

我国北方楸树资源 (*Sect. Sinocatalpa*) 繁育技术研究进展

仝伯强¹, 赵永军¹, 杨海平¹, 吴丹¹, 赵辉², 刘建华³, 王磊^{1*} (1. 山东省林木种质资源中心, 山东济南 250102; 2. 中国石油天然气股份有限公司山东东营销售分公司, 山东东营 257100; 3. 招远市自然资源和规划局, 山东招远 265400)

摘要 目前楸树繁殖的方式主要有种子育苗、嫁接、埋根、扦插、组培、体胚发生技术等几种。种子育苗(除去杂交育种外)、埋根作为一种传统的繁育手段, 已经逐渐被其他无性繁育手段代替。在无性繁殖手段方面: 嫁接和扦插在现阶段生产上表现出不可替代的优势, 是目前种苗繁育的重要策略, 但长远看来这2种手段仍然存在一定的问题。指出组培、体胚发生等新技术作为繁育技术的发展方向具有巨大的潜力, 但也存在一些技术性难点需要进一步解决, 同时, 还要着力解决好与生产环节衔接等方面的诸多问题。综合判断, 最终楸树繁育的最佳方式还是要走向体胚发生。

关键词 楸; 种子育苗; 嫁接; 埋根; 扦插; 组培; 体胚发生

中图分类号 S 723 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)14-0001-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.14.001



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress on Breeding Techniques of *Sect. Sinocatalpa* in Northern China

TONG Bo-qiang, ZHAO Yong-jun, YANG Hai-ping et al (Shandong Forest Germplasm Resources Center, Jinan, Shandong 250102)

Abstract The methods of *Sinocatalpa* breeding mainly include seedling, grafting, burying roots, cutting, tissue culture and somatic embryogenesis. Seed seedlings (except for cross breeding) and burying roots as traditional breeding methods have been gradually replaced by other asexual breeding methods. In terms of asexual reproduction: grafting and cutting have shown their advantages in current production, and are important strategies for seedling breeding. However, in the long run, there are still certain problems in these two methods. New technologies such as tissue culture and somatic embryogenesis have great potential as the development direction of breeding technology, but there are some technical difficulties that need to be further solved. Moreover, we must also focus on the problems of production transformation. Generally, the best way to breed *Sinocatalpa* in the future is somatic embryogenesis.

Key words *Catalpa*; Seed seedling; Grafting techniques; Burying roots; Cuttage; Tissue culture; Somatic embryogenesis

梓属(*Catalpa Scop.*)是 Scopoli 于 1771 年提出建立的, 目前全世界范围内有十多个种及多个变种、变型, 原产于美洲及亚洲, 欧洲等多有引种。现在主流的观点是将该属植物分成 2 个组: 一是大梓树组(section *Macrocatalpa*), 分布于西印度群岛, 包含 4 个种, 在全球范围内较少引种, 分别是 *C. brevipes* Urban, *C. longissima* Sims, *C. macrocarpa* Ekman 及 *C. purpurea* Griseb; 二是梓树组(section *Catalpa*), 分布于东亚和北美, 我国及美国原产和引种的共有 7 个种及变型, 包括楸(*Catalpa bungei* C. A. Mey.)、灰楸(*Catalpa fargesii* Bur form. *fargesii*)、滇楸(*Catalpa fargesii* Bur. form. *duclouxii* (Dode) Gilmour)、梓树(*Catalpa ovata* G. Don)、藏楸(*Catalpa tibetica* Forrest)、黄金树(*Catalpa speciosa* (Bamey) Warder ex Engelm.)、紫葳楸(*Catalpa bignoniodes*)。姚庆渭等^[1]于 1978 年提出将我国的梓属资源划分为 3 个组, 将楸、灰楸、滇楸等作为一个楸树组(*Sect. Sinocatalpa*)从梓树组(*Sect. Catalpa*)分离出来。2017 年 Olsen 等^[2]提出将楸、灰楸等并入楸(*Catalpa bungei* C. A. Mey.)。长期以来, 由于在形态特征、材性等方面的相似性, 人们习惯上将楸、灰楸、滇楸统称为楸树, 很少或者不予区分。考虑到楸树类繁育方式多有相近, 且从目前的文献来看, 研究的主体是楸、灰楸等北方资源, 笔者结合姚庆渭等^[1]、Olsen 等^[2]关于楸树的分类方法, 将楸树组内的资源统称为楸树, 就楸树繁育技术相关进展进行梳理, 为楸树进一步研究提供

参考。

1 种子育苗技术

种子育苗是最传统也是最直接的繁育方式。清代《三农记》中记载分殖楸树之法:“实熟收种熟土中, 成条, 移栽易生。”实际上在许多地方楸树只开花不结实或结实不正常, 过去北方地区几乎很少用种子繁殖, 原因就在于种子繁育仅依靠其自然授粉种实空瘪率高, 出苗率也比较低。随着人们对于楸树认识的提高, 人们希望能够改良楸树的某些品质, 也以杂交等方式做了一些摸索。1949 年后, 叶培忠等^[3]、江苏云台山林场^[4]开展了一些楸树种内、种间杂交促进结实的研究。之后很长一段时间, 实生繁育工作未见有新技术新思路等的报道。近期, 贾继文等^[5]采用常规杂交方法, 开展楸树与滇楸种间杂交育种, 对结实率、果实性状、千粒质量、有胚率、发芽性状及 1 年生株高、胸径等进行统计分析。从目前审定的品种和良种来看, 中国林业科学研究院等单位采用杂交方式选育出洛楸^[6]、楸丰^[7]等系列国审和省审良种, 取得了较好的效果。

对于种实发育机理的研究, 樊莉丽等^[8-9]运用荧光显微技术对楸树自交及种内、种间杂交亲和性进行了观察, 结果显示楸树自交不亲和, 而种内和种间杂交亲和; 其不亲和反应发生的最终位置在子房, 时间在合子形成前, 为合子前晚期自交不亲和类型。王改萍等^[10]针对楸树自交不亲和特性, 以不同产地的楸和滇楸花粉为对象, 研究了适合于花粉壁蛋白质提取的方法, 同时为筛选出楸树等 4 个树种花粉离体培养的适宜条件, 以花粉萌发率和花粉管长度为指标, 研究了培养时间、培养温度、液体培养基 pH、蔗糖浓度和 PEG-

基金项目 山东省农业良种工程项目(2016LZGC038)。

作者简介 仝伯强(1979—), 男, 山东郓城人, 高级工程师, 从事林木种质资源研究。*通信作者, 工程师, 在读博士, 从事林木种质资源研究。

收稿日期 2019-04-01

4000 浓度对几种楸树花粉和梓树花粉离体萌发的影响,为楸树种实发育研究提供了一些方法^[11]。在促进种实萌发方面,孙立峰^[12]以楸、梓树和黄金树的种子为材料,对其种实性状和种子品质进行了研究,并采用湖北种源的楸树种子研究了地表覆盖、温水浸泡时间、赤霉素处理对苗木出苗率和生长状况的影响。为促进楸的良种选育和种子快繁,秦霞等^[13]研究了不同光照条件对楸种子发芽率的影响,结果表明恒温条件下,种子发芽率与光照时数呈正相关,全光照楸种子的发芽率最高;种子发芽前期给予适当时间的黑暗处理,可大大提高种子的发芽率。这些研究为楸树种子繁育研究工作的推进做出了一定的贡献。但是关于种实繁育的自交不育机理等问题仍然需要进一步研究。

2 常规无性繁殖育苗技术

《齐民要术》中记载:“楸既无子,可于大树四面,掘坑取栽之。方两步一根。”这是人们最早有意识地对楸树人工无性繁殖方法的记载。近代人们根据生产的需要,从实际出发分别采取嫁接育苗、埋根育苗、扦插育苗等几种方式。

2.1 嫁接育苗 嫁接育苗技术的报道最早见于山东蒙阴县^[14]。20世纪70—80年代研究增加^[15-16],嫁接方法有皮下接、劈接、根接、芽接等方式,嫁接采用的砧木都是梓树。这几种繁殖方式多是从生产的角度完成苗木扩繁。2002—2015年对楸树嫁接的措施性研究相对增多^[17-23]。王华荣等^[24]通过劈接、插皮接和带木质部芽接的多组重复试验,研究不同嫁接方法培育的苗木成活率和生长量,结果表明楸春季用带木质部芽接法培育的苗木成活率高、长势好。李文强等^[25]、戴秀芳等^[26]通过砧木年龄、砧木类型、接穗处理、嫁接方法的多组重复试验,研究不同嫁接方法培育的苗木成活率和生长量。对于楸树的良种繁育而言,以梓木为砧木,确实解决了楸树扦插繁育困难的问题,但是楸树良种选育工作一直在持续,而对于砧木一直未见有任何改良和配套措施的研究,最终导致梓树嫁接苗形成“小脚”现象并易衰退、易风倒,对楸树的发展也造成一定的损失和影响。鉴于梓树嫁接出现的这些问题,王廷敞等^[27]2009年提出要发展楸树自根苗,这为楸树长期培育提供了重要启示。

2.2 埋根育苗 明《农政全书》论述埋根繁殖楸树的方法:“春月断其根、茎于土,遂能发条,取以分种。”1949年以后,尤其是20世纪70年代开始,人们重新认识楸树,并将楸树作为我国重要的珍贵树种加以研究和利用。江苏云台山林场^[28]最先报道了埋根育苗的相关工作。潘庆凯等^[29]对采根时间、整地方式、栽根方法、浇水次数等关键性因子进行试验;研究人员分析了楸种根的粗度、长度,生长调节剂,地膜对育苗成活率、地径、高度的影响^[15,30-33]。埋根法基本上秉承了传统埋根育苗方法,从目前的研究进展来看,未有突破和改进,且插根的繁殖效率相对较低,已不是最有效的繁育方法。

2.3 扦插育苗 文献检索发现,扦插育苗技术的研究最早由费全成^[34]于1982年报道。之后很长一段时间扦插研究一直采用硬枝,但部分无性系硬枝扦插的生根率仍然较低,且硬

枝扦插繁殖系数也比较低。2002年开始出现嫩枝扦插的报道^[35-36],嫩枝扦插对生根率的提高具有较大帮助。2007年王顺才^[37]对几个不同类型楸从营养物质、内源性激素、活性酶等因素对生根的影响方面进行相关性分析。研究人员从楸树品种、类型、激素类型及其浓度等方面进行研究,发现不同无性系、不同家系、不同类型插穗间扦插生根率存在较大的差异^[38-42]。2008年梁有旺等^[43]研究不同取材部位、不同激素组合以及不同扦插时间对4个类型(品种)楸嫩枝扦插生根的影响,发现用楸树嫩枝的梢部、中部进行扦插生根效果较好;用1.0 g/L IBA和0.5 g/L NAA混合溶液处理生根效果最好;6月中旬是楸嫩枝扦插的最适时期;“圆基长果楸”和“豫楸1号”插条的生根能力较高,而“金丝楸”的生根能力较差。李永成等^[44]、张博等^[45-46]采用埋干的方式催发嫩枝,以嫩枝扦插优化繁殖效率,并提出基质对扦插生根的影响。张新宇^[47]发现不同磁化处理对楸树嫩枝扦插生根的促进作用有一定差异。目前,对于楸树生根统一的认识是楸树嫩枝扦插的生根类型属于混合生根类型^[47];楸树扦插的最优材料都是嫩枝;插穗部位、激素种类及浓度、基质对扦插成活率有一定的影响;但目前对楸树的扦插机理、关键控制技术还没有形成系统的理论体系。

3 组织培养技术

最早文献报道楸树组织培养是江苏省林业科学研究所^[48]。2006年韩创举等^[49]对楸的腋芽、不定根诱导培养基进行摸索。2008年傅玉兰等^[50]以楸树幼嫩茎段为材料,对组培初代培养阶段外植体无菌体系的建立和腋芽诱导影响因素进行了研究探讨。杨燕^[51]从筛选楸树各种外植体入手,通过带腋芽茎段直接器官发生途径和愈伤组织间接器官发生途径建立了2套较为完整的组织培养再生体系。刘小云^[52]针对楸优良类型“圆基长果楸”组织培养技术进行了摸索。于永明等^[53-55]于2011年研究稀土化合物LaCl₃对楸树组培苗生长的影响,结果表明LaCl₃对楸树组培苗生长有显著效应,继代培养适量质量浓度可促进茎段愈伤组织膨大,促进增殖芽的生长,提高增殖系数,但对增殖分化芽的诱导有明显的抑制作用;2012年对5个楸树无性系(004-1、1-3、2-6、015-1、1-4)进行组织培养比较发现,楸树不同无性系在芽增殖系数、增殖芽数、芽长、叶数、茎段基部愈伤组织横向膨大、茎段基部愈伤组织纵向膨大方面存在极显著差异;2014年研究卡那霉素、潮霉素对楸树组培苗生长的影响,以确定抗生素对楸树茎段分化与生根的敏感质量浓度。马玲玲等^[56]以“豫楸1号”为材料,研究了灭菌方法、基本培养基类型、激素浓度和取材时间对其茎段腋芽诱导的影响,并对外植体的采集时间提出建议。孟路等^[57]以“朝霞”楸带腋芽的茎段为材料,研究基本培养基、植物生长调节剂成分及含量对不定芽增殖及生根的影响,提出继代培养阶段,基本培养基类型是影响增殖系数的主要因素。

组培摆脱了环境变化以及灾害性气候的不利影响,条件均一,对植物生长极为有利,便于稳定地进行周年培养生产。但是组培需要一定设备及能源消耗,要发挥好其规模化优

势,需要产业链的配套和衔接。目前楸树组培苗的生产仍然较大程度上受限于市场,多数研究仍然处于实验室阶段而不能量产。

4 体胚发生技术

自从发现胚状体发生以来,国内外学者对多种植物胚状体的发生和发育过程及其机理进行了广泛的研究,揭示了植物胚状体发生、发育历程,影响因素及其发生机制,为体胚发生的应用提供了理论支持。严格意义上讲,体细胞胚胎发生技术属于组织培养的范畴,是一种组培技术,但是体胚发生技术是植物体细胞在人为可控条件下通过与合子胚发生类似的途径,发育成新个体的技术,具有巨大的无性繁殖潜力。目前国内外体胚发生技术,尤其是在针叶树类上已经比较成熟,正在向着纵深方向发展。江荣翠等^[58-59]以楸树近成熟种子子叶和下胚轴为外植体进行体细胞胚胎发生研究,观察了体细胞胚胎的发育过程,分析了不同生长调节物质对楸树体胚发生的影响,并探讨了滇楸体细胞胚胎发生和发育过程中形态学和解剖学特征及变化,对其发生和发育过程中的一些生理生化特性进行了初步研究。王长兰等^[60]采用不连续聚丙烯酰胺凝胶电泳技术对楸树体细胞胚胎发生过程中的酯酶(EST)、过氧化物酶(POD)、淀粉酶(AMY)及ATP酶4种同工酶进行分析,表明4种同工酶与体胚发生具有密切关系,可以作为楸树胚性愈伤组织和体胚发生的重要标志。金玉佩等^[61]也做了类似的报道。孙政等^[62]用MS培养基对楸树幼嫩种子进行培养,诱导产生出3种类型的胚性愈伤组织和1种非胚性愈伤组织,以此作为试验材料,对可溶性蛋白、可溶性糖和游离脯氨酸的含量进行测定分析,研究楸树胚状体形成过程中3种类型胚性愈伤组织之间以及胚性愈伤组织和非胚性愈伤组织之间的生理生化差异。

传统生物技术正在向现代生物技术转化。作为现代生物技术的重要研究领域,体胚发生技术具有良好的应用前景。目前的研究更多的是处于试验和摸索阶段,要达到生产实用和产业化程度,除了一些关键技术的突破以外,还要解决其从实验室到大规模生产的许多中间技术环节。实现体胚生产的工厂化和自动化仍然有很长的路要走。

5 结论与展望

目前,北方楸树资源的繁育手段中,实生繁育主要用于种质创新以及新品种(良种)培育,而种苗繁育以及扩大生产尤其是良种或优良种质资源的繁育,几乎已经完全采用无性繁殖的方式。就楸树无性繁殖的现状而言,嫁接和扦插在生产上有着不可替代的优势,主要表现在操作简单、成本低、可迅速扩大生产等方面,在很长一段时间内,嫁接、扦插仍然是无性繁育的主要策略。但是,嫁接和扦插育苗也存在一些较为突出的问题。下一步研究方向应该关注:一是楸树生根机理研究,解决楸树扦插生根关键控制因素的问题。二是寻找普通梓树的替代砧木,培育速生、抗性强、与楸树良种匹配度高的砧木。而对于组培、体胚发生等新技术而言,确实存在巨大的优势和潜力,但是这些方法仍然存在一些技术性难点没有完全突破,而且在解决技术性问题的同时,也要着力解

决好与生产应用相衔接环节的诸多问题,所以这些新技术的推广可能还需要假以时日。但是随着国家资源林、储备林等建设的进行、珍贵树种发展战略的提出以及楸树国家创新联盟的成立,科研单位、高校、企业等人才、资源、资金的整合为楸树协同创新与成果转化提供了新模式、新载体,这些将极大地推动楸树产业化发展。

参考文献

- [1] 姚庆渭,黄鹏成.江苏省珍贵用材树种的研究——楸树属[J].热带林业科技,1978(3):18-19.
- [2] OLSEN R T, KIRKBRIDE J H. Taxonomic revision of the genus *Catalpa* (bignoniaceae) [J]. *Brittonia*, 2017, 69(6): 1-35.
- [3] 叶培忠,刘玉莲.促进楸树结实的研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),1980,4(1):116-121.
- [4] 南云台林场.楸树的种间杂交与无性繁殖试验[J].林业科技资料,1979(3):48-49.
- [5] 贾继文,王军辉,张金凤,等.楸树与滇楸种间杂交的初步研究[J].林业科学研究,2010,23(3):382-386.
- [6] 赵鲲,王军辉,焦云德,等.楸树杂交新品种——洛楸1号、洛楸2号选育报告[J].河南林业科技,2011,31(3):4-6,20.
- [7] 陈慧玲,王军辉,樊孝萍,等.楸树良种楸丰系列简介[J].湖北林业科技,2016,45(6):9,18.
- [8] 樊莉丽,彭方仁,王改萍,等.楸树自交及种内、种间杂交亲和性的细胞学观察[J].南京林业大学学报(自然科学版),2013,37(4):1-7.
- [9] 樊莉丽,彭方仁,周琦,等.楸树大小孢子发生与雌雄配子体发育的研究[J].西北植物学报,2011,31(3):431-438.
- [10] 王改萍,徐涛,樊莉丽,等.楸树花粉壁蛋白质提取及特异性[J].浙江农林大学学报,2016,31(1):65-70.
- [11] 王改萍,杨红宁,倪果果,等.楸树等4种梓属树种花粉离体培养条件的研究[J].植物资源与环境学报,2009,18(2):34-42.
- [12] 孙立峰.楸树、梓树、黄金树种子品质检验及播种育苗试验[D].南京:南京林业大学,2008.
- [13] 秦霞,杨红芳,张威,等.不同光照条件对楸树种子发芽率的影响[J].河南科技学院学报(自然科学版),2010,38(1):33-35.
- [14] 蒙阴县中山寺林场.楸树嫁接试验[J].林业科技资料,1977(1):33-35.
- [15] 宋海瑞,郭拾显.楸树无性繁殖壮苗技术[J].河南林业,1986(4):15.
- [16] 海阳县林科所,山西头乡林业站.楸树带木质部全包芽接技术[J].山东林业科技,1985(2):39-42.
- [17] 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(2):48.
- [18] 张兰.楸树嫁接育苗[J].林业实用技术,2002(8):24.
- [19] 杨培华,周永学,韩创举,等.楸树育苗技术[J].林业科技开发,2006(2):92-93.
- [20] 韩创举.楸树无性繁殖技术研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [21] 习心军.楸树播种和嫁接育苗技术研究[J].农村经济与科技,2011,22(1):40-41.
- [22] 孙成.楸树嫁接技术环节[J].安徽林业,2009(3):52.
- [23] 王慧娟,王亚敏,王兆.楸树嫁接繁殖应注意的问题[J].河北林业科技,2011(3):84.
- [24] 王华荣,王海亭,张国立,等.楸树不同嫁接方法对苗木成活率和生长量的影响[J].安徽农业科学,2007,35(30):9505.
- [25] 李文强,姜岳忠,张明哲,等.砧木、接穗和嫁接方位对楸树嫁接苗生长的影响[J].山东林业科技,2013,43(2):66-68.
- [26] 戴秀芳,赵秋玲,冯小芹,等.影响灰楸嫁接成活因素研究[J].甘肃林业科技,2013(2):17-19,46.
- [27] 王廷敬,冷国友.良种楸树自根苗是楸树发展的方向[J].安徽林业科技,2009(1):12-13.
- [28] 连云港市中山云林场,北固山林园.楸树埋根育苗[J].林业科技资料,1974,12(1):37-39.
- [29] 潘庆凯,刘本端.提高楸树栽根育苗成活率的几个关键[J].河南农林科技,1983(2):27-28.
- [30] 王建玉,王秋霞,景春华.楸树埋根育苗试验研究[J].绿色科技,2014(11):96-97.
- [31] 陈有志,姜仁溪.楸树种根催芽育苗[J].林业科技通讯,1986(3):26-27.
- [32] 郭从俭,钱士金,王团荣,等.楸树育苗技术研究[J].河南农业大学学报,1988(3):364-372.

2.3 高温催芽和赤霉素组合处理对薯块出苗数量和质量的影 通过表 3 对高温催芽和赤霉素组合处理对薯块出苗数和数量分析,结果表明经过赤霉素浸种后,再经过高温催芽后,薯块萌芽性大幅增加,而且赤霉素处理浓度也随降低,忻薯 2 号在赤霉素为 5 mg/kg 的浓度下,组合处理和高温催芽处理薯块采苗数显著高于其他处理 ($P<0.05$),达到 90.5 株/kg,较对照(清水处理 74.0 株/kg)增加 22.3%。秦薯 5 号在 10 mg/kg 赤霉素与高温催芽协同作用下,薯块采苗数显著高于其他处理 ($P<0.05$),达到 97.8 株/kg,较对照(高温催芽处理 83.3 株/kg)增加 17.4%。

3 结论与讨论

使用赤霉素对块根进行处理结果显示,随着赤霉素处理浓度的增加,2 个品种的采苗数量呈先增加后下降的趋势。这与史文卿等^[8]对赤霉素浸种对甘薯块根萌芽性研究结果一致。王欣等^[7]在赤霉素浸种甘薯徐薯 23 研究发现,1 mg/kg 赤霉素浸种 6 h 处理的出苗数和苗量最多,块根中的营养成分、薯块内源激素含量、排种方式对萌芽性有很大影响。

甘薯块根没有休眠现象,具有很强的发芽特性,块根发芽时,不定芽从不定芽原基萌发出来,不定芽原基起源于块根中柱鞘或韧皮部的薄壁细胞,在甘薯膨大过程中就已经分化,其数量多,为潜伏状态。该研究中高温催芽法首先采用了先催芽后排薯的育苗方法,在特定的温度、湿度条件下,高

温催芽有效活化了块根表皮潜伏状态的芽原基,活化的芽原基迅速分化形成芽,大大增加了薯块的出苗数量,而且薯块经过高温催芽后,在排薯时病薯更容易被剔除,有效解决了苗床种薯腐烂的问题,保证了试验数据的准确性。

高温催芽和赤霉素组合处理的出苗数均显著高于对照,原因可能是由于在高温催芽阶段,赤霉素更有效地被块根吸收并且发挥作用。

参考文献

- [1] 江苏省农业科学院,山东省农业科学院. 中国甘薯栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,1984.
- [2] 刘志坚,秦素研,张勇跃,等.不同育苗方式对甘薯出苗特性的影响[J].河南农业科学,2015,44(10):43-45.
- [3] 徐怡.不同排种期对甘薯产量及薯苗素质的影响[J].现代农业科技,2011(19):89.
- [4] 王庆美,张立明,王建军,等.块根主要营养成分对甘薯品种萌芽性的影响[J].山东农业科学,1998(1):9-11.
- [5] 侯夫云,董顺旭,解备涛,等.排种密度对甘薯块根萌芽特性的影响[J].植物生理学报,2017,53(5):849-856.
- [6] HALL M R,那凤琴.利用短期催芽、乙稀利浸种和切块育苗提高甘薯秧苗产量[J].国外农学-杂粮作物,1991(1):40-41.
- [7] 王欣,李秀英.赤霉素在甘薯徐薯 23 育苗上的应用研究[J].江苏农业科学,2011,39(5):117-118.
- [8] 史文卿,司成成,史春余,等.赤霉素浸种对甘薯块根萌芽性的调控效应[J].山东农业科学,2017,49(6):71-73.
- [9] 钟希琼,王惠珍.高等植物赤霉素生物合成及其调节研究进展[J].植物学通报,2001,18(3):303-307.
- [10] 武小平,郭耀东,温日宇,等.种薯大小对脱毒甘薯出苗数量和质量的影 响[J].安徽农业科学,2013,41(31):12273-12274.
- [11] 江苏省农业科学院,山东省农业科学院. 中国甘薯栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,1984.
- [12] 刘志坚,秦素研,张勇跃,等.不同育苗方式对甘薯出苗特性的影响[J].河南农业科学,2015,44(10):43-45.
- [13] 徐怡.不同排种期对甘薯产量及薯苗素质的影响[J].现代农业科技,2011(19):89.
- [14] 王庆美,张立明,王建军,等.块根主要营养成分对甘薯品种萌芽性的影响[J].山东农业科学,1998(1):9-11.
- [15] 侯夫云,董顺旭,解备涛,等.排种密度对甘薯块根萌芽特性的影响[J].植物生理学报,2017,53(5):849-856.
- [16] HALL M R,那凤琴.利用短期催芽、乙稀利浸种和切块育苗提高甘薯秧苗产量[J].国外农学-杂粮作物,1991(1):40-41.
- [17] 王欣,李秀英.赤霉素在甘薯徐薯 23 育苗上的应用研究[J].江苏农业科学,2011,39(5):117-118.
- [18] 史文卿,司成成,史春余,等.赤霉素浸种对甘薯块根萌芽性的调控效应[J].山东农业科学,2017,49(6):71-73.
- [19] 钟希琼,王惠珍.高等植物赤霉素生物合成及其调节研究进展[J].植物学通报,2001,18(3):303-307.
- [20] 武小平,郭耀东,温日宇,等.种薯大小对脱毒甘薯出苗数量和质量的影 响[J].安徽农业科学,2013,41(31):12273-12274.

(上接第 3 页)

- [33] 刘艳清,张锦.楸树根、枝萌条扦插育苗技术的研究[J].林业科技通讯,1991(7):18-19.
- [34] 费全成.楸树扦插育苗试验初报[J].河南林业科技,1982(1):50-51.
- [35] 梁明武.楸树嫩枝扦插繁育技术研究[J].河北林业科技,2002(5):3-5.
- [36] 李京涛,徐虎智,王高鹏,等.金丝楸嫩芽扦插技术试验研究[J].河南林业,2002(5):25-27.
- [37] 王顺才.楸树嫩枝扦插繁殖技术及其生根机理研究[D].南京:南京林业大学,2007.
- [38] 马玲玲,王鹏,张振宇,等.梓属植物嫩枝扦插生根能力的评价[J].北方园艺,2014(15):72-77.
- [39] 赵坤,吴际友,程勇,等.楸树无性系嫩枝扦插繁殖的研究[J].中南林业科技大学学报,2010,30(7):66-69.
- [40] 陈素传,汪小进,肖正东,等.楸树嫩枝扦插繁育试验[J].安徽农业科学,2008,36(18):7635-7636,7901.
- [41] 梁有旺,杜旭华,王顺才,等.楸树嫩枝扦插生根的主要影响因子分析[J].植物资源与环境学报,2008,17(4):46-50.
- [42] 负慧玲,董菊兰,李银梅,等.楸树嫩枝扦插繁殖技术研究[J].甘肃林业科技,2007,32(2):14-17,29.
- [43] 梁有旺,彭方仁,王顺才.楸树嫩枝扦插试验初报[J].林业科技开发,2006,20(1):67-69.
- [44] 李永成,张秋娟.楸树幼化扦插技术研究[J].河南林业科技,2009(3):9-10.
- [45] 张博.环境因子智能控制下的楸树嫩枝扦插育苗技术研究[D].北京:中国林业科学研究院,2010.
- [46] 张博,兰再平,马可,等.不同激素处理和基质配方对楸树嫩枝扦插生根的影响[J].林业科学研究,2011,24(6):749-753.
- [47] 张新宇.磁化处理对楸树嫩枝扦插生根的影响[D].泰安:山东农业大

学,2017.

- [48] 江苏省林科所.用组织培养法繁殖楸树[J].植物杂志,1981(1):29.
- [49] 韩创举,杨培华,樊军锋,等.楸树组培技术研究[J].西北林学院学报,2006,21(1):80-81.
- [50] 傅玉兰,费鹏飞,刘小云.楸树组培初代培养技术[J].林业科技开发,2009,23(4):88-91.
- [51] 杨燕.楸树组织培养研究[D].南京:南京林业大学,2008.
- [52] 刘小云.楸树优良类型——圆基长果楸组织培养技术的研究[D].合肥:安徽农业大学,2010.
- [53] 于永明,王军辉,马建伟,等.LaCl₃ 对楸树无性系试管苗生长的影响[J].东北林业大学学报,2011,39(1):31-33.
- [54] 于永明,王军辉,马建伟,等.楸树无性系离体培养特性差异研究[J].西北植物学报,2012,32(1):199-204.
- [55] 于永明,王军辉,麻文俊,等.不同浓度卡那霉素、潮霉素对楸树试管苗生长的影响[J].生物技术通讯,2014,25(6):832-836.
- [56] 马玲玲,王鹏,王淑安,等.取材时间和激素对“豫楸 1 号”腋芽诱导的影响[J].北方园艺,2014(13):84-87.
- [57] 孟路,刘勇,贺国鑫,等.楸树优良品种‘朝霞’增殖及生根培养的研究[J].西北林学院学报,2019,34(1):119-123,156.
- [58] 江荣翠,彭方仁,谭鹏鹏,等.楸树体细胞胚胎发生的研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2010,34(2):15-18.
- [59] 江荣翠,彭方仁,谭鹏鹏,滇楸体胚发生及生理生化特性研究[J].林业科技开发,2014,28(1):25-29.
- [60] 王长兰,张青,魏文桃,等.楸树体细胞胚胎发生过程中 4 种同工酶分析[J].基因组学与应用生物学,2016,35(11):3122-3127.
- [61] 金玉佩,刘佳,纪若璇,等.楸树体胚发生过程中 5 种酶的活性变化研究[J].热带作物学报,2017,38(2):252-257.
- [62] 孙政,陈发菊,高晗,等.楸树胚性愈伤组织与非胚性愈伤组织的生理生化差异[J].分子植物育种,2017,15(11):4642-4646.