

# 文冠果繁殖技术研究进展

胡颖慧,王立柱,冯锡君,孟祥海

(黑龙江省农业科学院 牡丹江分院,黑龙江 牡丹江 157041)

**摘要:**文冠果作为生物质能源树种,在工业、食用、药用、绿化及防风固沙等方面具有综合利用价值,近年来受到广泛关注。从有性繁殖和无性繁殖两个方面对文冠果繁殖关键技术的研究进展进行综述,并分析文冠果繁殖技术存在的问题,为今后的研究工作提出参考。

**关键词:**文冠果;有性繁殖;无性繁殖;进展

**中图分类号:**S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)09-0128-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.09.0128

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.),又名木瓜、崖木瓜、文官果、文灯果、僧灯毛道,属于无患子科,属落叶小乔木或灌木,是我国北方地区特有的木本油料树种,种子含油量为35%~40%,素有“北方油茶”之称<sup>[1]</sup>。文冠果籽油的成分是非常适合开发生物质能源的原料,近年来又陆续在食用、药用、园林绿化、水土保持等领域也得以开发利用,作为经济树种日益受到广泛关注。为了适应文冠果发展的需要,本文综述了近年来文冠果有性及无性繁殖技术方面的研究进展,旨在为促进文冠果科研、生产的发展提供理论依据。

## 1 文冠果的有性繁殖

### 1.1 种子催芽

1.1.1 催芽方法 文冠果种子不易吸水萌发,自然发芽率仅为6%<sup>[2]</sup>。目前主要有沙藏、雪藏、快速催芽、生长调节剂浸种方法促进种子萌发。(1)

沙藏处理<sup>[3-4]</sup>:沙藏应在土壤结冻前进行,在地面挖取平底坑,种子分别经水浸泡48 h,以及3%的高锰酸钾溶液消毒后,与湿沙混合(种子:湿沙混合比例为1:3)堆放在坑底,堆放厚度约30 cm,其上再覆盖厚30 cm湿沙。(2)雪藏处理<sup>[5]</sup>:处理方法与沙藏基本相同,不同的是用雪替代了湿沙与文冠果种子混合,雪藏的温度为-18℃,属于冷冻性质。其它步骤均与沙藏处理相同。(3)快速催芽法:适用于未经沙藏的种子。播种前10~15 d,将种子用80℃热水浸泡10 min,捞出后冷水浸泡72 h,期间每天换水1次。然后捞出后混入湿沙,置于恒温培养箱内催芽,温度控制在25~30℃,湿度在80%以上,待种子露白即可播种<sup>[6]</sup>。(4)生长调节剂浸种:种子的萌发过程由多种植物激素参与调节,近年来也有研究发现采用植物生长调节剂处理能够调节种子内的激素平衡,打破种子萌发抑制物,促进细胞分裂,从而促进种子萌发。

1.1.2 催芽方法对文冠果发芽情况的影响 汪智军等研究了不同处理方式对文冠果发芽及出苗

收稿日期:2017-06-05  
第一作者简介:胡颖慧(1985-),女,黑龙江省嫩江县人,硕士,研究实习员,从事园林植物与观赏园艺方向研究。E-mail:mdjhyh@126.com。

# Microbial Removal of Cr(VI) Mechanism and Application

LI Yuan-yuan,ZHANG Jie

(Northeast Forestry University,Harbin,Heilongjiang 150040)

**Abstract:**Chromium (Cr) is a highly toxic heavy metal that is toxic to living cells. As an efficient, low-cost and green method for the treatment of heavy metal chromium, microbial method has a wide application prospect. The interaction of microorganisms with Cr (VI) was summarized, including Cr (VI) transport, bioaccumulation, reduction of Cr (VI) to Cr (III) chromate efflux, related technology applications, the prospect and direction of microbial treatment of heavy metal chromium, the prospect and direction of microbial treatment of heavy metal chromium were prospected.

**Keywords:**chromium pollution; microbes; bioremediation; technical applications

的影响,认为不同的种子处理方法对发芽率没有明显影响,而浸种的温度是决定种子发芽势的主要因素<sup>[7]</sup>。吴明山等<sup>[8]</sup>认为雪藏法为文冠果种子催芽最适宜的处理方法。张南等<sup>[9]</sup>研究了两种文冠果种子处理方法,即浸水处理和浸水后冷冻处理,得出结论认为两种方法均能够显著提高文冠果种子发芽率,其中进水后冷冻处理能够显著提高种子发芽速度。赵丹等<sup>[10]</sup>系统的研究了文冠果种子休眠解除方法,认为采用文冠果种子经 80℃水浴加热 10 min 处理的方法即快速催芽法可以显著提高种子发芽率。马新等<sup>[11]</sup>筛选出文冠果催芽的最佳药剂及处理方法,为 300 mg·L<sup>-1</sup>的 ABT 浸种 5 d。张丽等<sup>[12]</sup>认为 500 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> 浸种 25 h 为打破文冠果种子休眠的最佳处理。

## 1.2 播种

1.2.1 播种时间 文冠果春季和秋季都可以播种。春播:东北地区 5 月上旬播种,华北地区 4 月中、下旬播种;秋播:一般在 10 月开始播种。春播前要灌足底水;秋播种子无需特殊处理,需施底肥,并浇透墒水。

1.2.2 播种方式及密度 文冠果播种可条播亦可点播,播种后覆土 2~3 cm,轻微镇压。王一等<sup>[13]</sup>研究了文冠果不同播种密度下幼苗的长势,认为播种育苗的最佳密度为 8 cm×30 cm 和 8 cm×40 cm。

## 1.3 苗期管理与出圃

文冠果种子出苗后的管理主要包括松土、及时除草、合理追肥、预防病害和虫害。幼苗生长旺盛时期在基部培土能够促进苗木生长、预防倒伏。实生苗 1 a 后即可出圃定植,起苗注意保护主根系不受损伤。运输时,可将根系用少量泥土包裹,长途运输时将主干截取保留 50 cm<sup>[14]</sup>。

## 2 文冠果的无性繁殖

文冠果属于异株异花授粉植物,自然杂交会导致后代性状分离。因此,对优良单株进行无性繁殖,能够保持其优良性状<sup>[15]</sup>。且无性繁殖操作简易,大大提高了文冠果的成活率,加快了苗木繁殖速度,适宜生产应用。目前,文冠果无性繁殖技术主要有扦插、嫁接和组织培养。

### 2.1 扦插繁殖

文冠果扦插繁殖可分为根扦插、硬枝扦插和嫩枝扦插。影响文冠果扦插繁殖成活的关键因子有扦插时间、插穗的选择、扦插的环境条件、生长

调节剂处理水平及幼苗管理等。文冠果扦插的最佳时期应根据品种及各地气候因地制宜<sup>[16]</sup>。赵国锦等<sup>[17]</sup>研究发现,根插的成活率极显著高于嫩枝、硬枝扦插,插根长度以 10 cm 为宜,生根率高达 92%。

2.1.1 生长调节剂处理 文冠果的扦插繁殖常用的生长调节剂有 IAA、IBA、NAA 和 ABT 等。马明呈<sup>[18]</sup>认为文冠果插穗应从幼龄苗木选取。插穗最适宜的处理方法为 ABT6 号生根粉处理和用 40~45℃变温水浸。插穗切口置于 150×10<sup>-6</sup>~200×10<sup>-6</sup> IBA 溶液中处理 1 d,能提高扦插成活率。宗建伟等<sup>[19]</sup>以硬枝为插穗,将插穗基部浸泡于 795~820 mg·L<sup>-1</sup>的 IBA 中处理 4 h,文冠果插穗根系形态指标较高。刘毓璟<sup>[20]</sup>采用不同浓度 IBA 处理对文冠果嫩枝插条生根过程中多酚氧化酶(POD)、过氧化物酶(PPO)活性变化,得出结论以 500 mg·L<sup>-1</sup> IBA 处理 3 h 对文冠果生根促进作用明显。汤鑫<sup>[21]</sup>筛选出文冠果扦插最佳的激素处理组合为 125 mg·L<sup>-1</sup>的 IBA+NAA(1:1)处理时间为 6 h。

2.1.2 扦插环境条件 扦插的环境条件对文冠果扦插成活也起到关键的作用。杨韞嘉<sup>[22]</sup>研究了光环境对文冠果根插幼苗成活率的影响,当光照强度在 250~350 lx 范围内根插穗幼苗形态性状、生物量均达到最大。康国生<sup>[23]</sup>将腐殖质、珍珠岩和蛭石以 7:3:1 的比例混合作为文冠果扦插苗的培养基质,生根率高达 87.6%。因此,用作扦插培养的基质,选择营养成分高的腐殖质,透气性好的珍珠岩和蛭石,再适当调整不同基质之间的配比,这样的混合基质能够充分保证养分供给,而且能够通气透水有效的防止烂根。

2.1.3 扦插后幼苗管理 扦插后管理应注意保证基质湿度,控制温度在 25℃以下,可以采用人工喷雾保持棚室相对湿度 90%以上。大田扦插苗床高 15 cm 为宜,长×宽为 400 cm×60 cm,扦插后采用地膜覆盖可提高成活率。

### 2.2 嫁接繁殖

嫁接繁殖能够有效解决品种混杂问题,同时能够早花早果,促进树体快速生长。文冠果嫁接方法主要有芽接、劈接、插皮接、嫩梢芽接等<sup>[24]</sup>。影响文冠果嫁接成活的主要因素有:接穗采集地区的温度、接穗的保存时间、接穗保存的具体措施以及嫁接手法等<sup>[25]</sup>。

文冠果嫁接技术始于 20 世纪 70 年代末至

80年代初,于国荷等<sup>[26]</sup>采用子苗嫁接并适当套袋防护成活率可达85%。此种方法采取接穗为幼嫩组织,分生能力强,利于结合部位快速形成愈伤组织而提高成活率。吴国英<sup>[27]</sup>、尚德库<sup>[28]</sup>均采取室内嫁接法提高嫁接成活率和嫁接效率。近几年来,各地科研人员不断总结前人经验,使得文冠果嫁接技术逐渐成熟。韩淑贤等<sup>[29]</sup>通过对3种文冠果嫁接方法的比较,总结了一套适合黄土高原地区应用的改良嵌芽接法,该方法操作简易、缩短嫁接时间且可提高砧木和接穗的利用率。向小芹等<sup>[30]</sup>认为接穗适宜在低温条件下冷藏或沙藏保存,嫁接时增加嫁接切口面积能够显著提高成活率。常月梅等<sup>[31]</sup>研究认为春季带木质芽接成活率最高,同时提出砧木直径达到0.4 cm以上能够保证较高的嫁接成活率。吴月亮等<sup>[32]</sup>从多个方面探讨文冠果嫁接成活的影响,认为除了嫁接方法和接穗的选择外,嫁接人员的技术水平和天气因素也是影响嫁接成活率的关键。王玲等<sup>[33]</sup>从嫁接对根际土壤性质影响方面入手,探索影响不同文冠果品种嫁接成活率的机理。韩树才<sup>[34]</sup>采用组培苗与实生苗嫁接技术,成功克服了组培苗移栽难度大和前期生长缓慢的弱点。

对于观赏型文冠果树种,为了保证其优良的观赏特性,同时能够早花早果,多采用嫁接繁殖。王淑坤等<sup>[35]</sup>、耿占礼<sup>[36]</sup>分别对紫花文冠果,红花文冠果进行了嫁接技术的探索,刘春和等<sup>[37]</sup>总结建设文冠果良种繁育圃的成果,提出一套详尽的观赏型文冠果嫁接技术。

总结多年来对文冠果嫁接的研究,仍有嫁接不亲和以及后代产生性状变异等技术难点问题,此外,关于影响文冠果嫁接成活的机理及嫁接苗抗逆性等方面的研究鲜有报道。

### 2.3 组织培养

植物组织培养技术被广泛的应用于植株快繁、脱毒、基因工程、种质资源保存等。文冠果是组织培养困难树种之一,主要的影响因素有:外植体、基础培养基、外源激素浓度及配比和培养环境等。

文冠果组织培养技术起步于20世纪80年代初,张桂琴<sup>[38]</sup>、王永明<sup>[39]</sup>等研究人员均以嫩茎组织为外植体成功获得文冠果组培苗。在这之后近20年的时间有关文冠果组织培养方面的研究几乎未见报道,直至2004年顾玉红研究团队针对文冠果体细胞胚胎发生方面展开研究<sup>[40]</sup>,以文冠果

种胚为外植体,在 $MS+6-BA\ 1.0\ mg\cdot L^{-1}+2,4-D\ 1.0\ mg\cdot L^{-1}+NAA\ 1.0\ mg\cdot L^{-1}$ 的固体培养基上暗培养,形成胚性愈伤组织后,转移到 $B_5+6-BA\ 0.5\ mg\cdot L^{-1}+NAA\ 0.5\ mg\cdot L^{-1}$ 的液体培养基中暗培养能够形成体细胞胚。2007年王玉珍<sup>[41]</sup>的专利,系统介绍了文冠果启动、增殖、分化以及生根培养的培养基配方,在配方中首次添加水解乳蛋白以及活性炭两种成分。臧国忠等<sup>[42]</sup>以文冠果成熟种子的子叶为外植体成功诱导胚性愈伤组织,并在附加不同水平激素的B5液体培养基中培养,获得大量球形胚,进行继代培养形成完整再生植株。刘磊<sup>[43]</sup>在建立文冠果细胞悬浮培养的基础上,首次探索文冠果原生质体分离培养,确定最适酶解时间和温度及3种酶组合(甘露醇、纤维素酶、果胶酶)。柳金凤<sup>[44]</sup>分别以两种途径:文冠果茎段直接诱导不定、以实生苗的嫩茎及叶片为外植体诱导愈伤组织,提出IBA和 $GA_3$ 组合使用更有助于文冠果茎段直接诱导不定芽,NAA能够明显促进愈伤组织芽分化,IBA和NAA能够促进生根。李晶等<sup>[45]</sup>认为文冠果种子发育中期尚未完全成熟的种胚最适于诱导愈伤组织,而且体细胞胚发生率也最高。

自2010年以后陆续有研究人员开始探索文冠果组织培养过程中的难点问题,2011年任如意等<sup>[46]</sup>首次探索了TDZ(噻重氮苯基脲)对文冠果组织培养过程中幼叶愈伤组织的诱导和不定芽分化的影响,发现TDZ的使用能有效的抑制愈伤组织的褐化现象。韩义等<sup>[47]</sup>通过认为外植体选择种子萌发的幼苗、培养的最适光照条件6 000 lx、培养基中6-BA浓度为 $1\ mg\cdot L^{-1}$ 、钙浓度为 $880\ mg\cdot L^{-1}$ 的条件下能够有效控制文冠果组培中玻璃化现象。2012年孙赞璐<sup>[48]</sup>分别通过芽器官和体细胞胚发生两种途径建立文冠果无性快繁体系,同时对胚性愈伤组织和不定芽中的总皂苷成分进行定量、定性分析,得出结论认为成熟合子胚诱导生成的胚性愈伤组织总皂苷含量较高。王非等<sup>[49]</sup>研究了文冠果不同外植体(顶芽和腋芽)的取材时间对组织培养启动和生长情况,确定了在哈尔滨地区5月初树木刚开始萌发的时期是外植体取材的最佳时期。德永军<sup>[50]</sup>以文冠果成熟胚为外植体,筛选出初代培养基为 $MS+2.0\ mg\cdot L^{-1}\ 6-BA+0.1\ mg\cdot L^{-1}\ NAA$ ;继代培养基为 $MS+0.5\ mg\cdot L^{-1}\ 6-BA+0.5\ mg\cdot L^{-1}\ NAA$ ;生根培养基是 $WPM+1.0\ mg\cdot L^{-1}\ IBA$ 。利用石蜡切片法观

愈伤组织诱导、分化不定芽以及不定芽生长过程。并于 2015 年对文冠果不定芽生根培养基进行优化,提出有效改善不定芽干枯的问题的方法<sup>[51]</sup>。2013 年宋群雁<sup>[52]</sup>首次以硝态氮含量低的 DKW 作为基本培养基,添加不同浓度的植物生长调节剂,为文冠果的组培快繁体系建立提供了一条新途径。2015 年李嵘<sup>[53]</sup>以文冠果木质化茎段为外植体,探索了茎段的灭菌方法,分别筛选出了腋芽萌发诱导最适培养基 MS+1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+2.0 mg·L<sup>-1</sup> IAA,非胚性愈伤组织诱导的最适宜培养基为 B<sub>5</sub>+1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.5 mg·L<sup>-1</sup> IAA,诱导胚性愈伤组织 B<sub>5</sub>+0.5 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.5 mg·L<sup>-1</sup> NAA+0.5 mg·L<sup>-1</sup> 2,4D+水解乳蛋白 500 mg·L<sup>-1</sup>,培养基液体 pH5.4 悬浮培养,解决了愈伤组织褐化的问题。郭帅<sup>[54]</sup>在建立文冠果离体再生体系的研究中,得出结论:对不同的外植体采取不同时间的低温处理后再进一步消毒能够有效降低褐化的现象发生,茎段低温处理的时间以 16 h 为宜,叶片则以 20 h 为宜。同时着重对文冠果试管苗生根培养基配方进行了优化,在生根培养基中添加 5 mg·L<sup>-1</sup> 的活性炭能够促进生根;添加 AgNO<sub>3</sub>、多效唑及生根粉的最适配比为 1.0 mg·L<sup>-1</sup> AgNO<sub>3</sub>+0.5 mg·L<sup>-1</sup> 多效唑+2.0 mg·L<sup>-1</sup> 生根粉。

### 3 总结

作为具有广泛开发前景的经济树种,文冠果的繁殖技术直接关系到文冠果产业发展。经过多年的研究,目前有性繁殖(实生种子繁殖)是目前比较成熟且应用广泛的繁殖技术。但种子繁殖也存在一定弊端,春播处理种子程序繁琐,秋播出苗率低,且都存在育苗时间长,难以保持稳定的优良性状的问题。嫁接和扦插繁殖是木本经济作物快速育苗的常用无性繁殖技术,已得到适当的推广利用,现有的研究基础能够从一定程度上解决相关技术难点,但仍受限于成活率较低,插穗和接穗数量难以满足生产需求等难题。组织培养技术既能够维持稳定的优良性状,又可以在短期内大量扩繁苗木,但木本植物的组织培养周期相对较长、难度较大,而文冠果组织培养研究起步晚,虽取得了一定进展,如外植体的选择及处理方法、培养基配方的筛选以及培养途径等,但仍有一切难点问题没有的到根本的解决,例如关于芽分化率低、生长缓慢、生根的困难以及组培苗驯化移栽方面的

研究很少。因此,应该加强对文冠果繁殖技术中难点问题的研究,探索具有可复制性的适用于大规模推广应用的文冠果高效繁殖体系,是推动文冠果产业快速发展的关键。

### 参考文献:

- [1] 中国科学院植物志编辑委员会. 中国植物志(第 47 卷第 1 分册)[M]. 北京:科学出版社,1985:72.
- [2] 徐青萍,马明呈,马存德. 文冠果种子发芽特性的研究[J]. 陕西农业科学,2006(3):62-64.
- [3] 鲁允山,陶丽霞,侯毅. 文冠果种子沙藏催芽技术[J]. 吉林林业科技,2012,41(3):43.
- [4] 栾森年,侯立群,霍力彬,等. 中国文冠果资源研究开发与实践[M]. 北京:中国林业出版社,2008(11):113.
- [5] 司凤义,李晓辉,高风华. 不同催芽方法对文冠果种子发芽率的影响[J]. 吉林林业科技,2013,42(5):18-20.
- [6] 程冉. 文冠果的引种、快繁及优质丰产栽培技术体系研究[D]. 泰安:山东农业大学,2004:31-32.
- [7] 汪智军,张东亚,卓立. 不同处理方法对文冠果种子发芽和出苗的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(23):14084-14085.
- [8] 吴明山,龙作义,逢宏扬,等. 文冠果种子处理技术对苗木生长的影响[J]. 林业勘查设计,2010(2):81-82.
- [9] 张南,刘雪锋,刘丽洁,等. 浸水和浸水后冷冻处理对文冠果种子萌发的影响[J]. 内蒙古林业科技,2017,43(1):27-32.
- [10] 赵丹,金华宋,鹏飞,等. 文冠果种子休眠解除方法研究[J]. 北方园艺,2016(12):16-20.
- [11] 马新,姜继元,董鹏,等. 不同植物生长调节剂处理对文冠果种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 河南农业科学,2017,46(4):104-107.
- [12] 张丽,贾志国,王朋艳. 不同处理方式对文冠果种子发芽的影响[J]. 贵州农业科学,2016,44(6):115-117.
- [13] 王一,段磊,德永军,等. 文冠果不同密度播种育苗试验[J]. 经济林研究,2011,29(1):140-143.
- [14] 李春光,李海燕,曹得宽,等. 文冠果能源林资源培育技术与对策探讨[J]. 安徽农业科学,2008,36(9):3652-3653,3656.
- [15] 徐东翔,于华忠,乌志颜,等. 文冠果生物学[M]. 北京:科学出版社,2010:121-122.
- [16] 宋群雁,殷奎德,刘希全,等. 文冠果无性繁殖技术的研究进展[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2011,23(6):8-11.
- [17] 赵国锦,戴双. 文冠果扦插繁殖试验研究[J]. 山东农业科学,2006(4):22-24.
- [18] 马明呈,雷建元,杨海文,等. 不同基质和不同浓度的生根剂对文冠果的扦插育苗的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(2):310-312.
- [19] 宗建伟,杨雨华,赵忠,等. IBA 对文冠果硬枝扦插根系形态指标的影响[J]. 北方园艺,2012(23):11-14.
- [20] 刘毓璟,赵忠,陈盖,等. IBA 对文冠果嫩枝扦插生根过程中 2 种氧化酶活性的影响[J]. 西北林学院学报,2013,28(3):104-107.
- [21] 汤鑫,于庆福. 外源激素对文冠果硬枝扦插生根的影响[J]. 辽宁林业科技,2016(6):23-31.

- [22] 杨韞嘉,徐欢,毕泉鑫,等.光照异质性对文冠果不同长度根插穗成活与幼苗生长的影响[J].中南林业科技大学学报,2014,34(6):28-36.
- [23] 康国生,马明呈.文冠果的扦插育苗试验[J].陕西林业科技,2008(2):18-20.
- [24] 蔡小录,廖绍明,杨培华,等.文冠果林学特性及育苗栽培技术[J].现代园艺,2017,5(9):42-45.
- [25] 张宝,冯长虹.黄土高原文冠果的冬季嫁接技术[J].农民致富之友,2016,5(10):125.
- [26] 于国荷,宋春兰.文冠果子苗嫁接试验初报[J].国土与自然资源研究,1980(2):65-66.
- [27] 吴国英,张毅萍,赵坤珍,等.文冠果室内嫁接试验初报[J].特产科学实验,1987(4):13-15.
- [28] 尚德库,叶秀云,房秀田.文冠果室内嫁接试验效果初报[R].内蒙古林业科技,1985(3):37-40.
- [29] 韩淑贤,彭明喜,李冬云.不同嫁接方法对文冠果嫁接成活率的影响[J].园艺与种苗,2012(7):72-74.
- [30] 向小芹,刘光哲,李巧芹.文冠果嫁接研究[J].安徽农业科学,2012,40(12):7202-7203.
- [31] 常月梅,张彩虹.文冠果嫁接繁殖技术[J].经济林研究,2013,31(2):154-156.
- [32] 吴月亮,焦健,常立儒,等.文冠果嫁接技术研究[J].北方园艺,2011(3):29-30.
- [33] 王玲,赵广亮,黄金.嫁接不同文冠果品种根际土壤的微生物量及酶活性[J].北京林业大学学报,2015,37(8):69-75.
- [34] 韩树才.文冠果优株繁育技术[J].辽宁林业科技,2015(4):76-78.
- [35] 王淑坤,何武江.紫花文冠果嫁接育苗培育技术[J].山西林业科技,2011,40(2):39-40.
- [36] 耿占礼.红花文冠果嫁接繁育技术[J].水土保持应用技术,2012(1):25-26.
- [37] 刘春和,徐红江,方志军,等.观赏型文冠果嫁接技术[J].绿化与生活,2015(3):12-13.
- [38] 张桂琴,徐祥龄,赵志学.文冠果嫩茎组织诱导植株移栽初获成功[J].林业科技通讯,1980(7):4-5.
- [39] 王永明,赵静茹,陈颖.文冠果的组织培养[J].植物生理学通讯,1986(1):42.
- [40] 顾玉红,高述民,郭惠红,等.文冠果的体细胞胚胎发生[J].植物生理学通讯,2004(3):311-313.
- [41] 王玉珍,李霞,张弛.文冠果组培快速繁殖方法.中国专利,101032226[P].2007-09-12.
- [42] 臧国忠,陈尚武,张文,等.文冠果子叶同步胚的高效诱导及植株再生[J].西北林学院学报,2008,23(5):91-94.
- [43] 刘磊.文冠果悬浮体系的建立和原生质体的分离[D].保定:河北农业大学,2009.
- [44] 柳金凤,吴建华,闵丽霞.文冠果组培快繁技术研究[J].江苏农业科学,2010(2):52-54.
- [45] 李晶,王承义,舒钰,等.文冠果体细胞胚胎发生体系建立[J].北方园艺,2010(11):140-143.
- [46] 任如意,王书臻,司徒琳莉,等.噻重氮苯基脲对文冠果愈伤组织诱导与分化的影响[J].北方园艺,2011(6):127-129.
- [47] 韩义,许飞雁,陈林晶,等.文冠果组织培养的玻璃化控制研究[J].山西农业科学,2011,39(4):304-306.
- [48] 孙赞璐.文冠果无性快繁技术研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2012.
- [49] 王非,孙赞璐,李在善,等.取材时期对文冠果优树芽启动的影响[J].东北林业大学学报,2012,40(4):11-13,30.
- [50] 德永军,王一,叶冬梅,等.文冠果成熟胚离体培养及细胞学研究[J].沈阳农业大学学报,2012,43(1):48-52.
- [51] 德永军,李嵘,阿荣图雅.文冠果不定芽生根技术初探[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2015,36(1):40-45.
- [52] 宋群雁,王丽艳,矫洪双,等.文冠果组织培养和植株再生研究[J].北方园艺,2013(7):121-124.
- [53] 李嵘.文冠果茎段组织培养技术研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2015.
- [54] 郭帅.文冠果苗木离体再生体系的建立[D].晋中:山西农业大学,2015.

## Research Progress on Propagation Technology of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge

HU Ying-hui, WANG Li-zhu, FENG Xi-jun, MENG Xiang-hai

(Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang, Heilongjiang 157041)

**Abstract:** As a bio-energy species, with comprehensive application value in industry, edible, medicine, landscape, windproof and dune-fixing, *Xanthoceras sorbifolia* Bunge has been widely focused. The present situation of propagation technology of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge was summarized from two aspects: sexual propagation and asexual propagation. The problems in propagation technology of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge were analysed, which provided reference for study of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge.

**Keywords:** *Xanthoceras sorbifolia* Bunge; sexual propagation; asexual propagation; research progress