup>[27]</sup>,这与陈璋的研究结果相似。郑瑞丰等通过6个不同品种选育出T<sub>6</sub>和T<sub>1</sub>2种新品系,这2种品系与对照相比,早熟1~2 d、株高矮3~5 cm、有效穗增加5%,同时选育出的T<sub>59</sub>和T<sub>121</sub>较对照分别增产6.3%和8.5%<sup>[28]</sup>。

### 3 无性系培养技术在实际应用中存在的主要问题

尽管体细胞无性培养技术能够弥补常规育种和杂交育种的一些缺陷,但在具体的应用中仍存在以下5方面的问题。由于受组织培养技术的限制,无性系变异只能应用于已经建立起组织培养再生体系的植物,应用范围较小。产生的变异多,变异类型复杂,大多数变异植株不能在后代中较稳定的遗传,又由于缺乏对变异本身可以引起的某些内在变化的认识,特别是代谢环节方面的认识,这就给筛选工作带来很大难度。筛选的抗性突变体随着代数的增加,存在抗性逐渐丧失的趋势。有些抗性突变体与产量之间存在矛盾,从而影响了抗性突变体的实际应用价值。无性系变异仍然是一个随机过程,目前的研究仍停留在细胞水平,尚未发展到分子水平,变异的方向难以控制、结果难以预测,因而变异具有很大的随机性和盲目性。无性系培养植株存在诸多变异,这些变异干扰了细胞的正常代谢活动,使得细胞的全能性或愈伤组织的分化能力逐渐丧失。

在水稻的遗传改良中,作为具有较高变异率的无性系研究还处于起步阶段,由此筛选出的突变体主要集中在抗病系、早熟系、雄性不育系等方面。虽然在耐寒冷、耐干旱、耐盐碱以及抗病虫害方面有过无性系研究成功的报道,但由于实用价值的限制,非期望变异的产生使得大多数研究停留在试验阶段或者滞留在实验室而无法大面积推广。这就要求研究者选择合适的供试材料,利用正确的筛选方法,并在筛选过程中施加相应的选择力来筛选应用于生产的特定突变体。此外,在水稻愈伤组织的培养过程中还会出现褐化现象和白化苗现象,这就促使研究者们创造性地从遗传背景中挖掘水稻再生过程中的有利资源,减少不利因素,并恰当地选择培养基,控制培养条件,优化培养程序,调节激素比例以减少褐化,增加绿苗率,丰富变异类型。

### 4 展望

从近年来的研究动态来看,体细胞无性系变异是在花粉和花药培养中出现的一种具有特异性的遗传变异类型,由此使得细胞工程育种在水稻遗传改良中占有重要的学术地位。体细胞无性系变异是植物组织培养中出现的普遍现象,通过它筛选到的优良变异可以稳定遗传。在无性系变异的再生植株中不仅可以找到在常规育种和杂交育种中所观察到的

各种变异或重组类型,还可以在表现性状上补充两者的不足,因而体细胞无性系变异的应用前景比较广阔。Evans等<sup>[29]</sup>指出,由于体细胞无性系变异已产生了单基因突变和细胞器基因突变,因而通过体细胞无性系变异改进现有优良品种的一个性状是高效利用体细胞无性系变异的一种方法。研究者应该利用现有品种作为外植体供体,经过组织培养诱导可遗传变异,从而筛选某一或某些性状优于供体的突变体,如水稻抗病性、抗寒性和耐盐碱性都是在保持原有优良性状的基础上获得的新性状。体细胞无性系变异可以获得新的等位基因、扩大基因多样性,进而扩展遗传多样性,若将这种遗传多样性与离体培养结合起来,将有助于为基因调控和表达开辟新途径<sup>[5]</sup>,为作物的改良创造新方法。将细胞培养和理化诱变(化学药剂、X射线、射线、快中子以及低能离子束等)相结合,让体细胞无性系变异与理化因素诱导的变异相加,既可以提高有用变异率,扩大变异谱,又可以提高选择效果。

现有的理化诱变试验结果表明:诱导变异按照早抽穗、白化苗、矮秆和不育性顺序进行,每次变异都包含一个隐性单基因,且4种变异相互独立,这使得外界条件介入而促使体细胞发生有效的变异成为可能。正因为此,作为物理诱变的低能离子束已经成为一种新的诱变源发展起来并表现出其优越性。它与生物体相互作用既可以激发诱变又可以作为介导手段为外源物质进入细胞体提供通道。无论是诱变还是介导都能引发高频率的变异,并伴随着“嵌合体”的发生。低能离子束技术与体细胞无性系培养相结合有利于水稻的基因型由保守型向可塑性转变,有利于形成较为稳定的遗传突变体,为目标性状的筛选提供物质基础,并提高了选择的灵活性。因此,通过水稻离体培养技术的不断发展与离子束技术的不断改进和完善,无性系培养技术在水稻遗传改良方面的应用前景会更加广阔。

### 参考文献

- [1] 黄群策,赵帅鹏.离子束介导技术在水稻遗传改良中的应用前景[J].湖南农业大学学报,2007,33(II):46-50.
- [2] 张献龙,唐克轩.植物生物技术[M].北京:科学出版社,2004:88-108.
- [3] LARKIN P J, SCOWCROFT W P. Somaclonal variation: a novel source of variability from cell culture for plant improvement [J]. Theor Appl Genet, 1981, 60:197-214.
- [4] 王关林,方宏筠.体细胞无性系变异的遗传机制[J].辽宁师范大学自然科学学报,1991,14(2):167-172.
- [5] 梁小红,韩烈保.体细胞无性系变异及其在草坪草育种上的应用[J].草业科学,2006,23(2):85-90.
- [6] 孙敬三,朱至清.大胚乳植株诱导及其倍性[J].植物学报,1981(23):262-265.
- [7] 胡尚连.植物体细胞无性系变异的机制[J].东北农业大学学报,1996,27(2):205-208.
- [8] 张春义,杨汉明.植物体细胞无性系变异分子基础[J].遗传,1994,16(2):44-48.
- [9] 肖辉海,陈良碧.植物体细胞无性系变异育种[J].湖南文理学院学报,2003,15(4):40-45.
- [10] SINGH N K, HANDA A K, HASEGAWA P M, et al. Electrophoretic protein patterns in cultured cells of tobacco adapted to NaCl [J]. Plant Physiol, 1983, 72(5):645-646.
- [11] SKIRM N R M, MCPHEETERS K D, NORTON M. Sources and frequency of somaclonal variation [J]. Hortscience, 1994, 29:1232-1237.
- [12] BROWN P T H, GOBEL E, LORZ H. RFLP analysis of Zea mays callus cultures and their regenerated plants [J]. Theor Appl Genet, 1991, 81:227-232.
- [13] PESCHKE V M, PHILLIPS R L, GENGGENBACH B G, et al. Discovery of transposable element activity among progeny of tissue culture derived plants [J].

粳稻、籼粳交中间类型试材、爪哇稻、光敏核不育水稻(PGMR)、广亲和试材等)选育出的常规品种,具有杂交稻早生快发、分蘖力强及产量结构优势等特点。

(3) 稻米品质差,尤其外观、食味品质明显低于常规稻。

(4) 杂交粳稻配套栽培技术研究不够深入,不完善。

(5) 制种产量较低。

(6) 由于选育出的不育系柱头不外露或外露率较低,活力差,有的组合花期遇性也不好,加之化控手段不先进等,导致制种产量偏低,相对提高了种子生产成本。

### 3 发展对策

**3.1 明确研究和发展目标** 目前吉林省实有水田74.3万 $\text{hm}^2$ ,计划“十一五”期间在吉林省西部地区新开发水田27万 $\text{hm}^2$ 。吉林省杂交稻研究应抓住西部盐碱稻区开发的有利时机,将选育适合西部盐碱稻区种植的杂优组合作为重点。加强与省内外有关单位的合作,通过外单位的耐盐碱品种资源与该所优质资源的结合,加速吉林省杂交粳稻优势组合的选育步伐,力争在“十一五”率先在吉林省西部实现杂交粳稻产业化。

**3.2 不育系的引入和选育** 在现有包台型不育系的基础上,进一步引入不同类型的不育系,如滇型、野败型、印水型、K型、红莲型、南新型等;利用遗传背景差异大的籼粳间杂交和地理远缘杂交,选育出新的不育系。在不育系的选育过程中,利用该所现有的资源,加入白苗或天然对苯达松敏感的标记性状,解决杂交的制种纯度问题。

目标不育系的主要特点如下:株高85.0~90.0 cm,塔状株型、较收敛,瓦状叶,偏散穗形,平均穗粒数100.0~120.0粒,千粒重26.0 g左右,结实率90.0%以上,粒形偏长,胶稠度高,稻米无或少垩白;在吉林省气候条件下,生育期132~138 d,光温反应稳定,柱头发达且外露率高,开颖时间较长,分蘖力中等偏上,根系发达,抗倒伏,耐冷性好,抗病等。

**3.3 恢复系的引入和选育** 在现有研究的基础上,进一步引入一批类型各异的恢复系进行当地的生态适应性鉴定,直接利用或转育利用;以三系不育系、光温敏核不育系为母本,以恢复力强的材料为父本,建立第1代轮回群体,在轮回第2

代加入本地具有优良特性的品种或品系,构建完成轮回群体,运用轮回选择育种方法选育恢复系,使恢复基因累加,提高恢复能力,选育出适于本地生产的恢复能力高的恢复系,拉大恢复系与不育系的血缘关系,增强杂种优势<sup>[6]</sup>。

目标恢复系应具备的主要特点如下:株高100.0~110.0 cm,株型且较收敛,瓦状叶为好,直立穗或半直立穗形,穗偏大,平均穗粒数150粒左右,千粒重25.0~28.0 g,结实率90.0%以上,粒型偏长,稻米无或少垩白;在吉林省气候条件下,生育期135~142 d,光温反应稳定,开颖散粉时间较长,花粉量大,分蘖力中等偏上,生长势强,抗逆(抗倒伏、耐冷、抗稻瘟病等);与不育系有互补性。

**3.4 组合的选配** 选配原则为:理想株型与杂种优势利用相结合,适当加大组合间的亲缘关系,形成强优组合。

目标强优组合F1代的主要特点如下:株高95.0~110.0 cm,株型收敛,叶宽而挺,叶色淡绿,半直立穗型或一次枝梗多的长散穗型,穗位偏低,冠层较高,偏大穗(平均穗粒数130.0~150.0粒,有效穗数15~18个,千粒重25.0~28.0 g,结实率90.0%以上,粒型偏长,稻米无或少垩白,米饭口感上佳;在吉林省气候条件下,生育期136~145 d,光温反应较稳定,分蘖力中等偏上,根系发达,抗逆性强(抗倒伏、耐冷、抗病等)。

**3.5 杂交稻综合栽培技术研究与应用** 由于杂交稻具有生育期普遍偏晚和结实率偏低的特性,应加强促早熟和提高结实率的综合栽培技术研究与应用,将目前生产上大面积应用的先进单项栽培技术进行集成应用,如大棚旱育苗技术、钵盘抛秧技术、复合肥全层施肥技术、浅水管理技术等。

### 参考文献

- [1] 邓华凤. 中国杂交粳稻研究现状与对策[J]. 杂交水稻,2006,21(1): 1-6.
- [2] 曹静明. 吉林稻作[M]. 北京: 中国农业出版社,1993:83-87.
- [3] 傅秀林. 吉林省粳型杂交水稻研究现状及对策[J]. 吉林农业科学,2005(2):27-29.
- [4] 杨振玉. 我国杂交粳稻的发展及其技术策略[J]. 杂交水稻,2005,20(2): 5-6.
- [5] 全东兴. 利用轮回选择法创造粳稻三系恢复系的研究[J]. 杂交水稻,2007,22(4):7-9.
- [6] 俱军,潘学彪,陈宗祥,等. 水稻恢复系选育的轮回选择法及其应用效果研究[J]. 作物学报,2004,12(12):1199-1203.
- [7] 学报,1992,21(1):10-15.
- [8] 周云龙. 植物生物学[M]. 北京: 高等教育出版社,1999.
- [9] 刘庆昌,吴国良. 植物细胞组织培养[M]. 北京: 中国农业大学出版社,2003.
- [10] JOYEETA B, BIKASH C, BHATTACHARYA A, et al. In vitro screening for increased drought tolerance in rice[J]. *Mitro Cellular & Developmental Biology*, Hart, 2002, 138:525-531.
- [11] 许明子, 具红光, 刘宪虎, 等. 水稻愈伤组织生长量和植株在分化率的品种间差异[J]. 吉林农业科学,2000,25(2):29-32.
- [12] 朱秀英, 陈璋. 水稻体细胞无性系的建立及其遗传变异的研究[J]. 遗传,1990,12(6):1-4.
- [13] 刘宪虎, 金惠子, 许明子, 等. 水稻体细胞无性系变异的研究[J]. 延边大学学报,2006,28(4):246-250.
- [14] 郑瑞丰, 曾德洪, 彭美媛, 等. 水稻体细胞无性系的变异研究[J]. 湖南农业科学, 1997(1):21-23.
- [15] EVANS D A, SHARP W R. Application of somaclonal variation[J]. *Biotechnology*, 1986, 4:528-532.
- [16] Sierre, 1987, 238:804-807.
- [17] SMITH R H, BHASKARANS, SCHERIZ K. Geeding of the 5th international congress of plant tissue and cell culture[M]. Japan: Gituto, 1982:489-490.
- [18] FEDOROFF N. Mobile genetics elements[M]. New York: Shapiro J, 1983:1-63.
- [19] 赵成章. 再论植物体细胞无性系变异及作物改良[J]. 生物工程进展, 1993,13(4):32-36.
- [20] BROCK R D. Mutation plant breeding for seed protein improvement[J]. *Seed Protein Improvement in Cereals and Grain Legumes*, 1979(1):43-55.
- [21] LARKIN P J, RYANS A, BRETTELL R I S, et al. Heritable somaclonal variation in wheat[J]. *Theor Applied Genet*, 1984, 67:443-455.
- [22] EVANS D A. Application of somaclonal variation[C]// MIZRAH A. *Biotechnology in agriculture*. New York: Alan R Liss, 1988:203-223.
- [23] 刘选明, 杨远柱, 陈彩艳. 利用体细胞无性系变异筛选水稻株1S矮秆突变体[J]. 中国水稻科学, 2002, 18(3):321-326.
- [24] 陈璋, 陈启锋. 水稻离体培养及其无性系变异的研究[J]. 福建农学院

(上接第4023页)