

目 录

序

第一篇 概论

- 第1章 生物技术在树种改良中应用的潜力.....陈正华 (1)
- 第2章 木本植物组织培养的一般技术.....陈正华 (24)
- 第3章 木本植物单倍体诱导的成就与特点.....陈正华 (75)
- 第4章 木本植物细胞悬浮培养及突变体筛选.....
.....陈正华、宋玉华、李文彬 (92)
- 第5章 木本植物原生质体的培养及融合.....
.....李文彬、陈正华 (110)

第二篇 各论

I 造林树种

- 第6章 杨柳科的组织培养.....林静芳 (141)
- 第7章 杨树花药培养及花粉树倍性研究.....
.....陆志华、刘玉喜 (158)
- 第8章 杨树未授粉子房的离体培养.....吴克贤 (179)
- 第9章 杨树离体快速繁殖.....巴岩磊、郭建中 (187)
- 第10章 桉树的组织培养.....欧阳权、彭海忠 (196)
- 第11章 黄柏的组织培养.....吴克贤 (214)
- 第12章 火炬树的愈伤组织诱导和植株再生.....朱至清 (225)
- 第13章 文冠果的离体快速繁殖.....王永明 (233)

II 果树

- 第14章 苹果的花药培养.....薛光荣、牛健哲 (241)

第15章	苹果的茎尖和胚培养	王际轩 (254)
第16章	楸子的花药培养	吴绛云 (266)
第17章	梨的组织培养	赵惠祥、顾迺良 (275)
第18章	桃的组织培养	胡霓云、杨增海、路广明 (290)
第19章	葡萄的花药培养	曹孜义 (315)
第20章	葡萄的离体快速繁殖	曹孜义 (328)
第21章	山楂的组织培养	汪景山、渔光 (345)
第22章	山楂的胚培养	王玉英、高新一、傅凯 (364)
第23章	黑穗醋栗的茎尖培养	吴绛云、黄定球 (369)
第24章	柑桔的花药培养	陈振光 (385)
第25章	荔枝的花药培养	傅莲芳 (396)
第26章	龙眼的花药培养与胚培养	魏文雄 (408)
第27章	枇杷的茎尖培养	杨永青 (420)
第28章	猕猴桃的组织培养	黄贞光、谭素英 (432)

III 木本粮油

第29章	沙枣的组织培养	
		潘景丽、王普选、高茹兰、范晖、屠疆珠 (444)
第30章	核桃的组织培养	韩碧文、刘淑兰 (456)
第31章	油棕的组织培养	崔元方、龚峰 (466)

IV 橡胶

第32章	橡胶树属的花药培养及花粉植株的研究	
		陈正华、许绪恩、庞任声 (481)
第33章	银胶菊的离体快速繁殖	徐惠珠、钱敏之 (501)

V 其它

第34章	茶树的花药培养	陈振光、廖惠华 (508)
第35章	木本药用植物和香料植物的组织培养	
		李文彬、张大卫 (513)

第36章	木本观赏植物组织培养及脱毒.....	裘文达 (526)
第37章	雪松的组织培养.....	刘 敏 (545)
附录1	本书采用的缩写.....	(549)
附录2	本书作者及工作单位.....	(550)

第一篇 概 论

第1章 生物技术在树种 改良中应用的潜力

陈 正 华

一、引 言

(一) 木本植物的经济重要性

木本植物包括很多经济树种，因此与国计民生的许多方面有着密切的关系。例如，对木材及木制品的需求量不断增加，能源的短缺是带有普遍性的问题，用柴或制炭均需要伐木，木材也是纤维、造纸及塑料工业的原料；各种水果及坚果也多属木本植物，木本植物还包括许多重要的油料、饮料、药材、香料及观赏花木。此外，木本植物对改良沙荒土壤，改善广大农村和山区人民生活，以及对改造自然环境、恢复良好的生态条件，对都市及居民区的绿化，均起着十分重要的作用。

(二) 树种改良的任务

1. 产量育种

(1) 用材林：要求选育速生种，因速生种可早日成材，早获

收益。

高产种的指标依树种、树龄、地区而异，一般首先要求胸径、树高和材积都要显著超众。此外，干形良好、树皮薄的树出材率高；还要求株型冠形结构好，例如，用材林要求浓密窄冠，有利于密植，以提高群体产量。

(2) 果树：果实产量要求高产、稳产，而且对不同成熟期的品种应分别定出不同的产量指标，以利准确的评价。对树形则要求树冠开张，结果面积大，果实分布均匀。

(3) 其它经济树种：对一些作为工业原料的树种（如橡胶），要求树围增粗快，以提早割胶，且胶乳产量高。对茶树要求枝叶繁茂再生能力强等。

2. 品质育种

(1) 木材质量：如对建筑用木材的比重与硬度等有较高的要求，对造纸用木材则要求纤维含量高、纤维长，对割脂的松树要求树脂产量高的类型。

(2) 果实质量：评价果实质量的指标包括果实大小、形状、颜色、风味、多汁性、甜酸度、芳香度、营养价值及贮运品质等。对有些加工原料应注意酿造品质，如果汁色泽、含糖量、含酸量等。对制罐用品种要求肉质致密。对干果则要求有丰富的脂肪、蛋白质及维生素成分。

(3) 其它经济作物：如橡胶胶乳中的质量要求，茶叶的香味，咖啡的咖啡因含量，药品中有效成分的含量等。

3. 对不良环境的抵抗力 在这一方面，各树种要求是一致的，如对温度的变化（寒冷或炎热），对盐碱或某种金属离子浓度，以及干旱、瘠薄条件的耐受性等。

4. 抗病虫害的特性及对防治措施的耐受性等 在这一方面，不同树种对各种病虫害的抵抗力等均有其特殊的要求（参考 Durzan, 1985）。

(三) 树木育种技术改革的必要性

树木育种技术，归纳起来不外乎以下六个方面：

- (1) 扩大遗传变异资源，不断引入新的基因；
- (2) 将有利的基因合乎理想地组合起来；
- (3) 选出优良的基因型；
- (4) 获得遗传性稳定而且一致的群体；
- (5) 加速种苗的繁殖与推广；
- (6) 有效地保存种质。

若干世纪以来，尤其是近百年来，常规育种技术（也称传统的育种技术）对树种改良曾起了巨大的作用。然而，目前有利的遗传变异资源日趋枯竭，选择效率还嫌太慢，整个育种过程也嫌太长，因此育种技术迫切需要进行改革。

近来蓬勃发展起来的生物技术已被公认为是一种有很大潜力的技术。原有的常规育种技术如能与生物技术相结合，树种改良必可取得新的巨大的进展。用理化因子在细胞水平上进行诱变和筛选，可大大增加遗传变异资源。细胞融合与外源遗传物质的引入后，再通过离体培养，从杂种细胞或携带有外源遗传物质的细胞长成一株完整的树木，可以实现过去所办不到的新的基因的引入和有利基因的重新组合。而且重组 DNA 技术则有可能增加、除去或修饰树木的某一个基因。用花药培养或未授粉子房培养获得单倍体和纯合二倍体，大大提高了选择优良基因型的效率，并可快速获得遗传性稳定而一致的群体。体细胞培养再生植株能为加速种苗的繁殖与推广提供新的有效的手段，而低温冷冻保存则为种质保存提出了诱人的前景。

(四) 在木本植物中利用生物技术的不利因素及有利因素

与草本植物相比，在木本植物中利用生物技术进行品种改良存在着一定的困难：

1. 木本植物生育期长，进行品种改良要花费较长的时间，并

耗费较大的精力。

2. 木本植物个体大,有些树种一亩地只可种几株树,因此研究一定数量的植株就需要很大的土地面积。

3. 木本植物的许多性状特性复杂而不稳定,这是因为一个树体不同部位在不同空间或时间上多处于不同的生理状态,周年不同气候的影响使生理的差异和遗传的差异混在一起,加之树体年龄的差异,使鉴定工作遇到困难。

4. 许多树种系异花授粉植物,一直处于高度杂合的状态,因而离体培养的外植体材料之间差异大。

5. 由于多年生长在田间,真菌细菌滋生,离体培养的外植体比较容易污染 (Bonga, 1982 a)。

虽然木本植物利用生物技术存在着一定困难,但也有其有利的因素:

1. 由于木本植物生育期长,可以有充分的时间对它进行研究。如一年生作物有些核型的变异材料,往往不能繁殖后代,加之生命周期短,因而来不及对它充分研究。而对木本植物不仅有充分的时间研究一个变异体,而且还能研究它的无性后代。

2. 一个具有很高优势的优良杂种一代,经无性繁殖后即可推广,不必年年制种。

3. 一个经过改良的品种,在生产上可以利用较长的时间,而不像一年生作物那样容易退化、混杂。

4. 在木本植物中利用组织培养法进行种苗快速繁殖,比草本植物有更大的利用价值。这是因为一株优良苗木在田间成活后可生长几十年,所得到的效益就更为显著。

二、细胞的全能性及其应用

(一) 概念

细胞全能性是指细胞携带着一套完整的基因组并具有产生完

整植株的能力。

由一个单细胞再生一棵完整植株的潜在能力，最早是1902年由德国植物学家Haberlandt提出的，经过了五十多年，从离体培养的细胞中再生出完整植株。此后，许多学者对离体培养下的植株再生进行了研究，从而对细胞的全能性认识也更为深入。Steward曾总结过全能性在植物发育中的作用，认为它是体细胞在其生命周期中的基本特性（Steward, 1968、1983）。而且细胞全能性是通过细胞周期中核质互作才得以实现的（Durzan, 1984）。

具有全能性的细胞大体可分为三类：

1. 受精卵（即合子） 配子在减数分裂过程中经过联会和交换而发生分离，经授粉后形成合子，它们有巨大的发育潜力，进一步发育成种子。这种材料的特点是在遗传上它们经过减数分裂中的交换和染色体随机分离，再经配子融合形成合子这样的两次基因重新组合。而却尚未经过孢子体时期的鉴定，因此未来的表型往往尚是未知数。如果两个亲本是人工选定的优良组合，合子或幼胚离体培养经脱分化后的再生植株中，可能分离出多种优良类型作为育种的原始材料。由于合子的表型未经检验，一般不适于作为无性繁殖的供体，除非它们是两个经过组合力测定的优良纯系杂交而形成的合子或幼胚，才可直接用离体培养方法进行大量无性繁殖。

2. 发育中的分生组织细胞（包括幼嫩器官的细胞） 在发育的植株中分生组织的细胞全能性保持得最好，而如根、嫩茎、幼叶、花等许多器官中的细胞也均具有全能性。这种材料可以在鉴定植株表型之后再取，因而可以有目的地选择所期望的优良或珍贵材料作为外植体，从而获得与供体极为类似的大量植株（Durzan, 1984）。这样材料全能性的表达是通过有丝分裂的细胞周期来实现的，因而一些不能通过有性过程保留的变异，如体细胞在

发育中染色体畸变可能保留下来。

3. 雌雄配子及单倍体细胞 它们在基因组中成对的等位基因都只剩下一份，因此其主要特点是基因表达充分。隐性基因的表达不会被显性基因所抑制（Durzan, 1984）。在此情况下显性的和隐性的基因均可充分显现，这对育种过程中的选择和淘汰是十分有利的。由它们形成的细胞无性系也是基因工程中理想的受体材料。在一般情况下，由雌、雄配子及单倍体细胞培养获得植株后，也只有在染色体加倍以后才可能在生产上利用。

（二）细胞全能性的实现

细胞全能性的实现可以以图 1-1 来表示。图 1-1 中有三个循环，其中 A 循环表示生命周期，它包括了孢子体和配子体的世代交替。木本植物经常用无性繁殖法保持遗传性的稳定性。通常幼年型树比成年型树更容易繁殖。B 循环是表示细胞所决定的核质周期，由于核质的互作、DNA 进行复制、转录 RNA 并翻译为蛋白质，使全能性形成和保持。C 循环是组织培养周期，组织或细胞与供体失去联系，处于无菌的条件下，靠人工的营养及激素条件进行代谢，使细胞处于异养状态。在这种情况下一个分生组织可通过三个途径实现细胞的全能性，一是由分生组织直接分生芽而达到快速繁殖的目的，这种情况下极少发生体细胞无性系变异；二是由分生组织形成愈伤组织，经过分化实现细胞的全能性；三是游离细胞或原生质体形成胚状体，由胚状体直接重建完整植株，或制成人工种子后再重建植株，此阶段自养性明显加强。B 循环也可与 C 循环相结合，繁殖具有特殊有益遗传性状的个体，然后进入生命周期（A）。还可以设想，用重组 DNA 技术可直接将异种 DNA 引入培养中的细胞或原生质体，并在整体植株中表达。

可以预期，细胞全能性的进一步开发和利用，可望创造更多的新品种，并在改良现有品种的过程中，大大地节约空间和时间。

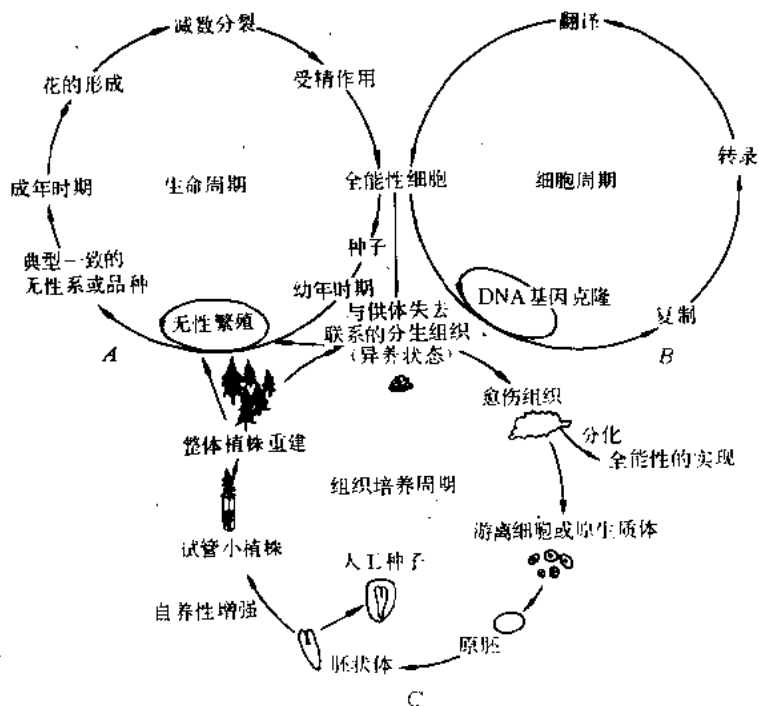


图 1-1 细胞全能性的实现与利用

(参考)Durzan, 1980, 1984a, 1984b; Watada等, 1984; Chaleff
和Roy, 1984绘制)

三、获得新的遗传变异的巨大潜力

用生物技术直接获得遗传变异，或与常规的杂交技术相结合扩大新的变异资源，大体分为五个方面，即(1)配子无性系变异(gametoclonal variation);(2)体细胞无性系变异(somaclonal variation);(3)突变的诱发;(4)体细胞的遗传重组;(5)重组DNA。这五方面的研究获得的遗传性变异在草本植物中已广泛得到证实。是值得在对木本植物的研究中借鉴的，在此简要地加以介绍。

(一) 体细胞无性系变异及配子无性系变异

组织培养本身往往是新的意想不到的遗传变异的丰富来源。对离体情况下产生的遗传性变异早有学者作了综述(Morel, 1971; Marashige, 1974; Green, 1977; Skirvin, 1978)。文中所用名词常常依再生植株的来源而定，如来自愈伤组织的植株称为愈伤组织无性系(calliclone)(Skirvin和Janick, 1976)，来自原生质体的植株称为原生质体无性系(protocolone)(Shepard等, 1980)。Scowcraft(1981)详细地综述了体细胞无性系变异的各种来源，并对这种变异的意义给与很高的评价。他认为应把任何形式的细胞培养物产生的植株一律称为体细胞无性系(somaclone)，而它所发生的遗传性变异则称为体细胞无性系变异。把培养过程发生的变异称为体细胞无性系变异是合理的，也已被许多学者所接受。然而由于材料来源上的差异，如雌、雄配子或其它单倍体细胞与孢子体(二倍体)的材料有所不同，前者由于减数分裂中联会与交换的遗传重组，使雌、雄配子发生分离现象，这是变异的来源之一，而在培养过程中引起的变异也是存在的，因而它有双重的变异来源，且二者难以区分。因此也有学者称这类变异为配子无性系变异(Sharp等, 1984)，以区别于来自孢子体(二倍体)材料培养过程中产生的体细胞无性系变异。这种区分更加

清楚了。

体细胞及配子无性系的变异可能有下列来源:

1. 遗传重组的充分表达 用花药及未授粉子房进行培养所获得的单倍体植株,其基因型是十分多样的。由于单倍体仅有一套基因组,因此配子的遗传重组类型可充分在整体植株水平上表现,它们的显性基因和隐性基因可能同时表达。特别是在木本植物中多年积累的在杂合状态下的隐性基因在二倍体中不能充分表达,而用生物技术则可使它们在单倍体中得到充分表达,从而使育种材料更为丰富。

2. 核型变异体的获得 用种间或属间杂交种为材料进行花药培养或未授粉子房培养,可能得到含有异种或异属染色体的极为丰富多样的配子无性系变异。这在一年生作物中已经得到证实。如用六倍体小麦与六倍体黑麦进行杂交,培养其 F_1 的花药获得了9种含有不同外源染色体的新类型;还有些混倍体植株,而在 F_1 自交后的 F_2 的后代中仅获得了4种类型,其中大部分回到了小麦的染色体数。由此可知外源的附加系、置换系和易位系可能用花药培养法直接获得。产生的植株类型与供体花粉的染色体组成是相应的(Hu Han等, 1982)。

用种间或属间杂交结合种胚培养获得愈伤组织,然后再生植株的技术,可能获得大量的体细胞无性系变异。这在草本植物中也已得到证实。如用二倍体黑麦草(*Lolium perenne*)与四倍体多花黑麦草(*L. multiflorum*)杂交,获得三倍体杂种,用其种胚进行培养得到愈伤组织,然后再生植株。在得到的两千余株再生植株中,许多重要的经济性状发生了广泛的变异,细胞学研究表明,它们中有许多非整倍体植株,还有具有染色体倒位、易位及缺失的植株,而未经组织培养的杂种就未出现这样多种的变异(Ahloowalia, 1976、1978)。

又如从大麦(*Hordeum vulgare*) $\times$ 小麦(*Triticum aesti-*

vum) 的杂种幼穗培养得到的再生植株中, 获得具有28和56条染色体的混倍体 (Chu等, 1984)。

3. 体细胞有丝分裂过程中的交换 染色体显带技术研究表明, 染色体的联会和交换不仅能在减数分裂过程中发生, 而且还可能在有丝分裂过程中发生 (体细胞联会)。值得注意的是, 在二倍体水平上的交换多发生在同源染色体间, 也有部分发生在异源染色体间。而单倍体水平的交换则大都发生在异源染色体间, 染色体小片段携带的基因可能从一个染色体转移到另一染色体上, 从而引起性状的改变, 在单倍体矮牵牛中即发现这种现象, 而引起花青甙形成的变异 (Straub, 1983)。

4. 基因的增加或减少 高等植物的一些特殊基因在分化过程中或一定特殊环境压力下可以扩增, 即增加每套染色体中该基因的拷贝数。拷贝数增加, 自然使 mRNA 及相应的蛋白质也随之增加。据报道, 亚麻品种在不同环境下 DNA 有所变化。在大型植株中有一段重复 DNA, 但在小型植株和正常植株中则没有这种重复 (Cullis, 1973、1975)。在许多其它作物中也发现核糖体扩增和减少的现象。如在抗病育种中, 逐渐提高对某种菌类毒素浓度, 可获得抗高浓度毒素的变异株 (Gengenbach 和 Green, 1975)。抗高盐浓度的菸草植株只有在提高了盐分的培养基中进行多次选择才能得到, 如烟草培养物中通过11次选择才获得了抗高盐浓度的变异株, 这种抗盐性的增加可能与相应 DNA 拷贝数扩增有关 (Nabors 等, 1980)。

5. 染色体数变异 培养过程中的染色体数变异似乎是普遍存在的。特别是经过愈伤组织培养再生植株, 染色体数变异就更为复杂。木本植物由于个体发育过程长, 而染色体数变异却在整个树体发育过程中都在进行。多极有丝分裂或核融合等会引起染色体倍数性的变化。染色体的不分离则产生非整倍体细胞, 这在花粉植株 H_1 代尤为常见, 如杨树已得到含非整倍体细胞相当多的

植株；橡胶体细胞染色体数有按9的倍数增加的趋势。这将分别在第7章及第32章中讨论。

6. 自发的基因突变 在培养过程中基因突变是经常发生的，这是体细胞无性系变异的重要来源之一。在通过愈伤组织再生植株，或原生质体培养再生植株的过程中，突变频率要比通过芽增殖再生植株更高一些。培养基中的激素浓度、基因型及外植体来源也会影响突变频率。Evans与Sharp (1983)详细地分析了番茄的体细胞无性系变异，并证明有些变异是单基因突变，变异体中有果实颜色和植株结构的变异，有些变异更适于机械收获。他们认为，如果选用最优品种进行组织培养，则有可能获得优良的突变体，它们基本保持了原有品种的全部优良性状，仅改良了个别不利性状或增加了个别有利性状。因此，可以很快用于生产。

(二) 突变的诱发与筛选

培养过程中的自发突变频率是很低的，如加以理化因素的处理，就有可能显著提高突变的频率。微生物突变育种所以取得如此巨大的成就（如青霉突变体中的青霉素的含量较野生型提高了近400倍），很重要的原因是因为它们只有一套基因组，而且诱变和选择是在细胞水平上进行的。如高等植物能以单倍体细胞为材料诱发突变和进行选择，则选择效率会显著提高（鲍文奎等，私人通讯），为此，必须建立在离体培养下进行突变细胞筛选的体系，把我们所期望得到的突变体迅速有效地筛选出来（详见第4章）。

(三) 通过原生质体融合进行遗传重组

原生质体中有核基因组和胞质基因组，用草本植物进行的大量试验表明，植物不同种、属，甚至科的原生质体都可发生融合。如Melchers等(1978)所得到的马铃薯+番茄，Gleba与Hoffmann (1980)所做的拟南芥+芸苔属植物，Gleba等(1982)的烟草+颠茄，均已获得成功，钱迎倩等获得大豆-烟草融合体，

并发育成杂种细胞系（钱迎倩等，1983）。

原生质体融合后可能形成核杂种，也可能形成胞质杂种。远缘的不同种的细胞融合后会产生染色体的丢失，甚至某一个种的染色体组完全丢失。因此，可能得到许多变异植株，其形态大多数不正常，甚至产生不育的配子，不能延续后代，而其中一小部分表型正常而可以得到另一个种的遗传信息（Dudits, 1980）。在种内或近缘种间的原生质体融合较亲缘关系远的种间更容易形成杂种细胞。这种技术对木本植物也是十分有用的。甚至如果能在种内用体细胞杂交进行遗传重组，也大有好处，因为这样可大大缩短育种年限，而不必等待有性世代的到来再去进行杂交。由于原生质体培养与细胞融合及再生植株的困难，这一领域的工作正处于探索阶段，以木本植物作为材料的研究还不多（详见第5章）。

（四）重组DNA技术

重组DNA（recombinant DNA）技术在高等植物品种改良中已经进行了大量研究，为了建立这种技术，必须解决一系列的问题，如纯化（克隆化）对农作物有用的基因或基因组（如固氮基因组、种子蛋白基因等），弄清基因的结构与功能，修饰和改变试管内的基因，移入异种作物，并在寄主细胞中表达等问题。还需要在分子水平、细胞水平及整体水平上建立一系列技术。

在分子水平上首先要探索和评价有用的基因，并分离基因，利用微生物为载体对它进行无性繁殖。例如种子蛋白基因是目前研究最多的植物基因之一，如在种子成熟过程中分离足够的mRNA，通过它和植物全DNA杂交或反转录，就可分离出该种基因。到目前为止，玉米、大麦、大豆等主要农作物的种子储存蛋白基因均已分离和克隆化（胡志昂等，1984）。在分子水平上的另一项技术是载体的选择和开发，并对它进行改造和标记。目前希望的载体是Ti质粒。在大部分双子叶植物中具有诱导肿瘤的根癌土壤杆菌（*Agrobacterium tumefaciens*），以这种质粒为载

体的研究最多 (Willmitzer等, 1980; Marton等, 1979)。另一种载体是植物病毒, 如花椰菜花叶病毒是一种双螺旋 DNA 病毒, 它的缺点是不能整合到染色体上, 且运载量太小。对载体尚需深入研究, 除开发新的载体外, 对现有载体 (如 Ti 质粒) 还需进行改造 (Sharp 等, 1984)。建立并选择基因的无性系及能够进入寄主细胞的载体, 便可进行 DNA 的重组, 也就是将新的基因整合到分离的质粒中去。

在细胞水平上的技术是通过原生质体培养或花粉培养获得稳定的单细胞试验体系。用含有选择标记的修饰质粒感染原生质体, 用这种方法把重组的 DNA 整合入细胞中。经过细胞选择, 分化出转化的整体植株, 或将转化的原生质体与正常的原生质体进行融合而产生转化植株 (Sharp 等, 1984)。

下一步即在整体水平上的研究, 也就是将分化的植株栽活, 在植株生长发育中控制基因的表达, 对该植株进行评价选择, 并将转化植株进行繁殖。

这一技术还处于探索阶段。控制高等植物性状的基因是复杂的, 加之基因的分离、纯化、繁殖及将其插入原生质体的技术更是难以掌握, 插入的基因也不一定能够顺利地复制和表达。因此, 在近期内这种技术还难以在育种中应用。但从长远的观点来看, 是有很大大发展前途的。

四、生物技术用于树木的良种繁殖

建立快速繁殖的生物技术是十分重要的, 因为不仅育成一个树木的新品种时间很长, 而且更换一个品种的周期也相当长, 尤其是一些用种子繁殖的异交树种, 保持其新品种的优良本性是十分困难的。而用快速无性繁殖的生物技术有可能在短期内繁殖出大量优良个体的苗木 (包括杂种苗木或多倍体苗木), 使现有优良品种早日在生产上充分发挥作用。

从遗传学的角度来看，快速繁殖技术可能获得的效益有三个方面：

(一) 能够获得具有高度一致而同时具有优良表型的群体

Bonga (1982) 曾将有性繁殖法与无性繁殖法遗传效益 (genetic gain) 相比较，认为无性繁殖法可获得更大的遗传效益。图 1-2 中的一个常态分布曲线表示在自然状态下森林高度的分布，最矮的和最高的树体均是最少的，多数处于中间状态。如用

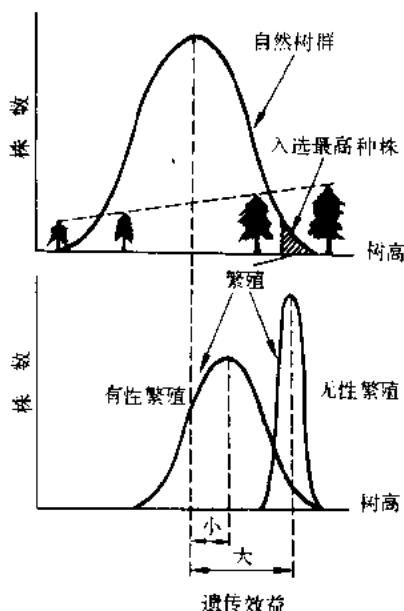


图 1-2 无性繁殖与有性繁殖遗传效益的比较

最高的树体为亲本进行有性繁殖同时进行无性繁殖，则无性繁殖的遗传效益要高得多。但用常规的无性繁殖不仅速度慢，而且不可能在最佳树体上大量取材。利用生物技术就可能在少数经鉴定后，证明具有最佳表型的个体上取材，从而快速获得大量良种苗木。用无性繁殖所以能在累加及非累加的遗传性状方面均获得更大的遗传效益，其原因是这种材料未经遗传重组。而有性繁殖中一些突出的优良性状在重组过程后，往往只在少数后代中保留下来。

(二) 通过有性繁殖不能保留的个体或性状可能通过无性繁殖得到保持

远缘杂种、多倍体、非整倍体等核型变异材料，通过有性繁