

分类号: S723.1+32

U D C: 630

学校代码: 10712

研究生学号: TG02167



西北农林科技大学

2007 届在职攻读硕士学位研究生学位论文

楸树无性繁殖技术研究

类 型 农业推广

领域、专业、方向 林 业

研 究 生 韩 创 举

指 导 教 师 张存旭 副教授

完 成 时 间 2007 年 10 月

中国 陕西 杨凌

独创性声明

本人声明：所呈交的硕士学位论文是我个人在导师指导下独立进行的研究工作及取得的研究成果，并符合《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》，如果违犯此规定，一切后果均由本人承担。

尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得西北农林科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文的致谢中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：韩剑举 时间：2007年12月4日

导师承诺

本人承诺：我的学历硕士研究生韩剑举所呈交的学位论文是在我指导下进行的研究工作及取得的研究成果，属于我现岗职务的成果，并符合《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》。如果违犯《关于规范西北农林科技大学研究生学术道德的暂行规定》，我愿接受按学校有关规定的处理并承担相应导师责任。

导师签名：郭宇战(代) 时间：2007年12月4日

关于论文使用授权的说明

任何收存和保管本论文各种版本的单位和个人未经本论文作者和导师授权，不得对本论文进行复制、修改、发行、出租、改编等有碍作者著作权的行为，否则，将追究并承担法律责任。

经本论文作者及其导师同意，授权西北农林科技大学可向主管上级有关单位送交论文的纸质件和电子文档，允许论文被查阅和借阅，可以采用复印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

研究生签名：韩剑举 时间：2007年12月4日
导师签名：郭宇战(代) 时间：2007年12月4日

楸树无性繁殖技术研究

摘 要

楸树 (*Catalpa bungei* C.A.Meyer.) 属于紫葳科梓树属的落叶乔木, 在我国已有 2000 多年的栽培历史, 是我国传统栽培的优质用材树种, 以材质优良而著称, 素有“木王”美誉。楸树干形通直, 冠形优美, 高可达 30m 以上, 胸径可达 1m 以上。楸树枝叶繁茂, 花期 4-5 月, 花多色艳, 令人钟爱, 其花形若钟, 白色花冠上红斑点缀, 如雪似火, 每到花期, 繁花满枝, 随风摇曳, 令人赏心悦目。果熟期 9-10 月, 蒴果细长, 垂挂似帘, 给人以端庄向上之感。楸树的适应性强, 分布于我国东起海滨, 西至甘肃, 南始云南, 北到长城的广大区域内。楸树是我国特有的集观赏、环保、防护、耐腐蚀等优点于一身的树种, 深受群众喜爱。但由于楸树自花不育, 很少结实, 并且实生繁殖困难, 楸树结实量小, 种子发芽率低、扦插生根困难等方面的原因, 严重制约了楸树的发展, 致使楸树这一名贵树种资源日益萎缩, 有些地方已经灭绝或濒临灭绝。

本课题在前人对楸树研究的基础上, 结合由陕西省林业厅下达、陕西省林业研究中心承担的“楸树良种选育研究”项目, 对楸树快速繁殖技术进行了研究。通过在西北农林科技大学渭河试验站的嫁接成功表明: 河南省林科所 2002 年审定的楸树良种“豫楸一号”优良品种, 适宜在陕西关中地区栽培。以下为本试验研究的主要内容:

楸树的嫁接: 嫁接时间以春季树液流动前 (陕西关中 3 月中旬)。砧木直径 1-2cm 最好, 株行距为 20 cm×30cm, 一年生平均苗高 2.5m, 平均地径 2.3cm。一般成活率均在 85%以上。

楸树的扦插: 楸树嫩枝扦插中, 用处理 NAA 的插穗成活率较低, 平均值为 36.67%, 用 ABT100 处理对楸树嫩插穗, 成活率最高, 可达 55%; 楸树的硬枝扦插, 以直接用奈乙酸 100 mg·L⁻¹ 处理的插穗成活率最高, 为 71%。

楸树的组织培养: 以诱导培养基 MS+6-BA0.8+IBA0.1 mg·L⁻¹ 的效果最佳; 最佳的增殖培养基是 N6+6-BA1.5+NAA0.0016 mg·L⁻¹; 生根培养基 1/2MS+IBA0.5mg·L⁻¹ 比生根培养基 1/2MS+NAA0.8mg·L⁻¹ 更节省时间更实用。

总之, 通过对无性繁殖技术方面的研究认为: 楸树快速繁殖的最佳方式为芽接。因为芽接技术简单、成本的、成活率高及易掌握等优点。

关键词: 楸树; 无性繁殖; 研究

STUDIES ON PROPAGATION TECHNOLOGY OF CATALPA BUNGEI

ABSTRACT

Catalpa bungei, belongs to the family of the Bignoniaceae and the genus of *Catalpa* is deciduous arbors and has been cultivated for more than 2,000 years in China, is a high-quality timber species and well known for his excellent material, so it is called the "wood kindom". *Catalpa bungei* has straight trunks and beautiful crown, the height is above 30 m and the diameter is up to 1 m. *Catalpa bungei* are with good traits of lasher branches and leaves, flourishing, vivid, shapely, flowering from April to May, the bell-shaped flowers, white garland, red decorations. Ripe fruit from September to October, the capsule is slender, dangling like screens, giving graceful and uplifting feeling. *Catalpa bungei* with high adaptiveness, located in east China's waterfront, west to Gansu, South to Yunnan, north to the Great Wall. *Catalpa* tree is a unique species with the advantages of ornamental Plant, environmental protection, prevention, corrosion resistance. However, *Catalpa bungei* is self-sterile, little bears fruits, difficult to breed, low seed germination rate, difficult rooting, seriously hampering the development of *Catalpa* tree, causing the species dwindling resources, some places have become extinct or endangered.

The topic is based on the predecessors with the Shaanxi Province Forestry Office issued, Shaanxi Province Forestry Research Center's "Catalpa Tree Breeding Research" project, studied on the rapid propagation techniques of cloning technology research. Grafting Experiment in the Weihe River Station shows: "Tsang Catalpa 1" audited by Henan Provincial Forestry Institute in 2002 is suitable to cultivate in the Guanzhong area of Shaanxi Province.

Grafting: *Catalpa* tree grafted to wedge block budding shoots best, Grafting time in the spring before the sap flows (Shaanxi Province in mid-March) as well. The diameter of rootstock is 1-2cm, rowing space is 20 cm × 30 cm, the average height of one year-old seedling was 1.25 m, the average basal diameter was 0.86 cm, the survival rate was above 85%.

Cuttings: the average survival rate of softwood cutting using NAA is 36.67%. ABT100 has greatest impact on the survival rate of softwood cutting, it makes survival rate increased to 55%; the survival rate of hardwood cuttings is up to 71% using 100 mg L⁻¹ NAA.

Tissue culture: the suitable medium for adventitious shoot is MS +6-BA 0.8 mg·L⁻¹+IBA0.1 mg·L⁻¹, the best propagation medium is N6+6-BA1.5 mg·L⁻¹ +NAA0.0016

mg·L⁻¹ and the growing roots medium is 1/2MS+IBA0.5 mg·L⁻¹ is better than the medium 1/2MS+NAA0.8mg·L⁻¹.

In short, it is indicated that : the best way of rapid propagation for catalpa bungei is budding, Because the budding technology is simple, low cost, high survival rate and easy to grasp.

KEY WORDS: catalpa bungei; asexual propagation; Research

目 录

第一章 文献综述	1
1.1 林木无性繁殖研究概况	1
1.1.1 无性繁殖对林木发展具有重大的意义	1
1.1.2 林木无性繁殖的生理基础研究	3
1.1.3 林木无性繁殖技术进展	3
1.2 楸树基本概况	6
1.2.1 楸树特点	6
1.2.2 楸树历史	7
1.2.3 楸树资源现状	7
1.2.4 楸树造林情况	8
1.2.5 楸树的繁殖方法概况	8
1.3 楸树无性繁殖技术进展	8
1.3.1 楸树研究进展状况	8
1.3.2 嫁接与扦插状况	9
1.3.3 组织培养状况	9
1.4 楸树无性繁殖技术研究的目的	10
第二章 材料与方法	11
2.1 楸树嫁接	11
2.1.1 接穗的选择	11
2.1.2 芽接方法	11
2.1.3 砧木（梓树）苗的培育	11
2.1.4 田间试验设计	12
2.2 楸树扦插育苗试验	12

2.2.1 嫩枝扦插.....	12
2.2.2 硬枝扦插.....	13
2.3 楸树的组织培养试验.....	14
2.3.1 材料来源.....	14
2.3.2 材料处理.....	14
2.3.3 试验方法.....	14
2.3.4 培养基.....	14
2.3.5 培养条件.....	15
第三章 结果与分析	16
3.1 楸树嫁接试验.....	16
3.1.1 嫁接人员对嫁接成活率的影响.....	16
3.1.2 嫁接芽块形状对嫁接成活率的影响.....	17
3.1.3 砧木直径的大小对嫁接成活率和苗木生长的影响.....	17
3.1.4 楸树嫁接试验小结.....	18
3.2 楸树扦插试验.....	19
3.3 楸树的组织培养.....	22
3.3.1 不同培养基对诱导芽的影响.....	22
3.3.2 不同增殖培养基对增殖芽的影响.....	23
3.3.3 不同生根培养基对芽生根的影响.....	23
3.3.4 组织培养苗木移栽.....	24
3.3.5 组织培养试验小结.....	24
第四章 结论与讨论	25
4.1 结论与讨论.....	25
4.1.1 结论.....	25
4.1.2 讨论.....	25
参考文献	27

致 谢	30
作者简介	31
附 图	32

第一章 文献综述

1.1 林木无性繁殖研究概况

植物的繁殖有两大类：有性繁殖和无性繁殖。无性繁殖是指不通过性细胞而用植物的营养器官进行繁殖,故无性繁殖又叫营养繁殖。利用无性繁殖得到的完整植物体,这个新的个体和原来的个体在遗传上是相同的。用无性繁殖形成的群体称为无性系。无性系的发展壮大具有遗传上的稳定性^[6]。无性繁殖是林木重要繁殖方式，基因型的收集和保存、无性系种子园的营建都需用它；对能够用插条繁殖的用材树种,或易于嫁接繁殖的经济树种无性繁殖是良种推广的重要手段。

在果树栽培中无性繁殖已成功地利用。在针叶树种中,我国的杉木、日本的柳杉等已有几百年的历史；在阔叶树种中，长期以来林业生产中无性繁殖主要是在杨树、柳、柳杉等少数树种中应用。自 70 年代以来，对林木无性繁殖的研究有所加强，无性繁殖造林面积有所扩大。目前，国外在云杉、辐射松、南方松、桉树，国内在水杉、池杉、杉木、油桐、漆树等树种中，无性繁殖技术和无性系造林都有较大的进展^[7, 62]。

1.1.1 无性繁殖对林木发展具有重大的意义

1.1.1.1 加速发展优良品种及推广无性系能提高林木产量

以中国林科院亚林所杉木试验林为例^[8]，可以说明无性系选择对增产的作用。该所于 1981 年春从优树自由授粉家系中各取 5 个无性系(插条)，在浙江富阳采用 4 株小区，4 次重复造林。4 年后生长状况在家系间差异是显著的，如“龙（泉）5 号”的高和直径分别比“龙（泉 6 号）”大 0.6m(19%)和 1.49cm(33.6%)；但在同一家系内，各无性系间也存在着明显的差异，在上述 4 个家系中最优无性系较最次无性系的树高生长高出 16.0-29.2%，直径生长高出 26.4-48.5%。据分析，家系间引起的变量占总变量的 8.8(H)和 16.6(D)。这说明，家系内个体间存在着明显的差异,也说明家系内无性系的选择至少可以取得与家系间的选择同样的效果。可见家系选择结合无性系选择可以取得加倍的改良效果。

将一棵“红地球”葡萄的枝条剪成 100 个小段，通过插条繁殖，可以育成 100 棵和原来母株一样“红地球”葡萄品种；而用种子繁殖则不可能形成遗传性一致的植株，其商品性也不一致，所以无性系繁殖在林木育种及新品种的推广应用方面具有非常普遍及极其重要的意义。1962 年，日本通过杂交育种培育出“富士”苹果，到上世纪 80 年代正式推广，很快在全世界各地形成一个庞大的无性系，我国的“富士”苹果已引入发展了 20 多年，现在国内约半数以上的苹果都是“红富士”^[6]。当前通过无性系改良而实现无性系育林中，集约栽培的人工林无性系造林所占的比例正在扩大，一些速生用材造林树种，如杨树、柳树、桉树、杉木、日本柳杉、辐射松、云杉等，无性系育林已成为更新造林的

重要方式^[9]。这种无性系造林的林分，林相整齐，产量高，产品品质一致，便于集约经营和加工利用。

1.1.1.2 发展用种子繁殖困难的植物及推广无性系提高林产品品质

有许多果木（及多树木）不能形成种子或者种子败育，例如香蕉、无核柿子、无核密橘等，这些果实食用方便，果品品质也好，但由于没有种子，所以必须采用无性繁殖；有些植物很难形成种子，例如大蒜、马铃薯、白薯等，必须在特殊条件下才能形成种子。如大蒜必须在高山条件下才能开花结籽。白薯长大后，北方进入冬季，植株冻死。因此白薯必须在生长后期不发生冻害的地区才能开花结籽，这类植物也需用无性繁殖来发展；有些树种，例如荀子属的种子，要求复杂的休眠条件才能萌发。而竹子则几十年才结 1 次种子。所以无性繁殖在一些植物中是必须采用的繁殖方法。

如桉树木材一般具有交错纹理，易引起开裂，但也有少数无性系木材纹理通直，材质好，可作为优质造纸材或家具材。此外，用无性系造林，木材匀称、整齐，出材率高。如巴西在 Aracrac Florestal 由一个无性系造林的 3 年生桉树林，树高 20.2m，树高和直径都十分整齐，在生长量和材质方面都有显著改进。

1.1.1.3 无性系繁殖能缩短林木育种周期或保持童期

在有些情况下，如对种子园表现优异的无性系，在没有取得子代测定结果前就可能通过无性繁殖推广，从而缩短育种周期。有许多果树，用种子繁殖许多年后才能结实，而通过无性繁殖会大大缩短结实周期，例如，核桃、板栗、苹果等等，通过无性系繁殖的例子随处可见。

许多植物的童期和成年期可以有完全不同的表现。首先在童期的生长速度快，不能开花结果。而成年期生长速度减慢，能开花结果。其次在形态上也有变化，例如板栗童期的叶片是对生的，冬季叶片枯黄后也不落叶。成年期的叶片是轮生的，冬季即落叶。枣树、刺槐和很多柑橘类树木童期的生长势强，而且多刺，成年期生长势弱而且刺少或无。有些松柏类树木童期叶子是针状叶，成年树则为鳞片状叶。因此，在无性繁殖时，如果采幼龄树上的枝条或芽为材料，其无性系开始则处于童期阶段，表现出童期生长特性；如果采用成年树上的枝条或芽为材料，其无性系生长开始即处于成年树的阶段，表现出能提早开花结果。在生产山上，当需要幼苗生长快、不要过早开花结果时则可采幼年树上的枝芽进行繁殖；如果需要缩短童期提早开花结果，则需要采成年树上的枝芽进行繁殖。当然在同一棵树上，不同部位的枝芽，发育年龄也有差别。植物的发育年龄由发生在顶端生长点的分生组织细胞而定，部位高的枝条年龄比较老，而从基部萌生出的徒长枝或从根部萌生的萌蘖枝，生长势旺且处于童期。所以，如果缩短童期、提早开花结果，必须采高部位的枝条。如果加速生长，可采用基部萌生枝条。例如繁殖果树一般需要用品枝；相反，繁殖杨树、泡桐及楸树等用材林，则需要用品枝。

1.1.2 林木无性繁殖的生理基础研究

1.1.2.1 激素的作用

自从 1934 年发现吲哚乙酸、吲哚丁酸对植物插条生根的效应以后,为间接研究插条的生理生化机理提供了有力的手段,并取得了一定的成果。

1.1.2.2 内源抑制物质的调节

插条生根与内源抑制物质关系密切。例如,改变内源抑制物质含量可明显提高马尾松的扦插成活率^[10]; Blakesley 等(1991)对 IAA 对插条的促根作用作了肯定阐述;对马尾松的研究认为,降低内源抑制物质含量是提高成活率的关键措施^[11]。

1.1.2.3 根原基的数量和分布状况,也是影响扦插成活率的内在原因之一

例如,王福森等(2001)通过剥皮观察银中杨木质部凸起物或树皮内部凹痕来检查银中杨潜在根原基,发现其数目少于小黑杨和小青杨,而多于难生根的山新杨^[12]。

1.1.2.4 年龄效应、位置效应的影响

树木组织一旦进入成熟态则具有很强的稳定性,这种稳定性可以通过许多代细胞分裂而传递。例如以水平枝或下垂枝为材料进行无性繁殖时,常会出现繁殖代的斜向生长,即位置效应。由于林木特别是针叶树种生根较难,而且存在着年龄效应、位置效应,极大地限制了生根机理的深入研究。

1.1.3 林木无性繁殖技术进展

1.1.3.1 扦插繁殖技术方面概况

近年来,随着树种扦插繁殖理论及技术研究的不断发展,林木扦插生根的技术不断完善,树种扦插技术成熟度达到了生产实用的水平。影响扦插繁殖成活率的关键因子有:穗条年龄(年幼化)、位置(位置效应)、扦插季节(发育期)、穗条规格(大小)与状态、插壤条件(基质)与生长条件、生长周期与激素的应用等几个方面。

1.1.3.1.1 穗条年龄(年幼化)、位置(位置效应)

张应中等^[13]研究表明,国外松杂种(湿地松×洪都拉斯的加勒比松)扦插时,采穗母株年龄在 2 年以下,穗条长度为 6.0-14.5cm,顶端次生叶长 5.5-13.0cm 的穗条容易生根。对于成龄优树扦插,母树年龄可因插条再生能力强弱而异,如马尾松树龄在 10 年以下的母树枝条,扦插均可获得生根成活的植株,但 5 年生以下母树插穗生根率高^[14]。并有学者指出,马尾松扦插繁殖的母树年龄效应在 4 年以上是明显的,表现为生根性状退化^[14-16]。而辐射松,母树年龄有时可达 60 年^[17]。对于腰果来说,由于其成龄树上的插条已丧失了生根潜力,只有采用幼龄实生苗的插条才容易生根、成活^[63]。

1.1.3.1.2 扦插季节(发育期)

在林木扦插试验时发现,林木的发育阶段、发育时期、生活力直接影响到插穗的成活率。在哥斯达黎加恩塞讷斯热带农业研究中心(CATIE),筛选了 15 种中美刺桐无性系原株进行生根试验,结果发现,无性系原株之间在生根能力及生活率上存在明显的季节差异,其

中中美刺桐在干季扦插的生根率明显高于在湿季扦插的成活率^[64]。龙启德等^[18]对南方山区银杏扦插试验表明,在南方山区,银杏扦插在 4-5 月份成活率最高(达 90%以上)。刘本大等^[19]将白榆在不同时期进行扦插,发现休眠期硬枝扦插生根率仅为 30.2%,而生长期嫩枝扦插生根率则达 95%。

1.1.3.1.3 穗条规格(大小)与状态

在银杏扦插时发现,穗条长对生根率影响不大,3-7cm 的插条长,在苗期生长无显著差异,插条长 10cm 以上时对苗期的根长、根数、叶片生长有明显影响^[18]。潘志刚等对加勒比松、杂交松、湿地松、火炬松等进行插扦试验,选用半木质化的针叶长 3-5cm 的插穗扦插,生根率高,而顶梢侧枝生根率低^[20]。王福森等^[21]对银中杨扦插生根机理研究后认为,银中杨在齐齐哈尔市 5 月 19 日扦插成活率较高,插穗长度为 15cm 时成活率达 80%,优于 12cm 和 18cm 时的成活率(分别为 63%和 61%)。而不同部位穗条在成活率上无显著差异。北海道黄杨当年生枝条扦插生根率为 84.7%,而带一段老枝的当年生枝条的生根率为 61.18%^[22]。表明插条类型对生根有一定影响。

1.1.3.1.4 插壤条件(基质)与生长条件

环境因子的选择,主要考虑插条水分平衡、干物质积累与消耗、叶面温度与生根温度的控制。全光间歇自动电子喷雾装置为扦插时调节环境因子的理想设备,一般来说扦插前期应保持较高湿度,一般控制在 85%-90%,中后期可降至 65%-80%,温度为 20-30℃,光照 12hd。扦插后覆膜可以增温保湿,提高成活率。如银中杨垄作插穗覆农膜可以使土温日夜平均提高 2-3℃,成活率提高 10%-20%^[21],银杏扦插时采用覆膜加遮荫,可使成活率提高到 94.2%,大大高于盖遮阳网(68.8%)和全光(23.1%)处理^[18]。扦插基质的选择,主要根据不同的树种筛选不同材料的配比。例如,对峨眉含笑嫩枝扦插而言,枝条半木质化的中期可能更有利于插穗生根^[23]。采用河沙、煤渣、石英沙作基质,银杏扦插生根率(皆大于 94%)要优于泥土作基质^[18]。西加云杉则用水藓泥炭、松树皮和珍珠岩(1:1:1 体积比)混合较适宜^[24]。加勒比松及其杂种在蛭石与珍珠岩(1:1 体积比)的基质上,2 个月后开始生根;7 个月后可移栽。周彬等^[25]在山槐嫩枝扦插时,采用自控喷雾扫描装置,以河沙、河沙+珍珠岩或炉灰为基质,采用 100mg/kgABT1 处理 2h 或 50mg/kgIBA 处理 6h,获得了山槐嫩枝扦插的最佳组合体系。

1.1.3.1.5 生长周期与激素的应用

植物促根剂的选择应用,是提高林木扦插成活率的关键技术之一^[26,65,66]。胡炳荣等^[27]研究认为,奈乙酸、吲哚丁酸、ABT 生根粉对促进赤柏松扦插生根效果明显,其中 ABT 生根粉效果最好,以 100mg·L⁻¹ 浓度处理后,生根率可达 60%。毛白杨嫩枝扦插时,用 100 mg·L⁻¹ 奈乙酸速蘸处理后,成活率可达 80%以上^[28]。银中杨用 ABT 生根粉浸泡插穗 2h 后用 100 奈乙 mg·L⁻¹ 酸或吲哚丁酸浸泡根部 24h,可促进生根^[21]。用 IBA(500mg·L⁻¹)处理银杏半木质化枝条,成活率可达 96.2%,未经处理的仅为 64.3%^[18]。在马尾松扦插生根中,吲哚丁酸、奈乙酸均起重要作用^[29]。北海道黄杨扦插生根时,用 IBA 与 NAA(浓度均为

800 mg·L⁻¹)处理可以使枝条生根率分别提高到 100%和 91.43%^[22]。欧建德用 ABT 处理浸泡水竹竹鞭 8h,成活率达 85%以上^[30]。濒危植物峨眉含笑嫩枝扦插时,用 200mg·L⁻¹NAA 处理,生根率可高达 88.8%^[23],有些树种用枝插比较困难,但采用根插较易成活,如泡桐、柿树、弯柳、核桃、梨等树种^[28]。其中,根段保湿是根插成活的关键。另外一种叶插,主要用于常绿阔叶树的繁殖,如茶树、柑橘类、印度橡胶树等。

1.1.3.2 嫁接繁殖技术方面概况

嫁接对于扦插不易生根的树种,嫁接繁殖是其无性繁殖的主要途径。由于能充分利用接穗的位置效应,因此,这种方法适宜于一些有性繁殖败育、扦插不易生根、种子繁殖时品种特性容易发生变异、树势衰弱及病虫害严重的树种的无性繁殖。林业上最常用的嫁接技术是枝接和芽接。

亲合力强弱是嫁接成活的关键。如毛白杨与小美旱杨亲合力较好,嫁接成活率高。山楂属的山楂与梨属的梨嫁接亲合力很强,其高接成功率可达 100%^[31]。湿地松、火炬松分别以一年生苗为砧木,嫁接成活率为 75.1%^[32]。中国皂荚、日本皂荚和绒毛皂荚同属于皂荚属,亲缘关系密切,具有较相似的遗传特性和较强的亲合力,枝接或芽接均具有较高的成活率^[33]。

嫁接时间、嫁接方法也影响到嫁接成活率,如南方山区银杏秋季芽接成活率与次年抽梢率均最好。吕保聚(2000)以美国黑核桃与河南洛宁当地核桃嫁接发现,插皮舌接比双舌接、皮下接等嫁接方法成活率提高 4.71%,当地 3 月 25 日至 4 月 25 日嫁接成活率最高,接口封蜡比其它保湿方法成活率提高 29.34%^[34]。对于同一树种,可在不同季节采取不同嫁接方法,如毛白杨冬季炅捻嫁接,春季用反袋接,夏季和秋季用“丁”字形芽接较好。陈哲明等(1992)在板栗嫁接时,将插皮接改进为“改良皮下接”,显著提高了嫁接成活率^[35]。绒毛皂荚嫁接时,芽接比枝接成活率高^[34]。

嫁接技术的改进,大大提高了嫁接速度和成活率,如山东果树研究所研制出了剪取接芽和砧木的剪子,使嫁接速度提高了 5 倍,且无论是否离皮均可嫁接。北京林业大学齐宗庆发明了削插皮接、劈接、切接接穗的机具,把削取接穗的速度提高 10 倍,且削取接穗的规格整齐,嫁接成活率高^[36]。

植物生长调节剂在嫁接繁殖中也起重要作用。核桃嫁接时,将接芽蘸入 48 mg·L⁻¹BA+63mg·L⁻¹IAA,配合 T 型芽接法效果良好^[37]。李明亮(1990)研究报道,核桃接穗削面快速浸蘸 250mg·L⁻¹吲哚丁酸,可以促进枝条愈伤组织的形成,从而提高枝接成活率。在金丝小枣插皮接和盾形带木质部芽接中,用不同浓度的 ABT 生根粉分别处理接穗和接芽,能明显提高枣树嫁接成活率^[38]。

1.1.3.3 组织培养繁殖技术方面概况

组织培养是用植物的一部分组织或器官在无菌的人工培养基上进行离体培养,以获得完整植株的无性繁殖方法。这种方法对一些缺少或只有很少潜伏根原基的扦插不易生根的树种,不失为一条可行的途径。目前,全世界已成功繁殖出 100 多个树种,其中有 80

多个是我国首先培养成功的。传统的组织培养是采用组织培养技术胚状体成苗法和愈伤组织成苗法,例如杜仲首先脱分化形成愈伤组织,愈伤组织在一定条件下出现器官分化^[39,40],最后形成完整植株。核桃叶柄在适宜培养基上可形成胚性愈伤组织,进而发育成胚状体^[41]。加勒比松也可由形成的愈伤组织诱导出芽^[35]。利用这种技术,成功地进行了巴旦杏^[42]、绒毛皂荚^[43]、核桃^[44]、加勒比松^[67,68]等树种的无性繁殖。针叶树种与阔叶树种相比,前者大多数为愈伤组织生根型,而后者绝大多数为皮部生根型,因此,组织培养时前者比后者较难生根。

体细胞胚胎发生是指不通过配子融合形成的细胞,经发端和发育形成胚状体。这些胚状体为正常的人工种子,具有枝和根端,只要需要,即可萌发形成完整植株,因此是一种最有潜力的无性繁殖方式,有较高的遗传稳定性,因为它不需用生长素诱导生根,能很好地保持遗传增益。体细胞胚胎发生技术最有前途的应用是在高价值的无性系林业^[45]。BecWar等(1996)研究表明,采用多步骤方法可以完成松属从外植体到再生植株的完整的体细胞胚胎发生过程^[69]。一些竹子如牡竹、刚竹、吊丝球竹、绿竹和麻竹均通过体细胞胚胎发生,获得了再生植株。国外对挪威云杉^[70]、北美云杉等树种的体细胞胚胎技术的试验已进行到中试阶段,我国的研究相对落后,目前仅对火炬松、云南松、马尾松、湿地松开展了初步探索性研究^[69]。在发展优良无性系品种及高价值的无性系林业应用中,如何提高体细胞胚胎发生的诱导率、体细胞胚的成熟率及萌发率尤为重要。

1.2 楸树基本概况

楸树 (*Catalpa bungei* C.A.Meyer.) 属紫葳科, 楸树属, 楸树组。落叶乔木, 高 30m 以上 (见附图 3)。树冠狭长, 树干通直, 树皮灰褐色, 浅纵裂。小枝灰绿色, 无毛。幼叶具单毛, 后脱落; 叶对生或三叶轮生, 单叶, 三角状卵形或长卵状椭圆形, 长 6—16cm, 宽 6—12 cm, 先端长渐尖, 基部截形至宽楔形或心形; 掌状三出脉, 全缘, 有时基部边缘有 1—4 对尖齿或裂片, 幼树的叶常具有浅裂; 两面无毛, 上面深绿色, 背面脉腋有紫色腺斑; 叶柄长 2—cm。伞房状总状花序, 顶生, 着花 3—12 朵, 花序被分枝毛; 花萼 2 裂, 裂片顶端尖; 花两性; 花冠唇形, 淡粉红色至白色, 长约 4—cm, 内具有紫色斑点, 上唇 2 裂较小, 下唇 3 裂较大 能育雄蕊 2 枚, 不育雄蕊 3 枚, 花柱教雄蕊长。蒴果细, 长 22—50cm, 径 5—6cm; 种子多数, 矩圆形, 扁平, 长约 1cm, 宽约 2mm, 两端有白色长毛, 种子连毛长 3.5—5cm。花期 4—5 月, 果熟期 9—10 月。

1.2.1 楸树特点

楸树木质具有五大特点: 第一、质地坚韧细密, 纹理通直, 花纹美观, 有光泽; 第二、易干燥, 不翘不裂, 易加工, 制成家具、模具不走样; 第三、耐水湿、耐腐蚀、不易虫蛀; 第四、切面光滑, 钉着力适中, 不劈裂, 油漆、胶粘力佳; 第五、抗压、抗拉强度大, 抗冲击韧性强, 力学性质好。因此, 楸树的用途极为广泛, 是建筑、模具、家具、器具、车船、乐器、雕刻工艺、室内装修等方面的优良用材^[1]。

楸树树形优美，枝叶绿浓，花美色艳（见附图 4），是绿化城市改善环境的优良树种；楸树干高、冠窄、根深、寿命长、抗风力强，适宜于营造农田防护林和农楸间作林（见附图 8）；楸树叶被密毛，皮糙枝密，故能隔音、沸尘，对二氧化硫、氯气等有苦气体都有较强的抗性，具有净化空气的作用。

此外，楸树还具有其它多种用途，综合的前途十分广泛。例如楸树的树皮、叶、种子可以入药，楸树花可提芳香油^[1]等等。

1.2.2 楸树历史

楸树是我国特有的珍稀用材及城乡绿化树种(见附图 5)，也是陕西关中“四大金刚”乡土树种之一^[2]。在我国博大的树木园中，惟其“材”貌双全，自古素有“木王”之美称。楸树原产我国，在我国分布十分广泛，东起海滨，西至甘肃，南起云南，北到长城的广大区域均有分布。栽培历史久，至今已有 2600 多年。西汉著名历史学家司马迁在《史记·货殖传》中记载：“淮北、常山以南，河、济之间千树萩”^[3]。描绘出楸树在 2100 多年前的我国中原、华北、西北广大地域的栽培情况。“此其人皆与千户侯等”，描述经营大楸园的人都成了当时的富人。古人还有以楸树作财产遗传后代的习惯。南宋朱熹曰：“桑、梓_木。古者，五亩之宅，树之墙下，以遗子孙”，所指梓即楸，资料表明，古时有梓楸不分之说^[4]。目前全国许多地方还保留有百年生的楸树，不仅证明了楸树寿命长，而且反映了楸树在这些地方的古老历史。安徽省临泉县有一株约 600 年以上的古楸树高 25m、胸径 212cm、材积 20m³，堪称楸树之王。山东青州市范亭公园内的一株古楸树，已有 800 年的寿命，树高 14m、胸径 280cm。

1.2.3 楸树资源现状

楸树在我国分布范围十分广泛（见附图 1）。北京、天津、内蒙古、辽宁、河北、河南、山东、山西、陕西、甘肃、江苏、安徽、湖北、湖南、江西、浙江、上海、福建、四川、贵州、云南、广东、广西等 23 省、市、自治区都有分布，其它省区也有引种栽培。尤已北京、河南、山东、江苏、安徽、等省、市栽培较多。水平地理分布的范围大体在北纬 22—42°、东经 88—123°之间，并有天然野生甚少、片状不连续、种群分布不均衡等特点。垂直分布变化范围与纬度有很大的关系，一般纬度越高垂直区间越小。在北纬 35—42°左右下限为海平面的平原和山沟地，上限为 1500m；在北纬 30—35°之间，上限为 1640m 左右；在北纬 22—30°之间，上限为 2800m 左右。常见于土层深厚，土壤肥沃，排水良好的山腰、山脚、村宅四旁及胜景名园，为名贵园林绿化和观赏树种。楸树在我国漫长的历史岁月里，由乡土树种到珍贵树种，再到稀有树种，是它兴衰曲折演变的“三步曲”。当今人们认识到它的珍贵时，就开始了无节制的采伐利用。加上楸树繁殖困难，伐的多，栽的少，楸树的资源随着历史的变迁而逐渐枯竭。直到如今，已看不到大片的楸树森林和楸园。随着国民经济建设和人民生活、生产、生活对楸材需求量的日益增加，楸树产区的成材树大都被砍伐利用，后续资源越来越少，供需矛盾日渐突出，目前市场楸材

极缺，价格急剧上涨，楸材价格是杨树的 10 倍以上，大径材每 m^3 6000 元，仍无货供应^[5]。当前，我国为挽救和保护楸树这个“濒临枯竭”的树种，根据楸树生物学、生态学特性，提出了全国及各省区的楸树生产区划，且选育出楸树优良无性系，楸树自根苗的无性繁殖有以下优点：繁殖系数高；苗木整齐一致；生长量大，在同样的立地条件下，生长量可提高 50% 以上，当年育苗，当年达到出圃标准；这种方法培育的苗木，造林后，寿命长，不衰老，可长成大材^[5]。

1.2.4 楸树造林情况

速生丰产林应在楸树自然分布区内。适于营造楸树速生丰产林的有平原、黄土高原、盆地、低山、丘陵五大地类^[46]。其中最适立地条件为:a、平地塬面、河流两侧、山麓、沟底、梯田地埂等;b、土壤深厚、湿润、肥沃及透性良好;c、地下水位 2m 以下,排水良好。下列地方不适于营造楸树:a、渍水、积水凹地;b、干旱、瘠薄山地;c、沙丘、沙地;d、中度和重度盐碱地;e、海拔较高的(一般 1200m 以上)寒冷、冲风山地。

楸树根系在土壤里的垂直分布,平均 135cm,根系较浅,但水平根系发达,在海拔 1000m 以下水肥条件较好的地方为最适宜。楸树随海拔增高而生长降低。适宜于栽植在海拔 1000m 以下。楸树栽培技术措施是:大穴+施肥稍优于大穴栽植,明显比小穴好,但用工用料大,高和直径生长分别提高 45%和 18%^[61]。

1.2.5 楸树的繁殖方法概况

从楸树的育苗材料来看，楸树的种子、根、枝条均可用作育苗。楸树的育苗方法很多，有播种育苗、插根育苗、嫁接育苗、插条育苗，埋条育苗、留根育苗和组织培养等 7 种。目前在生产上除多数采用埋根育苗方法外，梓砧嫁接育苗，是近年来试验总结出的一种较好的育苗方法。在楸树的林木无性繁殖中,除扦插、嫁接、组织培养之外,还有带根压条、埋条、根繁以及分株等方法。这些方法中,以组织培养繁殖速度最快,繁殖系数最高,适于工厂化育苗及珍稀、濒危树种的繁殖,但相应投资大,成本高,技术性强,需有温室等一系列配套设施。

1.3 楸树无性繁殖技术进展

楸树资源开发与己成为今后各级林业部门一项迫在眉睫的任务。《七五》期间,国家为拯救稀珍树种,将“楸树速生丰产技术的研究”列入国家科技重点攻关项目;《八五》期间,又将“楸树良种选育及丰产栽培技术研究”列入林业部重点课题。从此,方对楸树开展有计划的系统研究。10 年来,我们对楸树的生物学特性、繁殖技术、立地选择、良种选择、造林技术及速生丰产等方面开展了研究^[46]。

1.3.1 楸树研究进展状况

1987 年河南省洛阳林研所通过调查研究，基本摸清了我国现有楸树种类资源，在进行自然类型划分的基础上归纳出 21 个楸树（包括灰楸）种、变种和类型，并统一了名

称，从而结束长期以来楸树名称混乱的状况；查清了楸树分布情况，确定了楸树分布中心；收集保存了楸树种类和优树资源；选出了一批优良无性系，并在生产得到推广；同时开展了楸树杂交育种及自根苗繁殖等方面的研究工作，为进一步进行楸树遗传改良，早出品种，发展生产，打下了良好基础^[3, 47]。1994年郭从俭等进行了楸树优良无性系——窄冠1号的选择^[48]；于1996年对楸树速生丰产技术研究的10年总结，阐明了楸树速生丰产的宏观作用、速生丰产的限制因素、丰产栽培模式及其数量化管理，提出10项幼林速生丰产技术措施，选好林地科学栽植，良种壮苗，适宜密度，合理施肥，精耕细作，综合防治，及时排涝，修枝接干，楸农间作^[46]（见附图8）。

1.3.2 嫁接与扦插状况

嫁接育苗，用梓树作砧嫁接楸树育苗方法，50年代曾有报道，1967年在山东蒙阴县中山寺林场也进行过试验，近几年河南省楸树研究协作组总结一套完整的育苗方法，并在生产推广应用。

插根育苗是我国历史上采用较早而一直沿用至今的一种育苗方法，工序简单，易于掌握，但种根出苗率不高，大树老根成活率一般在50%以下。

2002年梁明武进行了楸树嫩枝扦插繁育技术研究：指出ABT1生根粉与NAA两种激素对提高楸树嫩枝扦插成活率效果明显，二者相比ABT1效果更好，处理方式以100mg/L浸2h最好，其平均成活率可达81.2%^[49]。同年，安徽省林业科学研究所张锦，进行了楸树无性繁殖技术研究，介绍了楸树嫁接与萌芽扦插繁殖技术，并对萌芽扦插生根情况进行研究，认为萌芽扦插是楸树快繁值得推广的技术^[50]。洛阳市林业科学研究所丁米田、赵鲲利用梓苗嫁接技术快速繁殖楸树良种^[51]。2003年王瑞福等对楸树的良种壮苗繁育技术进行了探讨，认为良种壮苗繁育技术是新品种引进和林业生态工程建设的基础，从生物多样性的角度出发，重点介绍了楸树的播种、埋根、扦插和嫁接几种繁育技术。其中以嫁接的方法最有利于培育良种壮苗^[52]。

1.3.3 组织培养状况

在我国最早进行楸树组织培养是江苏省林业科学研究所的朱鹿鸣、金韵琴、栾永华等，他们在1980年发表了《楸树组织培养初报》^[53]。接着山东省林科所的张振芬、张敦伦、李秀娣、赵克等，于1981年发表了《楸树组织培养技术的试验研究》^[54]。1981年江苏省林科所采用组织培养方法繁殖楸树，并用无根试管苗直接扦插育苗，其成活率达95%以上。为了进一步研究无根试管苗扦插技术在生产上应用的可行性，1982年我们共同进行了楸树无根试管苗扦插育苗试验，得到和1981年相似的结果：扦插时间以4月中、下旬至6月上旬最合适，其成活率均可达90%左右，最高可达96.3%^[55]。2004年孟永红等利用茎尖作为外植体建立了楸树植株再生体系，其最适不定芽诱导培养基及植物激素配比为： $MS+6-BA0.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}+IBA0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ；不定根最适诱导培养基及植物激素配比为 $1/2MS+IBA0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[56]。

组织培养,是 30 年来才兴起的一种快速繁育林木良种的育苗方法,也是一种与杂交、辐射、激光等育种措施相结合,创造新品种的手段。八十年代以来,全国已有不少科研单位对楸树开展了组织培养试验,成功地培育出了试管苗。尽管目前还处于试验阶段,但研究成果表明,它将是大有希望,逐渐能为人们所掌握并应用于生产的一种快速育苗方法。

1.4 楸树无性繁殖技术研究的目的

楸树在我国漫长的历史岁月里,由乡土树种到珍贵树种,再到稀有树种,是它兴衰曲折演变的“三步曲”。随着国民经济建设和人民生活、生活对楸材需求量的日益增加,楸树产区的成材树大都被砍伐利用,后续资源越来越少,供需矛盾日渐突出,目前市场楸材极缺,价格急剧上涨,楸材价格是杨树的 10 倍以上,大径材每 m^3 6000 元,仍无货供应^[5]。当前为挽救和保护楸树并开发利用这个“濒临枯竭”的树种,就必须通过快速的繁殖方法营造速生丰产林。因此,楸树无性繁殖技术研究就成为开发利用这个树种资源的关键。

本论文在前人对楸树研究的基础上,结合由陕西省林业厅下达、陕西省林业研究中心承担的“楸树良种选育研究”项目,对楸树的嫁接、扦插和组培无性繁殖技术进行系统研究,以便为楸树优良基因型的推广利用提供技术保障。

第二章 材料与方法

2.1 楸树嫁接

2.1.1 接穗的选择

良种楸树引进河南省林科所 2002 年审定的楸树良种“豫楸一号”。河南周口市楸树研究所是专门从事楸树研究的科研机构，主要致力于楸树新品种的开发与推广。集 20 年研究成果精华，培育出周口市楸树系列速生品种“楸树 1 号”（见附图 6）、“周楸 2 号”、“周楸 3 号”分别适合城市绿化、农林间作，速生丰产造林。该所建有品种齐全的楸树种质基因库和大型良种无性系采穗圃（见附图 7），可年提供楸树良种接穗 100 万株以上，是目前全国最大的楸树良种繁育基地^[59]。2004 年春季，我们在西北农林科技大学渭河试验站对引进河南省林科所 2002 年审定的楸树良种“豫楸一号”进行扩大繁殖。

2.1.2 芽接方法

芽接以嵌芽接为主，春季嫁接在 3 月下旬至 4 月上旬树液开始流动，芽子膨大时进行，以清明前后为好。嫁接前先浇 1 次水，保持土壤湿润。嫁接时要随平茬，随嫁接，随封土。芽接的优点是节约穗条，砧木要求不粗，1 年生苗即可，嫁接时间长，操作容易，成活率高（见附图 2 右侧）。具体操作如下：

取芽：在穗条芽的上方 0.5cm 处横切，深达木质部，再从芽的下方 1cm 处斜切入木质部及芽两侧竖切，取下芽片。

砧木处理：在砧木基部约 5cm 处削与接穗芽片大小约等的切面。

贴合：将芽片嵌入砧木切面，若下刀不准或砧穗粗细不等，应将芽与切面上方和一侧对齐、密接，用塑料薄膜条绑扎，露出接芽。

松绑：当接芽成活后，苗高达 10-20cm 时，及时将塑料薄膜条解除，以免影响苗木正常生长。

2.1.3 砧木（梓树）苗的培育

试验地点设在西北农林科技大学渭河试验站（见附图左侧），该站位于渭河南岸周至县境内，北濒渭水，东经 108°25′，北纬 34°14′，海拔 467m，多年平均气温 13.2℃，年均降水量 674 mm，日照 1993.7 小时，无霜期 225 天，土壤以沙壤土为主。

整地：因为梓树种子小，育苗要求较高，圃地应深耕、细耙、平整、压实，然后施足底肥作床。同楸树播种育苗一样，筑成低床(高床)待播。

播种：梓树种子发芽容易，播种时间较长，春季至雨季均可播种。只要土壤温度适宜，采用条播或点播，播种覆上厚度 0.5cm 左右，以微埋种子为度。每 667 m²播种量 1 kg。播后盖草遮荫，适时喷水浇灌。保持床面湿润，7-10 d 即可出土。

移栽：梓树小苗移栽容易成活，可采用小圃育苗大田移栽的方法，一般育 30m² 的

苗，可移栽 667 m²。幼苗 4 片真叶时移栽为最好，选阴天或下午移栽，边栽边浇水。株行距 20cm×30cm，每 667 m² 10000 株

砧木苗管理：梓苗最初 1 个月内，生长缓慢，要保持圃地湿，追肥整个苗期要追肥 2-3 次，第 1 次在 5 月下旬，此次施肥要作到少量细施，每 667 m² 追施尿素 10 kg，沟施或穴施。在距苗行 20cm 处锄一浅沟，把肥施入掩土，施肥后浇水。第 2 次施肥以在 6 月下旬为好，同样方法追施，每 667 m² 施尿素 15kg。第 3 次施肥应在苗木第 2 个生长高峰之前施入，即 7 月下旬施复合肥 20 kg 左右。松土除草圃地要经常松土保墒，清除杂草，保持圃地卫生此外，还要加强灌溉，做好病虫害防治工作。

2.1.4 田间试验设计

2.1.4.1 嫁接人员

嫁接前我们对 3 名嫁接人员进行了同样的选条、选芽、砧接、绑扎等技术操作的培训。嫁接时对嫁接人员进行了编号，分别：A、B、C。每人嫁接 120 株，进行了登记编号。出芽并抽条 10cm 后进行解绑，调查成活率。

成活率=嫁接芽抽条数/嫁接的芽数（砧木数）*100%

2.1.4.2 嫁接芽块形状不同

嫁接时按照芽块形状不同分为 3 类，分别为：a、b、c。其中 a 代表楔形芽块，b 代表巨形芽块，c 代表方口形。每类形状不同芽块，在同一技术人员操作水平下嫁接 50 株。同上述一样调查成活率及当年生苗高（11 月 20 日调查）。

2.1.4.3 砧木直径的大小不同

根据嫁接时砧木直径的大小不同分为 3 种不同的类型：直径小于 1cm、1-2cm 及直径大于 2cm。每类型嫁接 120 株，调查成活率及当年生苗高。

2.2 楸树扦插育苗试验

试验点设在陕西省扶风县永平村苗圃地,属暖温带气候,年平均气温为 12.4℃, 1 月平均气温-2.1℃, 7 月平均气温 26.3℃,极端最高气温 42.7℃, 极端最低温度-19.5℃, ≥10℃温积 4030℃, 年日照 2091h, 年均降水 592mm, 70%集中在夏秋, 海拔为 730m, 土壤以黄土为主。

2.2.1 嫩枝扦插

嫩枝扦插在扶风县天度塑料大棚内进行（见附图 9），插壤用砂:黄土=4:1，用 1%福尔马林或高锰酸钾溶液消毒，并用清水冲洗净药液。

2.2.1.1 插穗处理

插穗从当年生半木质化的嫩枝上剪取，最好选用苗圃萌发的嫩条，插穗的长度 10-12 cm，上部留一轮叶片，将叶片短截一半。插穗上端剪平，下端剪成马耳形。保留插穗上的叶片，可以进行光合作用，制造营养物质和生长刺激素，有利于插穗生根。短截叶片

则是为了减少水分蒸腾。

2.2.1.2 药剂处理

插穗用奈乙酸 (NAA) 100、300、500 mg·L⁻¹ 和生根粉 1 号 (ABT) 50、100、200、500 mg·L⁻¹，分别快蘸 3s 或浸泡 0.5h，促使其生根。

2.2.1.3 田间试验设计

试验设计：每个处理 120 个插穗，分 4 个重复，每重复 30 株。

扦插时间：扦插时间为 7 月，扦插深度为插穗的 1/3-1/2，密度为 10cm×10cm。插后立即灌水，使插穗与土壤密接。

2.2.1.4 扦插后管理

嫩枝扦插管理的关键是控制湿度和温度。通过喷雾使棚内湿度控制在 85%以上，温度在 30℃以下。扦插后每隔 10d 喷 1 次 1%的磷酸二氢钾，促进插穗生根和生长。

2.2.2 硬枝扦插

插床应选择背风向阳，靠近水源及管理方便的地方，使用塑料大棚或小拱棚覆盖育苗。插壤以通气、保湿和排水性能良好的壤土、河沙和蛙石(1:1:1)混合使用，用 1%福尔马林溶液消毒。

2.2.2.1 种条选择

种条应选择生长快、干形通直，无病虫害的优良母树上 1-2 年生枝条，最好是 1 年生的苗干，粗度 1cm 左右，秋末落叶后采集，冬季沙藏，以备春季扦插之用。扦插前将种条剪成 10-15cm 长的插穗。

2.2.2.2 插穗处理

剪穗时要求剪口平滑，无机械损伤，上端平剪，下端斜剪呈马耳形，上剪口离芽 0.5-1cm，下剪口最好靠近下层轮芽基部，这样切口的面大，积累养分较多，有利于生根。一般每穗要保持 2-3 轮芽。

2.2.2.3 硬枝扦插田间试验设计

试验设计分为 3 种不同类型插穗，每种插穗 100 株。

不同类型插穗：插穗用奈乙酸 100 mg/L 浸泡 24 h、在 25℃的温室中用清水浸泡 5-7d 后扦插及对照（直接扦插）。

2.2.2.4 扦插

硬枝扦插以春季为好，在土壤刚解冻，芽子未萌动前的 3 月下旬扦插，入土深度以刚露出上部芽子为准，密度以 10cm×15cm，扦插完立即灌足底水，覆盖塑料薄膜。

2.2.2.5 测定指标

愈合率：即愈伤产生率，是指产生愈组织的株数占所扦插株数的百分比。

成活率：指扦插后成活的株数占所扦插株数的百分比。

生根率：指扦插后已形成根系的株数占所扦插株数的百分比。

2.2.2.6 扦插后管理

插后的管理主要是调节和控制塑料棚内插床的温度、湿度，插穗从萌芽-愈合-生根3个阶段，需要20-25℃的地温和85%—90%的相对湿度。以满足插穗生根所需条件。从扦插覆膜至生根，约50-60d时间就可揭膜，然后进行苗木移栽。

2.3 楸树的组织培养试验

2.3.1 材料来源

楸树优株选用引进的河南省林科院2002年审定的楸树良种“豫楸一号”。该品种兼有园林绿化、珍贵优质用材及速生丰产三大特点。

2.3.2 材料处理

于春季初(2005年2月23日)，剪取未萌发的一年生楸树健壮枝条，带回室内进行水培(见附图10和附图11)，室内温度保持25℃左右，24小时换水1次，待休眠芽长出带叶嫩茎时(10d左右)，再将其嫩茎做外植体进行组培。

2.3.3 试验方法

第1阶段腋芽的诱导(见附图12)：去掉外植体的小叶的嫩茎，用75%的乙醇进行表面消毒30~35s，无菌水冲洗1次，然后用0.1%的HgCl₂分别浸泡4min左右，充分摇匀。再用无菌水冲洗4~6次后，切除与药液接触的伤口部位，将嫩茎剪成2cm左右带腋芽茎段或顶芽，将其接种于诱导培养基上。

第2阶段增殖培养：当接种于诱导培养基上的不定芽并长出3~4片小叶时，剪取上部茎尖接种于分化培养基上进行。

第3阶段生根及移栽：将增殖培养获得一定数量的不定芽，再将不定芽切下(可进行继代培养或)转入生根培养基中进行生根培养，待试管苗生出3~5条以上健壮根，苗高3-4cm左右时即可移栽到温室中。

2.3.4 培养基

诱导培养基：

A、MS+6-BA0.8+IBA0.1mg·L⁻¹

B、MS+6-BA0.8+NAA0.05mg·L⁻¹

C、MS+6-BA0.8+IBA0.1mg·L⁻¹+NAA0.1 mg·L⁻¹

增殖培养基：

Z1、N6+6-BA1.5+NAA0.0008mg·L⁻¹

Z2、N6+6-BA1.5+NAA0.0012mg·L⁻¹

Z3、N6+6-BA1.5+NAA0.0016mg·L⁻¹

Z4、N6+6-BA1.5+NAA0.0020mg·L⁻¹

Z5、N6+6-BA1.5+NAA0.0024mg·L⁻¹

生根培养基

a.1/2MS+IBA0.5mg·L⁻¹

b.1/2MS+NAA0.8mg·L⁻¹

以上所有培养基 pH 均调整至 5.8。

2.3.5 培养条件

培养室内光强约 2000Lux，光照 14hr/d，温度 24-25℃。

第三章 结果与分析

3.1 楸树嫁接试验

3.1.1 嫁接人员对嫁接成活率的影响

表 3-1 嫁接人员对嫁接成活率的影响调查表

技术人员	调查株数	成活株数	成活率/%
A	100	87	87
B	100	79	79
C	100	90	90

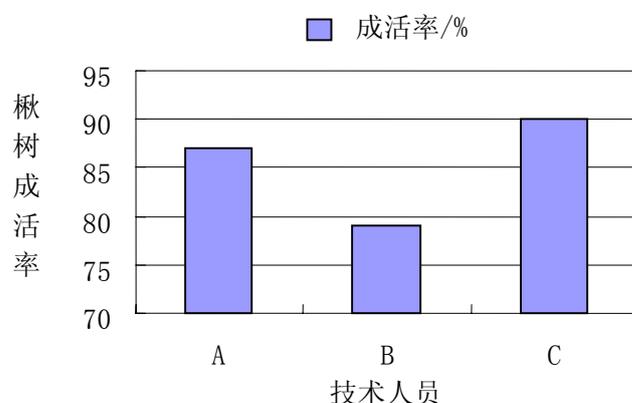


图 3-1 技术人员与楸树成活率关系

由表 3-1 可以看出,不同嫁接人员之间,楸树的嫁接成活率由最低的 79%到最高的 90%,差距达 11 个百分点。但是,由高到低相近两之间的差距却不大,均低于 10 个百分点。不同嫁接人员对楸树的嫁接成活率平均值,经统计为 85.33%,这不仅说明引进的楸树比较繁殖,而且,在进行楸树的嫁接过程中,只要对嫁接人员进行适当的技术培训,均可用于楸树的嫁接。图 3-1 是嫁接技术人员与楸树成活率关系的直观图,可以清楚的看出: C 技术人员对楸树的嫁接成活率高、A 次之、B 最低。

由于不同嫁接人员对楸树的嫁接是在同一条件下进行的,因此形成楸树的嫁接成活率的不同,主要原因是:他们对楸树嫁接技术要领不同、掌握操作熟练程度的不同等因素引起的。对于 B、A 嫁接人员从嫁接技术上再加以正确引导,完全可以提高他们的技术水平。伴随嫁接楸树数量增加和自我经验的吸取,那么操作熟练程度的提高是肯定无疑。这进一步说明,在西北农林科技大学渭河试验站引进的楸树良种“豫楸一号”比较繁殖,而且对同嫁接人员的培训比较容易。2005 年,我们在永寿、淳化等地对引进的楸树良种“豫楸一号”,进行了扩大繁殖试验,楸树的嫁接成活率经调查均在 80%以上。因此,初步我们确认,楸树良种“豫楸一号”可以在西部楸树分布区通过嫁接方式进行繁殖。

3.1.2 嫁接芽块形状对嫁接成活率的影响

表 3-2 不同芽块形状对嫁接成活率的影响调查

形状	调查株数	成活株数	成活率/%
a	100	90	90
b	100	88	88
c	100	85	85

由表 3-2 不同芽块形状可以看出，不同芽块形状对楸树的嫁接率影响，由高到低为 a>b>c。成活率均在 85%以上，差异更小，进而说明，芽接时只要按照不同的方法要求进行操作，楸树芽接是很容易成活的。

3.1.3 砧木直径的大小对嫁接成活率和苗木生长的影响

对楸树嫁接按砧木直径的大小不同调查情况如表 3-3。

表 3-3 砧木直径的大小不同调查情况及变异系数

砧木直径 /cm	调查株数	成活株数	成活率 /%	平均高 /cm	平均胸径 /cm	苗高变幅/cm	变异系数 /%
小于 1	100	86	86	175	1.62	0.75-2.45	12.58
1-2	100	91	91	246	2.17	1.24-2.88	8.73
大于 2	100	89	89	255	2.26	1.17-3.46	14.26

注：变异系数/%=标准差/平均值×100

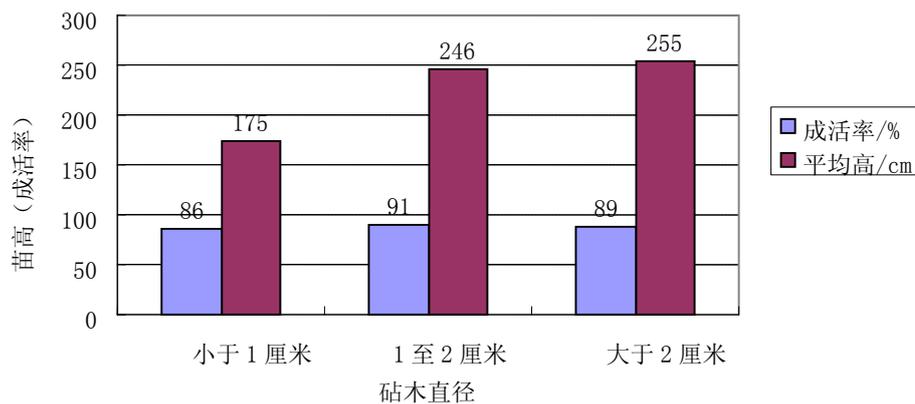


图 3-2 砧木直径与嫁接楸树 1 年生苗高（成活率）关系

由表 3-3 和图 3-2 可以看出，楸树嫁接因砧木直径的大不同各项调指标均有所不同。在成活率方面，砧木直径 1-2cm 的成活率最高为 91%，小于砧木直径小于 1cm 成活率最低为 86%，整体成活率变幅在 86-91%之间，这说明砧木直径 1-2cm 时最有利于楸树嫁接，砧木直径大于或者小于 1-2cm 时，楸树嫁接成活率均将会有所降低；在平均高（平均胸径）方面，随着砧木直径的增大嫁接苗平均高增高（平均胸径增

加), 平均高变幅 175-255cm (1.62-2.46 cm) 之间, 经统计总体苗木平均苗高为 225 cm; 苗高变幅方面, 砧木直径小于 1cm 时变幅为 0.75-2.45cm, 砧木直径在 1-2cm 时变幅为 1.24-2.88cm, 砧木直径大于 2cm 时变幅为 1.17-3.46cm, 苗高总体变幅在 0.75-3.46cm 之间。由以上可以分析不仅可以看出, 随着砧木直径增大, 嫁接苗平均高、平均胸径及苗高变幅随着增加, 还进一步说明砧木直径的大小是影响嫁接苗平均高、平均胸径及苗高的主要因素,

变异系数是反映单位均值上的离散程度。由表 3 还可以看出, 在楸树嫁接试验中, 砧木直径大于 2cm 时苗高变异系数最大为 14.26%, 砧木直径小于 1cm 时苗高变异系数次之为 12.58%。砧木直径在 1-2cm 时苗高变异系数最小为 8.73%。这说明砧木直径在 1-2cm 时, 嫁接的楸树苗木整齐、规格较为统一、有利于集约生产和管理。

总之, 根据以上分析可知, 楸树嫁接受砧木直径的影响较大。尤其表现在苗高、成活率等方面。砧木直径在 1-2cm 时苗高变异系数最小, 而此时的嫁接成活率最高, 可作为最佳的嫁接砧木直径要求。

3.1.4 楸树嫁接试验小结

嫁接育苗是用梓树播种苗做砧木嫁接而成, 梓树嫁接苗适应性强, 生长快, 而且表现了很好的抗逆性和遗传品质。于 2004 年春季在陕西周至县渭河试验站, 对引进河南省林科所 2002 年审定的楸树良种“豫楸一号”, 通过引进种条进行扩大繁殖: 采用带木质部芽接的方法繁殖 2000 株, 成活率达 90%以上, 株行距 20 cm×30cm, 一年生平均苗高 2.5m, 平均地径 2.3cm。嫁接时间以春季树液流动前 (陕西关中 3 月中旬) 为好, 一般采用芽接, 经济实惠。

3.1.4.1 楸树的种条要求

种条必须直径在 1-2cm 以上, 而且芽子饱满。长途运输时先将种条用清水浸泡 24 小时左右, 再用塑料袋包装好, 以免种条失水。引进时间最好在秋末至次年早春期间, 因为此时芽子处于休眠状态, 芽小不易损伤, 便于长途运输。

3.1.4.2 楸树的芽接关键技术

因为的楸树和梓树亲和能力强, 愈合快, 单芽贴接效果好。嫁接时在砧木的北面选择光滑部位, 要求切面平滑深达木质部, 芽片与砧木上的削口大小相同, 以保证形成层密接。同时特别注意露出接芽, 用塑料条将嫁接切面周围包扎严密。

3.1.4.3 砧木及楸树壮苗

危害楸树的病虫害较多主要有十几种, 目前对楸树造成危害最大的是楸螟。因此, 对引进的楸树要求生长健壮、芽子包满, 必须没有任何病虫害。

生长健壮的砧木是楸树壮苗的基本保证。因此在砧木 (梓树) 苗的培育时, 必须做好楸树根结线虫病化学防治工作。苗期根结线虫病防治, 以 15%铁灭克和 40%甲基异柳磷效果 (每株 0.8g) 最好, 3%呋喃丹 (每株 0.8g) 较好, 成本低且药源充足, 其它药剂均有

一定防治效果。防治该病的关键是掌握 2 龄幼虫的发生时期，即在 2 龄幼虫刚开始孵化还未侵入到根部之前防治，一旦幼虫侵入进根内，防治将收不到明显效果^[60]。

3.2 楸树扦插试验

3.2.1 嫩枝扦插

激素处理与楸树嫩枝的关系见表 3-4。

表 3-4 激素处理与楸树嫩枝的关系调查统计表

激素种类 浓度 (mg·L ⁻¹)	扦插 数量	单株平均 生根数(条)	成活率 (%)	平均根长 (cm)	平均苗高 (cm)
NAA500	120	10	43	14	34
NAA300	120	20	37	28	43
NAA100	120	19	30	12	32
ABT500	120	12	33	13	28
ABT200	120	18	38	22	55
ABT100	120	16	55	27	54
ABT50	120	16	51	25	56
对照	120	10	14	10	25

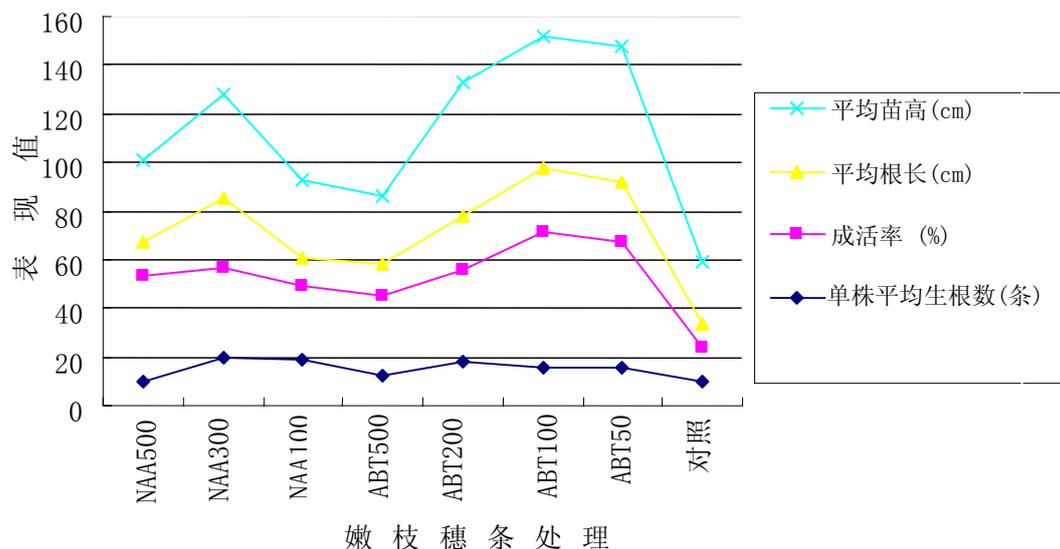


图 3-3 嫩枝穗条处理与各指标关系直观图

3.2.1.1 激素种类及浓度对生根数的影响

由表 3-4 和图 3-3 可以直接看出，在不同的激素及不同的浓度激素处理中，YONG 用 NAA300mg·L⁻¹ 处理的穗条对单株平均生根数的影响最大，其平均单株平均生根数为

20 条，其它处理均大于对照 10 条。ABT 的浓度在 $50-500\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时单株平均生根数变幅在 12-18 条之间。这说明用 NAA 和 ABT 激素处理穗条对楸树的嫩枝扦插生根的具有明显的促进作用，尤其是 $\text{NAA}300\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{NAA}100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $\text{ABT}200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 对楸树的嫩枝穗条的处理。

用不同激素及不同浓度激素处理嫩枝穗条对单株平均生根数(条)影响不同，如图 3-3 中的单株平均生根数线所示。按照激素处理嫩枝穗对单株平均生根数的影响由多到少依次顺序排列为 $\text{NAA}300>\text{NAA}100>\text{ABT}200>\text{ABT}100(\text{ABT}50)>\text{ABT}500>\text{NAA}500>$ (对照)。

3.2.1.2 激素种类及浓度对成活率的影响

由表 3-4 可以看出，用 NAA 处理穗条对楸树嫩枝扦插成活率变幅为 30-43%，平均值为 36.67%；用 ABT 处理穗条对楸树嫩枝成活率变幅为 33-55%，平均值为 44.25%。由此可见，用 ABT 处理穗条比 NAA 处理穗条对楸树嫩枝扦插成活率较大的促进作用，平均值高出 7.57%。图 3-3 中的成活率曲线，可以直观的看到这一点。尤其是用 ABT100 处理楸树嫩枝穗条成活率影响最大，它使楸树嫩枝成活率达到 55%。由于对照穗条枝穗条未经激素处理，所以试验结果所取得楸树嫩枝穗条成活率值最低。因此可以得出：在楸树的嫩枝扦插中，激素处理楸树嫩枝穗可以大大提高楸树嫩枝扦插成活率。由于不同激素及不同浓度激素处理对楸树嫩枝穗条，对树嫩枝扦插成活率影响不同，在本试验中，按照它们对成活率影响，由大到小依次顺序排列为： $\text{ABT}100>\text{ABT}50>\text{NAA}500>\text{ABT}200>\text{NAA}300>\text{ABT}500>\text{NAA}100>$ 对照。

3.2.1.3 激素种类及浓度对平均根长和平均苗高的影响

由表 3-4 可以出，用 NAA 处理的楸树嫩枝插穗平均根长影响变幅为 12-28cm，平均值为 17cm；用 ABT 处理的楸树嫩枝插穗平均根长影响变幅为 13-25cm，平均值为 22cm。在平均苗高方面，用 NAA 处理的楸树嫩枝插穗平均苗高影响变幅为 34-43cm，平均值为 36cm；用 ABT 处理的楸树嫩枝插穗平均苗高影响变幅为 28-56cm，平均值为 48cm。通过以上比较可以得出：无论从平均根长和平均苗高平均值来看，用 ABT 处理的楸树嫩枝插穗比用 NAA 处理的楸树嫩枝插穗要高。此外，由图 3-3 嫩枝穗条处理与各指标关系直观图，可以清楚的看到：激素种类及浓度对平均根长和平均苗高的影响趋势分布，用 $\text{ABT}100\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理的楸树嫩枝插穗，苗木平均根长和平均苗高均达到最大值。由此可知，无论从平均根长和平均苗高的而言，用 ABT 处理的插穗苗木平均根长和平均苗高均好于 NAA 处理的插穗，且远好于对照。

表 3-5 为楸树嫩枝扦插各项目指标的相关性分析表。

表 3-5 楸树嫩枝扦插相关性分析

项目指标	成活率	生根数	平均根长	平均苗高
成活率	1.0000	0.2900	0.6200	0.5600
生根数	0.2900	1.0000	0.73*	0.78*
平均根长	0.6200	0.73*	1.0000	0.87**
平均苗高	0.5600	0.78*	0.87**	1.0000

注：* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

3.2.1.4 楸树嫩枝扦插育苗试验小结

由以上分析可知, ABT1 号生根粉不仅能促进愈伤组织的产生, 而且能明显提高插条生根率, 有营养生根的作用。从根系生长状况看, ABT1 号生根粉处理的插穗, 40d 后平均生根 15 条, 它对楸树嫩枝成活率可达 55%, ABT 对楸树嫩枝平均根长平均值为 22 cm。因此, 楸树嫩枝扦插育苗采用 ABT100 效果较好。

本次试验采用塑料大棚内人为调控温湿度, 受季节和天气的影响较大。为给生根创造有利条件, 在夏季气温高时, 要特别注意喷水降温 and 通风。楸树嫩枝扦插育苗一般 15d 左右抽条, 20d 左右开始生根, 2 个月时生根数可达 20 条左右、根长 25cm 左右、苗高 50cm 左右。扦插时, 如果采用适合的株行距和扦插基质, 扦插苗的成活率及各项指标均会提高。

3.2.2 硬枝扦插

3.2.2.1 硬枝扦插穗条处理

插穗直接用奈乙酸 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浸泡 24 h 和在 25°C 的温室中用清水浸泡 5-7d 后扦插。其结果见表 3-6。

表 3-6 不同处理对楸树硬枝扦插的影响

处理方法	扦插数量 (株)	愈合率 (%)	生根率 (%)	成活率 (%)	平均苗高 (cm)
奈乙酸 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	100	89	76	71	45
25°C 的温室	100	81	62	55	41
对照	100	67	43	36	32

3.2.2.2 不同处理对楸树硬枝扦插的影响

由表 3-6 可以看出, 不同的处理方法对楸树硬枝扦插的影响均不相同。其中直接用奈乙酸 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的硬枝插穗各指标 (包括愈合率、生根率、成活率、平均苗高等方面) 均高于 25°C 的温室处理的插穗各指标。这说明, 用奈乙酸和 25°C 的温室对插穗的处理效果明显好于对照。这主要是因为奈乙酸能促进愈伤组织较早地产生, 25°C 的温室对插穗的处理能提前解除细胞的休眠状态。而对照未经处理, 在三月份常温下温度

较低，解除细胞的休眠状态较迟。从而引起以上的差异。

由表 3-6 还可以得出，楸树的硬枝扦插在上述的处理方法中：愈合率变幅在 67-89% 之间；生根率变幅在 43-76% 之间；成活率变幅在 36-71% 之间；平均苗高用奈乙酸 $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理的插穗最高为 45cm，对照最低为 32cm。从图 3-4 可以更直观看出不同处理对楸树硬枝扦插试验各项指标的影响的趋势。从该图可一直观的看出：试验苗木的愈合率、

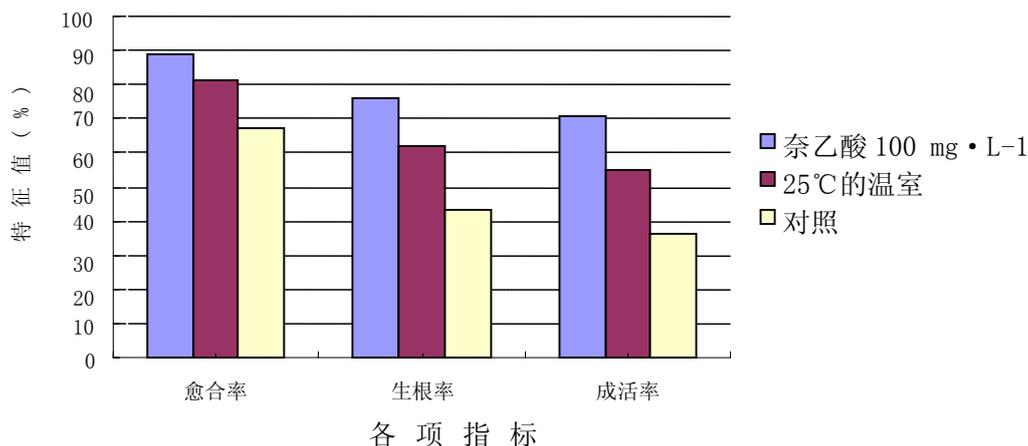


图 3-4 不同处理对楸树硬枝扦插试验各项指标的影响直观图

成活率及生根率它们依次成递减关系；不同的处理方法对对楸树硬枝扦插试验各项指标影响程度不相同，试验苗木的愈合率、成活率及生根率它们依次成递增关系。

总之，楸树的硬枝扦插，用奈乙酸 $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理的硬枝插穗效果最好；通过 25°C 的温室处理的插穗次之；对照最差。通过楸树硬枝扦插试验观测可知，一般在平均气温 $20\text{-}25^\circ\text{C}$ 时，10d 左右产生愈合率，15-20d 产生根系，1 月时成活率基本稳定，1 年生苗高最高可达 1m 左右。

3.3 楸树的组织培养

3.3.1 不同培养基对诱导芽的影响

采用 3 种不同的诱导培养基进行了楸树芽的诱导（见附图 11 和 12），15d 时调查结果如表 3-7。

表 3-7 不同培养基对诱导芽的影响

培养基	接种数/ 个	芽长 2cm 以上 /个	芽长 1-2cm /个	芽长 0.5-1cm /个	芽长 0-0.5cm	诱导芽数 /个
A	30	3	5	9	27	44
B	30	6	3	6	6	21
C	30	0	2	4	5	11

由表 3-7 可知，不同的诱导培养基对诱导芽的长度和数量影响很大。从诱导芽数量上主要表现为：培养基 A 诱导芽数的总数为 44 个，培养基 B 诱导芽数的总数为 21 个，

培养基 C 诱导芽数的总数为 11 个。从诱导芽的长度上主要表现为：芽长 2cm 以上培养基 B 比培养基 A 多 3 个，培养基 C 没有芽长在 2cm 以。

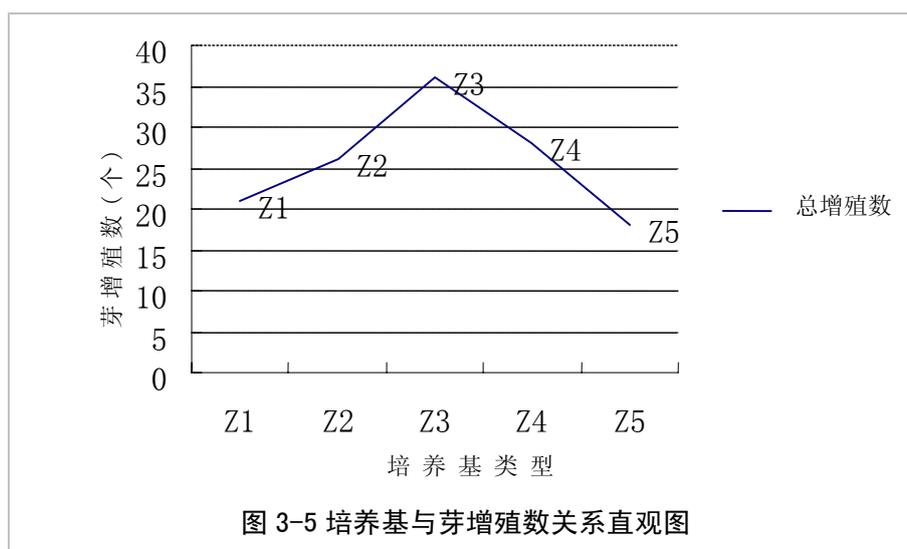
由以上表现可以看出，不同的诱导培养基是影响上述结果的关键。外植体在三种诱导培养基上均能被诱导，但诱导芽数因激素不同相差悬殊，其中诱导培养基 A MS+6-BA0.8+IBA0.1 mg·L⁻¹ 的效果最佳，培养基 C 效果最差。

3.3.2 不同增殖培养基对增殖芽的影响

在无菌条件下，将诱导的腋芽茎尖（1.5-2cm）切下并立即接种于 Z1-Z5 培养基中。30 天左右统计结果见表 3-8。

表 3-8 不同培养基对增殖芽的影响调查表

编号	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
接种数 (个)	5	5	5	5	5
总增殖芽数	21	26	36	28	18



由表 3-8 及图 3-5 可以看出，培养基 Z3 (N6+6-BA1.5+NAA0.0016mg·L⁻¹) 是最佳的增殖培养基，它诱导的总增殖芽数，为 36 个；相反，Z5 (N6+6-BA1.5+NAA0.0024mg·L⁻¹) 作为增殖培养基，诱导的总增殖芽数最少，为 18 个。在增殖培养基的成分中，由于 N6+6-其它成分用量相同，而仅 NAA 的浓度变化，因此说明，NAA 的浓度变化是影响诱导的总增殖芽数最直接的因素。从图 3-5 还可以直观看出，NAA 的浓度变化引起的总增殖芽数变化的趋势。按照不同培养基对增殖芽的影响由多到少依次排列顺序为：Z3>Z4>Z2>Z1>Z5。

3.3.3 不同生根培养基对芽生根的影响

表 3-9 不同培养基对生根的影响

编号	a	b
接种数	30	30

生根数天数	10	20
生根数	28	24
生根率	93%	80%
是否转接	否	是

增殖培养培养约 30d 左右形成的芽丛,把芽丛长度小 1cm 的可切割后再转继代培养,把较长芽 (1-2cm) 可转至生根培养基 a、b 上 (见附图 14)。试验采用两种生根培养基,生根率都很高,说明楸树的茎芽生根很容易。

由表 3-9 可以看出,从根系发育来看,IBA 用作生根激素比 NAA 更好,一般 4-5d 即开始生根,10d 内 93%生根。而 NAA 的生根培养基 5-7d 根产生根源基,再转入 N6 基本培养基上 5-8d 内 80%生根,15-20d 时芽也可长到 3-6cm 左右 (见附图 15)。

3.3.4 组织培养苗木移栽

即当生根后的苗木超过 5cm 以上时,及时移栽到温室中。移栽时洗去琼脂,移植到沙壤基质上,用薄膜覆盖保湿。移植后前几天适当遮荫,勤喷水,10d 后可揭去薄膜进行常规管理。楸树的生根苗移栽比较容易,成活率达到 95%以上。

3.3.5 组织培养试验小结

3.3.5.1 在增殖培养中研究中发现,用 N6 增殖培养基时:当 NAA 浓度在 0.0025-0.01 mg·L⁻¹ 时,随着浓度的增大而芽的增殖数降低,甚至不增殖;当 NAA 浓度超过 0.01 至 0.5 左右,芽不但不增殖,且芽的高生长停止发育。

3.3.5.2 通过对楸树组培试验结果以及相关组培研究表明:楸树增殖培养是关键,而增殖培养以 N6+6BA1.5+NAA0.0016 mg·L⁻¹ 为最佳,从经济上 NAA 也比 IBA 实惠。

3.3.5.3 通过生根培养基对芽生根的比较可以看出,生根培养基 a 不通过转接且生根率高,因此生根培养基 a 比生根培养基 b 更节省时间更实用。

总之,通过组织培养试验可以得出,本次试验虽然在楸树芽的诱导方面,通过实验分析初步确定了诱导培养基 A MS+6-BA0.8+IBA0.1 mg·L⁻¹,是最佳诱导培养基。在楸树芽的增殖培养方面,选出了最佳增殖培养。在组织培养苗木移栽方面,获得一定的实践经验。但我们实验中还存在着不少问题未解决,例如:楸树芽的诱导方面,诱导的芽数太少;楸树芽增殖方面,增殖培养基的成分较为单一等等。因此,对于楸树的组织培养试验有待于进一步改进提高,为扩大楸树资源和楸树工厂化生产提供理论依据。

第四章 结论与讨论

4.1 结论与讨论

4.1.1 结论

本论文在前人对楸树繁殖研究经验的基础上,结合由陕西省林业厅下达、陕西省林业研究中心承担的“楸树良种选育研究”项目,针对对楸树的无性繁殖技术,主要楸树的从嫁接、扦插及楸树的组织培养等方面进行了系统研究。主要研究结果如下。

1. 通过在西北农林科技大学渭河试验站、渭北地区引进区域试验,河南省林科所2002年审定的楸树良种“豫楸一号”优良品种,适宜在陕西关中及渭北地区栽培。

2. 楸树良种引进要求种条必须直径在1-2cm以上,而且芽子饱满。长途运输时先将种条用清水浸泡24小时左右,再用塑料袋包装好,以免种条失水。

3. 楸树的嫁接以楔形芽块芽接效果最好,嫁接时间以春季树液流动前(陕西关中3月中旬)为好。砧木直径1-2cm最好,株行距20cm×30cm,一年生平均苗高2.5m,平均地径2.3cm。

4. 楸树的嫁接技术操作简单、容易成活,一般成活率均在85%以上。因此,在进行楸树的嫁接过程中,只要对嫁接人员进行适当的技术培训,均可用于楸树的嫁接。

6. 楸树嫩枝扦插用NAA处理插穗,成活率平均值为36.67%;用ABT处理插穗,成活率平均值为44.25%。可见,ABT较NAA效果好,尤其是用ABT100处理插穗,对楸树嫩枝扦插成活率影响最大,它使楸树嫩枝扦插成活率提高到55%。

7. 楸树的硬枝扦插成活率变幅在36-71%之间,平均苗高以直接用奈乙酸100mg·L⁻¹处理的插穗最高为45cm。

8. 楸树的组织培养:以诱导培养基(1)MS+6-BA0.8+IBA0.1mg·L⁻¹的效果最佳;最佳的增殖培养基是③N6+6-BA1.5+NAA0.0016mg·L⁻¹;生根培养基a比生根培养基b更节省时间更实用。

4.1.2 讨论

本试验以楸树的无性繁殖技术为研究,主要涉及楸树无性繁殖技术中的嫁接、扦插和组织培养等方面内容。通过试验研究,为陕西关中地区楸树资源的扩展,提供较为系统的无性繁殖技术理论依据。同时,通过以上试验得出,楸树快速繁殖的最佳方式为芽接。因为芽接技术简单、成本的、成活率高及易掌握等优点。

本研究尽管初步建立楸树的无性繁殖技术体系,为楸树的快速繁殖奠定了技术基础。但与大规模应用生产还有一段距离,目前研究涉及到楸树的无性繁殖技术研究方面的部分内容,尤其在楸树的良种推广方面还尚存不足之处。在今后的工作中,一方面需要对楸树的无性繁殖技术体系完善,另一方面更深层次扩大无性繁殖技术与推广,

最终形成较为全面的无性繁殖技术理论体系。

目前，在楸树的无性繁殖中,除扦插、嫁接、组织培养之外,还有带根压条、埋条、根繁以及分株等方法。这些方法中,以组织培养繁殖速度最快,繁殖系数最高,适于工厂化育苗及珍稀、濒危树种的繁殖,但相应投资大,成本高,技术性强,需有温室等一系列配套设施。因此，我们有必要对楸树的无性繁殖技术做更全面的深入研究，为陕西乃至我国西北地区提供切实可行楸树的无性繁殖技术。

由于楸树研究工作起步较晚，目前的研究成果尚具有局限性，远不能适应林业大发展的需要，急需进一步扩大成果的推广范围，所以进行楸树无性繁殖技术理论研究和区域试验也势在必行。

总之，楸树是我国特有的珍稀用材及城乡绿化树种，也是陕西关中“四大金刚”乡土树种之一，为扩大楸树这一树种资源范围，就必须从楸树的繁殖研究着手，尤其是楸树的无性繁殖技术理论研究。

参考文献

- [1] 郭从俭等著. 楸树栽培[M].北京:中国林业出版社, 1988.
- [2] 王楠 发展楸树前景广阔[J]陕西林业 2005, 02: 40
- [3] 潘庆凯, 康平生, 郭明等著. 楸树[M] 北京:中国林业出版社.1991
- [4] 张锦 国粹楸树材貌绝伦[J]中国林业 2004.3B: 33
- [5] 王廷敞.科技引领生态建设[J]安徽林业 2003, 4: 5
- [6] 高新一,王玉英.植物无性繁殖实用技术[M].北京:金盾出版社,2003:1-8.
- [7] 沈熙环,编著.林木育种学[M].北京: 中国林业出版社,1990:89-90.
- [8] 陈益泰等,亚林科技[J],1985,2:1-7.
- [9] 王明休,主编.林木遗传育种学[M].北京: 中国林业出版社,2001:200-223
- [10] 赵勇刚,高克姝.论林木的无性繁殖及其应用[J].山西林业科技,1996,3:12-15.
- [11] 季孔庶,王章荣,陈天华,等.马尾松扦插的年龄效应及继代扦插复壮效果[J].浙江林学院学报,1999,16(4):341-345.
- [12] 王福森,许成启,温宝阳,等.银中杨扦插生根机理及无性繁殖技术研究[J].林业科技通讯,2001,7:5-8.
- [13] 张应中,赵奋成,李宪政,等.杂种扦插繁殖试验初报[J].广东林业科技,1999,15(3):1-8.
- [14] 秦国峰.马尾松嫩枝扦插繁殖[J].林业科学研究,1994,(7):91-101.
- [15] 张全仁.马尾松扦插繁殖技术的研究[J].中南林学院学报,1993,13(1):1-7.
- [16] 季孔庶,王章荣,陈天华,等.马尾松扦插的年龄效应及继代扦插复壮效果[J].浙江林学院学报,1999,16(4):341-345.
- [17] 翟应昌.澳大利亚、新西兰林木无性繁殖的进展[J].广东林业科技,1987,(6):18~22.
- [18] 龙启德,张玉奇,朱忠荣.南方山区银杏无性系繁殖试验研究[J].贵州林业科技.2000,28(3):11-17.
- [19] 刘本大,等.白榆嫩枝扦插技术[J].林业科技通讯,1994,(10):21-22.
- [20] 潘志刚,陈斌.国外松(加勒比松、杂交松、湿地松、火炬松)扦插繁殖技术和采穗圃的营建[J].热带林业,1999,27(4):159-161.
- [21] 王福森,许成启,温宝阳,等.银中杨扦插生根机理及无性繁殖技术研究[J].林业科技通讯,2001,(7):5-8.

- [22] 刘玉芹,王震星,张磊,等.北海道黄杨扦插繁殖的研究[J].天津农学院学报,2001,8(4):6-10.
- [23] 黄运平,谭监锡.峨嵋含笑嫩枝扦插繁殖技术的研究[J].湖北林业科技,1998,2:17-18.
- [24] 罗建勋.英国西加云杉和落叶松的无性繁殖[J].世界林业研究,1997,3:60-65.
- [25] 周彬,李连海,张铁奇,等.山槐嫩枝无性繁殖技术的研究 [J] 辽宁林业科技,1998,(1):4-7.
- [26] 潘瑞炽,李玲.植物生长发育的调控[M].广东:广东高等教育出版社,1995.
- [27] 胡炳荣,宋秀柏,赵丽毅.植物激素对赤柏松扦插生根影响的研究[J].现代化农业,2000,(6):14-15.
- [28] 赵勇刚,高克姝.论林木的无性繁殖及其应用[J].山西林业科技,1996,(3):12-15.
- [29] 季孔庶.植物生长调节剂对提高马尾松插穗生根率的效应[J].南京师范大学学报(自然科学版),1999,22(3):171-175.
- [30] 欧建德.水竹无性繁殖育苗技术的研究[J].江苏林业科技,2000,27(5):26-28.
- [31] 冷路绪,等.山楂改接梨试验初报.北京农业,1992,(10):15.
- [32] 张晓珊,姬宁,杨成华,等.贵州省湿地松、火炬松无性繁殖技术研究[J].贵州林业科技,1997,25(1):44-46.
- [33] 周日宝.湖南特有珍稀濒危植物绒毛皂荚营养繁殖的研究[J].湖南农学院学报.1994,84.
- [34] 吕保聚,徐虎智,梁润峰.美国黑核桃无性繁殖技术研究[J].林业科技开发,2000,14(4):17-18.
- [35] 陈哲明,等.板栗改良皮下接试验研究初报[J]林业科技通讯,1992,(9):24-26.
- [36] 刘勇.我国苗木培育理论与技术进展[J].世界林业研究,2000,13(5):43-49.
- [37] 邢永才,等.几种植物生长调节剂对核桃苗木芽接成活率的影响[J].果树科技通讯,1988,3:5-9.
- [38] 续九如,等.ABT生根粉在枣树嫁接中应用的研究[J].林业科技通讯,1992,(5):31-32.
- [39] 朱登云,蒋金火,裴德清,等.由杜仲成熟干种子胚乳培养再生完整植株[J].科学通报,1997,42(5):560~561.
- [40] 王秀松,胡东波,詹庆才.杜仲愈伤组织的诱导及植株再生的研究[J].西北林学院学报,1994,9(4):32~35.
- [41] 刘淑兰.核桃叶柄体细胞胚胎发生及其细胞学观察[J].北京农业大学学

- 报,1992,19(1):29~31.
- [42] 司马义·巴拉提,卡德尔·阿布都热西提,杨苗萌.巴旦杏快速繁殖技术的研究[J].植物研究,2001,21(1):79~83.
- [43] 郑晴霞,王凤翱.绒毛皂荚离体茎段培养及再生植株的细胞组织学研究[J].湖南农学院学报,1994,20(3):244~248.
- [44] 刘淑兰,韩碧文.核桃的离体繁殖[J].北京农业大学学报,1986,12(2):143~148.
- [45] 张川红,郑勇奇.加勒比松及其杂种的无性繁殖[J].世界林业研究,2001,14(5):14-20.
- [46] 郭从俭,张新胜,张万钦等 楸树速生丰产技术研究[J] 河南林业科技 1996, 1: 8-15
- [47] 涂忠虞,黄敏仁等 阔叶树遗传改良[M] 科学技术文献出版社 1991: 285-294
- [48] 郭从俭,张新胜,杨保森等 楸树优良无性系—窄冠1号的选择[J] 河北农业大学学报 1994, Vol.28, No.2:189-193
- [49] 梁明武 楸树嫩枝扦插繁育技术研究[J] 河北林业科技 2002, 5: 1-3
- [50] 张锦 楸树无性繁殖技术[J] 林业科技开发 2002, Vol.16, No.4:35-37
- [51] 丁米田,赵鲲 利用梓苗嫁接技术快速繁殖楸树良种[J] 河南林业科技 2002, Vol.22, No.2
- [52] 王瑞福,赵颖,乔勇进等 楸树的良种壮苗繁育技术探讨[J] 内蒙古林业科技 2003, 3: 51-52
- [53] 朱鹿鸣,金韵琴,栾永华等 楸树组织培养初报[J]江苏林业科技 1980, 3
- [54] 张振芬,张敦伦,李秀娣,赵克等 楸树组织培养技术的试验研究[J] 山东林业科技 1981, 4
- [55] 朱鹿鸣,金韵琴,栾永华等 楸树无根试管苗的诱导及扦插技术的研究[J] 林业实用技术 1982, 5:
- [56] 孟永红,李燕玲,杜克久等 楸树植株再生体系的建立[J] 河北林果研 2004, Vol.19, No.2:101-10
- [57] 杨培华,周永学,韩创举,刘永红等 楸树育苗技术[J]林业科技开发 2006, Vol.20, No.2:82-83
- [58] 韩创举,杨培华,樊军锋,刘永红等 楸树组培技术研究[J]西北林学学报 2006, Vol.21, No.2:80-81
- [59] [郭明,张艳梅. 楸树进城大有可为[J], 中国城市林业,2005, 6
- [60] 洪瑞芬,吴玉柱,季延平等 楸树根结线虫病化学防治研究[J] 林业科技通讯

1994,4:15-16

- [61] 韩恩贤,罗伟祥,赵辉等. 楸树育苗造林技术的研究[J]西北林学院学报
2002,17(1):19-23
- [62] W.J.Libby,1983,Proc, 19th Meeting, Part two, Canadian Tree Improvement
Association,1-11
- [63] Muhs H J. Policies regulations and laws affection clonal forestry. In: Ahuja,M.R. &
libby,W.J. (eds), Clonal Forestry: Genetics, Biotechnology and Application, Springer
Verlag, Heidelberg, 1991.
- [64] Zsuffa L. Concepts and experiences in clonal plantations of hardwood. In: Proceedings
19th Meeting CTIA, part2. Symposium on Clonal Forestry, Toronto, Canada, Aug.
22-26, 1983, Canadian Forestry, Service, Environ-ment Canada, ttawa, 1985:12-25.
- [65]Jarvis BC. Endogenous control of adventitious rooting in Nonwoody cuttings. New root
formation in plants and cutting (ed. By Jackon, M. B.) Martinus Nijhoffpublisher,
Dordrecht, 1986:191-222.
- [66] Ruichi P, Zgijia Z. Synergistic effect of plant growth retardants and IBA on the formation
of adventitious roots in hypocotyls cuttings of mung bean. Plant Growth Regul,
1994,(14):14-19.
- [67] Berlyn G P, Anoruo A O, Beck RC, et al. DNA content polymorphism and tissue culture
regeneration in Caribbean pine. Can J Bot,1987,(65):954-961
- [68] EI-Nil A, Mostafa M. Method for A sexual Reproduction of Coniferous Trees. US patent,
1981,No 4353184.
- [69] Becwar M R, Chesick E E, Handley III, et al. Method for regeneration of coniferous
plants by somatic embryogenesis, US patent, 1996,No 5856191.
- [70] Gupta P K,D J Durzan. Biotechnology of somatic polyembryogenesis and plantlet
regeneration in loblolly pine. Bio-Technology, 1987,(5):147-151.

致 谢

本论文是在导师张存旭教授的悉心指导下完成的，从论文的选题、试验设计到成文过程无不倾注着导师的大量心血。导师在学术方面严谨的治学态度令我在学习和工作上收益非浅，终生难忘。值此论文完成之际，谨向导师及他的家人致以最诚挚的谢意！

试验过程中，得到西北农林科技大学樊军锋副研究员和课题组杨培华，刘永红，张春霞等同志的支持和帮助，在此向以上老师、同志表示衷心的感谢！

最后，向所有指导、支持、帮助和关心我的各位老师、同学表示我最真挚的谢意！

韩 创 举

二零零七年十月

作者简介

韩创举，男，汉族，1968年10月出生，陕西户县人。1994年7月毕业于西北林学院林学系本科专业，获得农学学士学位。现在西北农林科技大学林学院工作。2003年进入西北农林科技大学攻读农业推广硕士学位。导师张存旭副教授，研究方向为林木遗传育种。

在读期间，以第一作者发表学术论文两篇：

楸树组培技术研究.西北林学院学报 2006,01:80-81

花旗松扦插中愈伤组织的形成. 林业科技开发 2007,01:78-80

附图



附图 2 砧木苗（左）和嫁接苗

楸树耐干旱、耐瘠薄，是荒山造林先锋树种。



附图3 楸树的干形



附图4 楸树的叶、花形态



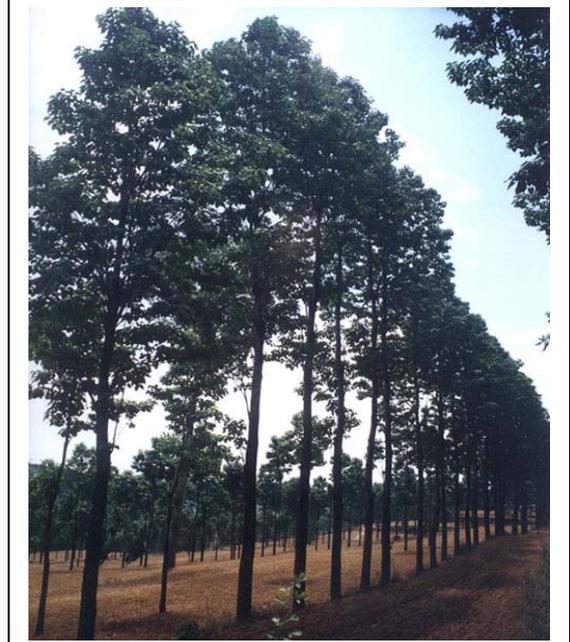
附图5 作为行道树的楸树



附图6 “豫楸一号” 1生嫁接苗



附图 7 楸树采穗圃



附图 8 楸树农林间作林



附图 9 楸树大棚扦插



附图 10 实验室内楸树水培



附图 11 楸树水培苗



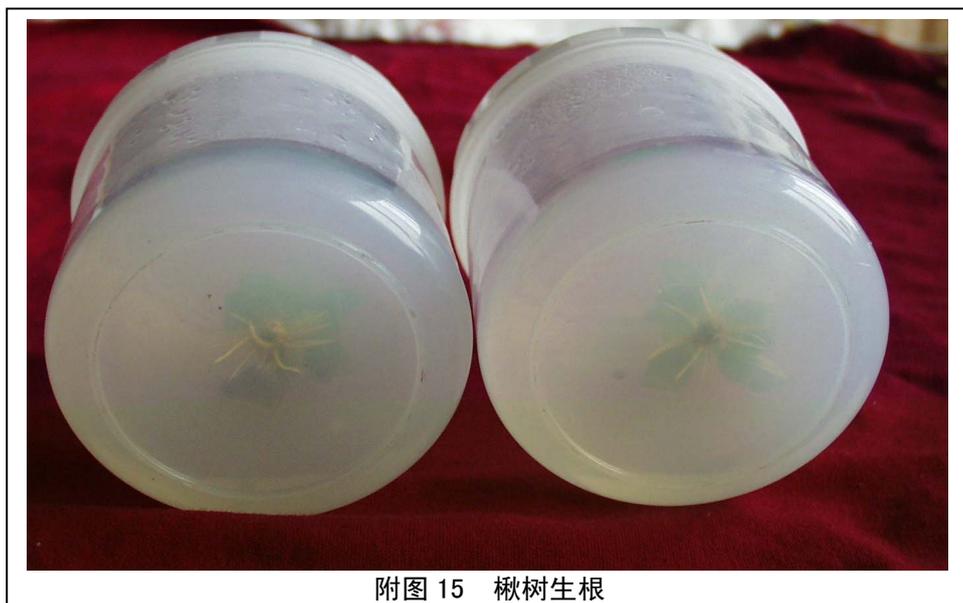
附图 12 楸树组织培养容器编号



附图 13 楸树组织培养 15 天时状态



附图 14 楸树生根培养



附图 15 楸树生根