

文章编号:1000-8551(2005)06-479-06

# 植物体细胞无性系变异的研究与应用

孙振元 韩 蕾 李银凤

(中国林业科学研究院林业研究所/国家林业局林木培育重点实验室,北京 100091)

**摘 要:**本文综述了有关植物体细胞无性系变异的类型、机理、筛选与鉴定方法等方面的研究成果,并对其在新品种培育中的应用现状和前景进行了讨论。

**关键词:**体细胞无性系变异;筛选;鉴定;育种

## PROGRESS IN THE STUDY AND APPLICATION OF PLANT SOMACLONAL VARIATION

SUN Zhen-yuan HAN Lei LI Yin-feng

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry/ Key Laboratory of Forest Cultivation, State Forestry Bureau, Beijing, 100091, China)

**Abstract:** This paper summarized the achievement of types, mechanism, method of selection and identification of plant somaclonal variation, and discussed the actuality and prospects of somaclonal variation application in breeding new varieties.

**Key words:** somaclonal variation; selection; identification; breeding

遗传与变异是自然界两大基本生命现象,是植物进化与育种的基础。近年来的研究表明在保持原有性状基本稳定的前提下,植物组织、细胞培养过程普遍引起丰富的变异,一个组织培养周期内可产生1%~3%的无性系变异,有时甚至高达90%以上,远远高于自然突变频率<sup>[1,2]</sup>。Larkin和Scowcroft<sup>[3]</sup>把植物外植体经组织、细胞培养的脱分化和再分化过程,表现于再生植株中的变异叫做体细胞无性系变异(somaclonal variation)。对各种植物体细胞无性系变异株后代的分析证明,其绝大多数变异是可遗传的,因而植物育种家认为组织细胞培养过程,对植物品种改良和选育新品种具有重要的意义;与之相反,生物技术研究者则认为应该竭力避免体细胞无性系变异,尤其是近年来在遗传转化实践中表明,经历组织培养和再生阶段后,常表现出一些非目的性状的改变,其原因属体细胞无性系变异还是外源基因的插入诱变,往往很难确定<sup>[4]</sup>。因此,体细胞无性系变异一直为众多研究者所关注。本文将对植物体细胞无性系变异的类型、机理、鉴定与筛选方法以及在新品种培育中的应用作一简要综述。

### 1 体细胞无性系变异类型及其产生机理

体细胞无性系变异大体上有两种来源,其一是外植体中已存在的、于再生植株中表达出来的变异。多细胞外植体一般由多种类型的细胞组成,其倍性水平也并不一致,因而Bright等<sup>[5]</sup>建议除原生质体外的其它外植体培养称为复合培养(complex culture)。嵌合体也是这类变异的一个重要来源。由于嵌合体是由不同遗传组成的组织和细胞构成的,因而组织培养中嵌合体的分离就会导致变异的出现,例如无刺黑莓嵌合体组织培养后产生的苗芽中几乎一半都是矮化无刺黑莓<sup>[6]</sup>。不定芽发生是导致嵌合体分离的最通常的原因<sup>[7]</sup>,这是因为不定芽通常认为是从单细胞或特定组织的少数细胞起源的<sup>[8,9]</sup>。其二是组

收稿日期:2005-11-02

作者简介:孙振元(1964-),男,河北献县人,研究员,博士生导师,从事园林植物品种改良与分子育种。Email:szy@saas.ac.cn

织、细胞培养过程所诱导产生的变异,其发生频率受到培养基中的激素配比、外植体的基因型、嵌合性及其不同发育期、染色体倍性水平、继代次数、选择压、诱变剂等因素的影响。一般说来,离器官化生长(organized growth)越远,时间越久,体细胞无性系变异频率就越高。从腋芽、茎尖和分生组织进行培养要比从分生组织功能的叶、根、细胞和原生质体培养产生的变异少<sup>[10,11]</sup>。

Skirvin 等根据变异是否能够稳定遗传而将体细胞无性系变异分为外遗传变异(epigenetic variation)和可遗传的变异(heritable variation)两类。外遗传变异也称发育变异(developmental variation),即由于外部影响导致基因表达的改变,从而引起表型上的变异,在有性世代和无性世代都不能稳定保持。常见的外遗传变异为组织培养中的复幼现象。在离体培养环境下,取自成龄源植株的外植体会由于适应这种环境而一步步向幼龄方向变化,因而组织培养物可以是成龄向幼龄状态的任何一种发育状态,再生植株也会因培养物所到达的发育阶段不同而表现出不同的发育状态。这种状态可能经过一段时间后保持,也可能消失<sup>[12]</sup>。另一个常见外遗传变异是组织或细胞的驯化作用(habitation),即组织或细胞失去对生长素、细胞分裂素或维生素的异养(或需求)状态,变为自养<sup>[13,14,15]</sup>。短暂矮化(transient dwarfism)也可能属于外遗传变异,这可能与体内残存的组织培养带来的生长调节物质有关,但一般两个生长季节后可以恢复正常的生长习性<sup>[16,17]</sup>。

可遗传的变异是指可以在有性世代和无性繁殖世代稳定保持的变异。根据变异产生机理,主要有染色体畸变、转座子活化、DNA 甲基化和点突变 4 种类型<sup>[4]</sup>。

染色体畸变包括染色体数目和染色体结构两个方面的变异。染色体数目的变异包括倍性变异和非倍性变异。染色体结构变异包括染色体断裂后经过修复和重新连接所形成的易位、倒位、缺失和重复。在植物体内各种类型的染色体畸变现象普遍存在。多倍化的程度因组织而异,一般分生组织一直保持很低的变异率,而分化水平较高的组织产生的变异则较多,即使同一组织内的细胞之间倍性也不一致<sup>[18]</sup>。在培养条件下,体细胞无性系高频率的染色体畸变现象已经发现多例。如在大麦、小麦的无性系再生植株中都发现了染色体倍性变异和非倍性变异以及染色体结构方面的变异<sup>[19,20]</sup>。我们对于多年生黑麦草的研究表明,组织培养再生苗根尖细胞染色体数目发生变异的比率为 40%,比实生苗变异高 28 个百分点,变异类型有亚单倍体、单倍体、亚二倍体、二倍体、超二倍体等,其中超二倍体不仅有 14~28 条染色体的类型,还出现了四倍体类型及超四倍体类型。同时,染色体的结构也出现了多种类型的变异(如染色体断片、染色体凝聚、染色体倒位等),细胞有丝分裂异常现象也很丰富(如染色体桥、落后染色体、染色体不均等)。Amato<sup>[21]</sup>认为在体细胞培养过程中产生的染色体数目变异,主要源自于有丝分裂过程中纺锤体的异常。不同程度的纺锤体缺失导致染色体不分离、移向多极、滞后或不聚集,最终产生变异细胞。他还认为,培养细胞中的无丝分裂也是染色体数目变异的重要原因。在体细胞无性系再生植株中,染色体畸变越多,植株的损伤也就越严重,生长势就越弱,在育种中的实际利用价值就越低。

转座因子的激活也是导致体细胞无性系高频率变异的主要原因之一<sup>[22,23]</sup>。植物体内的转位因子包括玉米的 Ac 因子、Ds 因子、Spm 因子、Mu 因子及金鱼草的 Tam 因子等。在组织培养过程中,由于细胞处于高速分裂的状态,所以染色质复制往往发生滞后,其结果就是引起细胞分裂后期形成染色体桥和染色体断裂。在断裂部位的 DNA 修复过程中属于异染色质的转座子发生去甲基化而被激活,并发生转座作用,从而引起一系列的结构基因活化、失活和位置变化,最终导致无性系变异。Peschke 等<sup>[24,25]</sup>用无 Ac 活性的玉米为材料,发现经组织培养的再生植株中,有 3% 的再生植株 Ac 被活化,另一转座因子 Spm 的转座活性也达到 31%。另外,转座作用也可以造成染色体的断裂,染色体区域的缺失、重复、倒位和易位等,进而导致再生植株表型变异。

DNA 甲基化对体细胞无性系变异也起重要作用。一些基因中的某些位置甲基化后其基因就会表现为不活跃的非表达基因,而当这些位置去甲基化后,则活跃表达。在真核生物 DNA 中大约 2%~7% 的胞嘧啶(C)存在着甲基化修饰,广泛分布于各序列中,绝大多数甲基化发生在 CG 二核苷酸对上。Devaux 等<sup>[26]</sup>在大麦体细胞无性系再生植株中,用限制性片段长度多态性(restriction fragment length polymorphism, RFLP)技术确证了 DNA 甲基化状态的变化。在植物体内, DNA 甲基化多态性以孟德尔方

式遗传,但是在群体中等位基因的甲基化/脱甲基化则是一个高频率发生的动态过程<sup>[27]</sup>。但有时 DNA 甲基化状态的改变并没有引起无性系表型的改变,这种现象表明发生甲基化状态的基因很有可能是隐性基因,或是为他不足以引起表型有明显改变的性状控制基因,甚至是发生甲基化状态的位置本来就是不活跃的区域。

点突变在组织培养过程中可以高频率发生,从而引起体细胞无性系变异。点突变是指 DNA 碱基序列中由单个或多个碱基对发生的变化,包括碱基序列替换、插入、缺失等。有些点突变严重影响到蛋白质活性,甚至完全失活,从而影响了植物的表型;有些点突变虽然碱基发生了变化,但却是同义变化,即翻译的氨基酸序列没有发生变化,也有些点突变不影响或基本上不影响蛋白质的活性,因此性状上无明显的变化。人们已在番茄无性系的 230 个再生植株中发现了 13 个变异是由于单基因的点突变造成的,突变频率高达 5.7%<sup>[28]</sup>。点突变与以上其它几种变异方式比较,其对再生植株的损伤小一些,且得到的变异能够较快在遗传上稳定。

另外基因的放大和丢失、沉默基因活化、胞质基因特别是线粒体基因的突变等也是造成体细胞无性系变异产生的原因。

## 2 体细胞无性系变异的筛选与鉴定

体细胞无性系变异育种属于突变体育种范畴,程序上一般包括变异诱导、变异筛选与鉴定、变异株遗传稳定性分析以及确定突变的真实性和遗传稳定性后的品比试验、区域化试验等。由于体细胞无性系变异的发生往往没有方向性,变异类型繁多,且劣变机率大于优变,而用于植物育种目标的变异则必须是优良性状,因此对变异进行有效的筛选与鉴定就至关重要。

现在常用的体细胞无性系筛选方法主要有 3 种,其一是大田栽培条件下的“田间表型选择法”,即在田间栽培的大量再生植株中筛选优良变异单株。该方法工作量虽然大,但较为简单,得到的结果能直观表现性状变化,利于对改良的性状作出直接判断,也是迄今为止筛选一些农艺性状(例如株高、穗型、成熟期及营养成分等)的最有效的和最主要方法。目前育成的有关品种多是采用这种方法获得的。

其二是实验室通过外加选择压力的“室内压力选择法”,即通过向培养基加入如氯化钠、真菌毒素、除草剂、抗生素等选择压力,或采用干旱或冷、热和冰冻处理等白环境处理,获得抗性愈伤组织或抗性细胞系,然后经过再生获得抗性突变体植株。这种方法可使有抗性性状的细胞突变体数达到高浓度,得到无嵌合体的纯合性状的植株。目前,人们利用该方法已经取得了许多研究进展或成果:例如,采用人工形成的低温、干旱、盐碱作为选择压力,已在番茄、苜蓿、柑桔、水稻等作物中得到稳定的抗盐细胞系和再生植株<sup>[29~31]</sup>。谷祝平等利用海水做胁迫剂,采取逐步加大培养基中海水浓度的方法,筛选耐盐的红豆草变异系取得成功,得到了再生植株。Chalef 和 Creason<sup>[30]</sup>已筛选到抗除草剂的烟草组织突变体;陆维忠等<sup>[31]</sup>以小麦赤霉病毒素脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)为筛选剂,对小麦愈伤组织进行抗性突变筛选,获得了一个抗赤霉病的小麦品系。但由于有些性状在再生植株上和和培养细胞、组织、器官中往往表现不一致或出现多种非目标性状的分化,因而必须将再生植株再在大田中进行性状筛选才能得到能稳定遗传的具有优良性状的新品系。虽然如此,但比单纯采用大田筛选仍可节省大量的人力、物力,缩短育种周期。以上两种选择方法属于“直接选择法”。

其三是借助与突变表现型有关的性状作为选择指示的“间接筛选法”。当缺乏直接选择表型指标或直接选择条件对细胞生长不利时,可以考虑采用间接筛选法。如脯氨酸(Pro)作为一种植物内在的渗透调节物质,在维持细胞膜稳定性、细胞水分平衡等方面具有重要的生物学意义。当植株遇到非生物胁迫时,细胞内脯氨酸浓度往往大量增加,因此可以通过测定细胞 Pro 含量鉴定抗逆突变系。林定波<sup>[32]</sup>等将锦橙株心细胞愈伤组织的悬浮细胞经 $\gamma$ -射线照射,然后在高浓度 Pro 培养基中培养筛选,获得了抗寒变异愈伤组织,并再生植株,鉴定显示,抗寒愈伤组织及其再生植株的抗寒性分别比供体提高 1.4 和 2.4,突变系体内 Pro 含量比供体增加了 1 倍。随着有关性状的生化标记和分子标记不断被揭示和基因芯片等技术的不断发展,相信在不久的将来体细胞无性系突变体在生化和分子水平上的筛选将会变得

普遍和实用。总之,每种方法都有各自的优点和缺点,因此若得到可靠的筛选结果,往往需要彼此联用。

筛选得到的突变株系或突变体一般要进行细胞学、生物化学和分子生物学方面的鉴定,研究变异的机制和原因,为进一步育种应用奠定基础。这些技术主要包括染色体观察与核型分析、同工酶谱分析及分子标记等。目前常通过染色体形态的配对分析对变异植株的染色体数目和结构变异进行鉴定。吴鹤鸣<sup>[33]</sup>等通过对小麦体细胞再生植株的染色变异分析发现,再生植株 R1 代有丝分裂时表现为染色体数量上的变异,再生植株 R1 花粉母细胞减数分裂过程中出现单价体、多价体、染色体桥、落后染色体、断片和微核等异常现象。染色体数目虽然高度遗传,但不同特化组织类型因组织内存在内多倍性(endopolyploidy)而使检测到的染色体数目存在差异。另外,离体培养中产生的染色体数目和结构变异又常与培养类型有关<sup>[19]</sup>。因此,在细胞遗传学鉴定的基础上,还要结合生物化学或分子检测手段进一步对体细胞无性系变异进行鉴定。

经常使用的同工酶谱分析有酯酶、过氧化物酶、淀粉酶、多酚氧化酶以及其他一些可溶性蛋白等。但此项技术只能用于对可溶性蛋白进行分析,所能检测的范围也很有限,另外同工酶的酶谱又容易受环境干扰及个体发育的影响,因此同工酶的改变只能解释很小一部分变异。

近年来,随着体细胞无性系变异研究的不断深入,分子标记技术(如 RFLP、RAPD、SSR 等)在体细胞无性系变异的检测和鉴定中得到了广泛的应用。RFLP 是鉴定由于碱基插入或缺失而引起的限制性内切酶识别位点发生变化,导致限制性内切酶酶切图谱变化的有效方法;RAPD 是建立在 PCR 的基础上的分子生物学新技术,因其快速、方便、经济等优点是目前应用最为广泛的体细胞无性系变异鉴定方法。RAPD 可随寡聚核苷酸引物接合位点的变化而能检测基因组中更大的部分。当碱基变化引起引物退火位置的增减时,某些能产生许多带型的引物就可检测出这种变化。SSR 是利用特异引物扩增包含重复的 2、3 或 4 个核苷酸的基因组区域,从而检测改变了引物退火位置或重复数目的体细胞无性系变异。对于因组织培养而引起 DNA 甲基化状态的改变的体细胞无性系变异,可以采用成对的可以识别相同碱基的不同甲基化状态(甲基化/脱甲基化)的限制性内切酶加以检测<sup>[34,35]</sup>。例如,姜淑梅等利用 RAPD 技术检测春小麦愈伤组织和再生植株在离体培养过程中产生的变异,表明不同基因型或外植体诱导的愈伤组织和再生植株中出现了相同的变异。与愈伤组织相比,再生植株中检测到的变异频率更高。不同外植体离体培养获得的再生植株,即使表型上没有观察到变异,但从 RAPD 图谱上却往往反映出变异的发生。采用 RFLP、RAPD、SSR 等方法分析,均发现表型与 DNA 水平变化不相统一的现象非常普遍,这主要是因为植物体基因组非常巨大,植物中非编码序列占基因组的绝大部分,体细胞无性系变异又往往是比较均匀地发生在基因组的各个部位上的缘故。因此,目前的分子标记技术也只能检测有效变异的很小一部分。

### 3 体细胞无性系变异的应用与研究展望

植物组织培养产生的体细胞无性系变异为植物的品种改良和新品种的选育提供了新的选择材料。植物体细胞无性系变异育种,简单来讲就是通过对可遗传的变异进行人工选择和培育,最终获得既具有亲本原来的优良性状,又带来某一些新性状的新品种的过程,是属于细胞水平上的生物技术育种措施。

利用无性系变异进行植物品种改良具有下述特点:一是它可以在保持优良品种特性不变的情况下改进个别农艺性状,没有必要对目的性状的遗传基础进行详细了解;二是它与其它诱变处理(如辐射)相结合可成为高敏细胞诱变育种方法,提高植物品种改良的效率;三是体细胞无性系变异遗传稳定、后代稳定快,育种年限短,非常适于观赏园艺作物及果树等无性繁殖品种嵌合体地分离和稳定突变体的获得;四是可通过在培养基(环境)中加入一定的选择压力以定向选择,从而筛选到特定的突变体;五是组织培养阶段既可改变遗传重组事件的频率,也可改变其分布,同时也存在细胞质突变,有异于常规育种和诱变育种,因此有可能选择到细胞质雄性不育系等新的变异<sup>[36]</sup>。六是体细胞无性系变异的选择往往是在离体培养条件下进行,采用的繁殖体小、增殖速度快,可以在有限的空间内大规模地检测和选择,相对于体细胞杂交和遗传转化,体细胞无性系变异是一种较为经济的生物技术,而且适用的作物也比较广

泛。目前在植物抗性育种与生理研究中应用体细胞无性系变异最为成功的是抗病性育种,其次是抗旱、抗盐、抗除草剂等方面的育种。但也存在变异类型复杂,变异方向难以预期,负向变异较多和变异选择并非对所有作物都有效等缺点。

由于细胞无性系变异育种历史很短,人们对植物体细胞无性系变异机制的研究不够充分,技术上仍存在不少问题,应用上还有局限性。为了更好地利用这项技术,该领域的研究应针对以下几个方面:(1)对体细胞无性系变异的产生缺乏人为的控制手段和能力。在一个体细胞无性系中,很可能同时有许多性状发生突变,其中有些性状的改变对品种的改良有积极的作用,有的则会产生有害的影响,从而使该无性系作为一整体失去了在育种中的意义。因此,主要研究方向首先应该是如何提高目标性状和其它有益农艺性状的变异频率,减少非目的性状变异的产生。(2)许多变异,无论是遗传的、生理的或是后天因素引起的都可以干扰细胞的正常代谢活动和发育,最终导致细胞全能性丧失,结果是细胞或愈伤组织分化能力丧失,往往不能得到有效的变异植株。因此应该广泛建立高效的稳定的植株再生体系,以创造更多的变异类型及得到新的种质资源,这是植物抗性的分子机理研究和育种实践基础。(3)缺少分离筛选突变体的技术方法。这主要是因为对诱变引起的某些内在变化,特别是反映在代谢环节上的特征性变化缺乏认识,因此应该对变异体的生物化学和分子生物学基础进行深入研究,进而针对特定性状确定有效地选择指标。如果植物体细胞无性系变异体的研究仍停留在表型分析水平,必然阻碍特定有利类型突变在生理学研究中的应用,使某些特异优质基因资源的发现和利用受到制约。总之,只有在不断明了体细胞无性系变异发生的原因、性质及其遗传规律的基础上,突变体育种实践和生产应用才能更为有效。

#### 参考文献:

- [1] 宋再华,彭守华,荷爱兰.体细胞无性系变异及变异频率.莱阳农学院学报,1997,14(2):126~129
- [2] Smith M K, Drew R A. Current applications of tissue culture in plant propagation and improvement. Austral J Plant Physiol, 1990, 17: 267~289
- [3] Larkin P J, Scowcroft W P. Somaclonal variation: a novel source of variability from cell culture for plant improvement. Theor Appl Genet, 1981, 60: 197~214
- [4] Veilleux R E, Johnson A A T. Somaclonal variation: molecular analysis, transformation interaction, and utilization. Plant Breeding Reviews, 1998, 16: 229~269
- [5] Bright S, Jarrett V, Nelson R, et al. Modification of agronomic traits using in vitro technology. In: SH Mantell and H Smith (eds.). Plant biotechnology. Cambridge University Press, New York, 1983, 251~165
- [6] McPheeters K, Skirvin R M. Histogenic layer manipulation in chimera 'Thornless Evergreen' trailing blackberry. Euphytica, 1983, 32: 351~360
- [7] Marcotrigiano M. Genetic mosaic and chimeras: Implications in biotechnology. In: YPS Bajaj (ed.). Biotechnology in agriculture and forestry. Vol. II, Springer-Verlag Berlin. 1990, 85~111
- [8] Broertjes C. Mutation of breeding of streptocarpus. Euphytica, 1969, 18: 333~339
- [9] Broertjes C, Keen A. Adventitious shoots: Do they develop from one cell? Euphytica, 1980, 29: 73~87
- [10] Evans D A. Applications of somaclonal variation. In: A Mizrahi (ed.). Biotechnology in agriculture. Allan R Liss, New York. 1988, 203~223
- [11] 刘进平,郑成木,胡新文.体细胞无性系变异研究进展.华南热带农业大学学报,2001,Vol.7(2):22~29,34
- [12] Skirvin R M, McPheeters K D, Norton M. Sources and frequency of somaclonal variation. Hort Science, 1989, 29: 1232~1237
- [13] Skirvin R M. Natural and induced variation in tissue culture. Euphytica, 1978, 27: 241~266
- [14] Jackson J A, Lyndon R F. Habituation: Cultural curiosity or developmental determinant? Physiol Planta, 1990, 79: 579~583
- [15] Meins F. Habituation of cultured plant cells. In: G Kahl and JS Schrell (eds.). Molecular biology of plant tumors. Academic, London. 1982: 3~31
- [16] McPheeters K, Skirvin R M. Somaclonal variation among ex vitro 'Thornless Evergreen' trailing blackberries. Euphytica, 1989, 42: 155~162
- [17] Moore P P, Robbins J A, Sjulín T M. Field performance of 'Olympus' strawberry subclones. Hort Science, 1991, 26: 192~194
- [18] 韦彦余,赵民安,王晓军.植物体细胞无性系变异在植物性状改良中的应用.植物生理学通讯,2004,Vol.40(6):763~771
- [19] 刁现民,孙敬三.植物体细胞无性系变异的细胞学和分子生物学的发展.植物学通报,1999,16(4):372~377
- [20] Sun ZX, Zhao CZ, Zheng KL, et al. Somaclonal genetics of rice, Oryza sativa. Theor Appl Genet, 1983, 67: 67~73
- [21] Amato F. Cytogenetics of plant cell and tissue culture and their regenerates. Crc Crit Rev Plant Sci. 1985, 8: 73~112
- [22] Peschke VM, Phillips RL, Gengenbach BG. Discovery of transposable element activity among progeny of tissue culture-derived maize plants. Science, 1987, 238: 804~807

- [23] Nelson D. Plant Transposable Elements. New York: Plenum Press. 1988, 3: 17
- [24] Peschke VM, Phillips RL, Genenbach BG. Activation of the maize transposable element suppression-mutator (Spm) in tissue culture. Theor Appl Genet, 1991, 81: 90 ~ 97
- [25] Peschke VM, Phillips RL, Genenbach BG. Genetic and molecular analysis of tissue culture derived Ac elements. Theor Appl Genet. 1991, 82: 121 ~ 129
- [26] Devaux PLH, Steven EU, et al. Factors affecting anther culturability of recalcitrant barley geotypes. Plant Cell Rep, 1993, 13(1): 32 ~ 36
- [27] Messeguer R, Canal MW, Steffens JC, et al. Characterization of the level, target sites and inheritance of cytosine methylation in tomato nuclear DNA. Plant Mol Biol, 1991, 16: 753 ~ 770
- [28] Evans DA, Sharp WP. Single gene mutations in tomato plants regenerated from tissue culture. Science, 1983, 221: 949 ~ 951
- [29] Gyulai G, Mester Z, et al. Somaclonal breeding of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.). Grass and Forage Science, 2003, 58: 210 ~ 214
- [30] Chaleff RS, Creason GL. A second mutation enhances resistance of a tobacco mutant to Sulfonylurea herbicides. Theor Appl Genet, 1985, 76: 77 ~ 182
- [31] 陆维忠, 程顺和, 沈晓蓉等. 细胞工程在小麦抗赤霉病育种中的利用. 江苏农业学报, 1998, 14(1): 9 ~ 14
- [32] 林定波, 颜秋生, 沈德绪. 柑橘抗寒细胞变异体的获得及其抗性遗传稳定性的研究. 植物学报, 1999, 41(2): 136 ~ 141
- [33] 吴鹤鸣, 陆维忠, 周楠. 小麦体细胞再生植株(R1)的染色体变异分析. 植物学报, 1992, 34(3): 226 ~ 232
- [34] Brown PTH. DNA methylation in plants and its role in tissue culture. Genome, 1989, 31: 717 ~ 729
- [35] Muller E, Brown PTH, Hartke S, et al. DNA variation in tissue culture derived rice plants. Theor Appl Genet, 1999, 80: 673 ~ 679
- [36] 肖辉海, 陈良碧. 植物体细胞无性系变异育种. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2003, Vol. 15(4): 40 ~ 46

## 全国作物生物技术与诱变技术学术研讨会在福建召开

我国作物生物技术的应用与研究已进入更加迅猛发展的新阶段,成为新的农业科技革命的强大动力;作物诱变突变技术在作物基因组学等分子生物学研究及品种改良中发挥着愈来愈重要的作用。为了全面总结近年来我国作物生物技术与诱变技术研究的科研成果,促进本领域学科的交叉融合和相互交流,推动“十一五”我国作物生物技术与诱变技术研究及其产业的繁荣发展,中国农业生物技术学会作物生物技术分会和中国原子能农学会辐射与航天育种专业委员会于2005年11月7-9日在福建省武夷山市召开“全国作物生物技术与诱变技术学术研讨会”。会议由中国农业生物技术学会作物生物技术分会和中国原子能农学会辐射与航天育种专业委员会主办,福建农林大学和福建省农科院承办,武夷山市人民政府、南平市农村工作办公室、浙江大学核农所、江苏里下河地区农科所、四川农科院核生所等单位协办。

会议有约200名来自全国院校和科研单位的科技工作者及在读研究生参加。会议围绕作物细胞工程、分子标记、基因操作、作物基因组学、作物蛋白组学、核辐射诱变技术、离子束生物工程和航天育种技术等专题进行了大会报告和分组交流。会议还邀请相关领域的专家作专题报告,同时组织与会人员及有关部委领导分析和讨论作物生物技术与诱变技术“十一五”发展战略与方向,商讨作物生物技术与诱变技术重大课题的立项建议。