

我国槭树繁育技术研究进展

张娟, 孙艳, 杨志恒* (郑州植物园, 河南郑州 450042)

摘要 介绍和分析了槭树科植物播种、嫁接、扦插、组织培养 4 种繁育技术, 系统阐述了各繁育技术中关键步骤的研究进展, 如种子处理技术、嫁接技术要点、插穗选择及扦插方法、外植体的选择及消毒处理技术、培养基和外源生长调节剂的选择等, 并对未来槭树繁育方向进行了展望, 以期对槭树科植物快速繁育和开发应用提供借鉴。

关键词 槭树; 繁育技术; 播种; 嫁接; 扦插; 组织培养

中图分类号 S72 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)03-0011-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.03.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research Progress on Breeding Technique of Aceraceae Plants in China

ZHANG Juan, SUN Yan, YANG Zhi-heng (Zhengzhou Botanical Garden, Zhengzhou, Henan 450042)

Abstract We introduced and analyzed the breeding techniques of sowing, grafting, cutting and tissue culture of Aceraceae plants. The research progress of key steps in each breeding technique was systematically described, such as seed treatment, grafting, cutting, explant selection and disinfection, medium and selection of exogenous hormones. It was expected to provide reference for the rapid propagation and exploitation of Aceraceae plants and prospects for future Aceraceae breeding.

Key words Aceraceae; Breeding technique; Sowing; Grafting; Cutting; Tissue culture

槭树为槭树科(Aceraceae)槭属(Acer)树种的泛称, 其树冠冠幅较大, 树姿优美, 叶形秀丽且茂密, 遮阴效果良好。秋季树叶渐变为红色或黄色, 还有青、紫色, 为著名的秋色叶树种, 果实具长形或圆形的翅, 冬季宿存于树上, 非赏美观, 拥有很好的观赏价值, 是在温带地区非常重要的一种观赏树木, 是理想的行道树或城市绿化庭园树种, 在各地风景园林中得到普遍应用^[1-4]。

槭树科植物全世界有 202 种, 我国已知分布有 151 种, 约占全世界槭树种类的 75%, 我国是世界槭树的现代分布中心^[5-6]。我国通常栽培的槭树属种类及用以选育的亲本主要源于国外, 这与我国槭树属植物分布中心的地位是不相符的^[7], 特别是在繁殖和栽培技术研究与应用方面与世界先进水平差距很大。笔者综述了槭树科树种几种常用的繁育技术, 以期对槭树的快速繁育与开发应用提供理论基础。

1 播种技术

槭树传统繁殖方法包括播种和嫁接 2 种, 繁殖系数相对较低, 繁殖出的后代也会经常性状分离, 对槭树种苗的培养易形成负面影响^[1]。当然, 槭树繁殖可以采用播种繁育的方式进行, 播种繁殖具有繁殖速度快、易于传播、适应性强的优点。

1.1 槭树种子休眠的原因 槭树属植物种子具有休眠的特性, 研究表明种子休眠主要原因是果皮、种皮透水透气性差, 存在机械障碍; 果皮、种皮及胚存在萌发抑制物; 胚存在生理后熟现象。提高种子萌芽率可以采用机械和水处理、层积处理、化学物质处理、离体胚的培养等方法^[7-8]。

1.2 播种育苗技术

1.2.1 最佳播种时间。不同槭树科树种播种时间有所差异。例如茶条槭、元宝槭适宜春播和秋播, 假色槭、白牛槭适

宜秋播和隔年春播, 拧筋槭适宜隔年春播, 出苗率均达 81% 以上^[9]。天山槭宜春播, 一般在 3 月下旬—4 月中旬播种^[10]。

1.2.2 种子处理技术。宋伟国^[11]采用人工介入手段进行休眠原因和催芽技术试验研究, 结果表明红翅槭、紫果槭、长柄紫果槭、岭南槭种子种皮含有的化学物质和机械性阻碍导致了槭树种子休眠; 采用层积处理和 GA₃ 赤霉素浸种能明显缩短种子的休眠期; 彻底解除供试种子休眠方法就是延长浸种沙藏层积的时间。彭火辉等^[12]对这 4 种槭树的种子发芽试验也表明采用自然低温湿沙贮藏或低温湿沙贮藏的方法可以解除其休眠习性, 从而提高种子的发芽率; 采用托盘育苗法的 4 个槭树品种的种子发芽率均显著高于采用常规播种法。石柏林等^[7]研究了 6 种槭树种子的基本特性, 同时进行了种子发芽试验, 研究证明采用低温湿沙贮藏可以解除其休眠, 促进萌发, 其发芽率为 70% 以上。孟庆法等^[13]研究也表明大多数槭树种子均具有休眠习性, 采用室外低温沙藏是打破休眠、提高发芽率的有效方式。任杰^[14]对红花槭进行了研究, 表明红花槭的种子兼具初生休眠及次生休眠的特性。种子采收后置于冰箱中低温贮藏, 至翌年春, 低温沙藏 42 d 的种子出芽率可达 65.8%。任明莹^[15]对加拿大糖槭进行研究表明冬季预先处理种子 60 d 左右可极大程度地打破糖槭种子的休眠, 提高萌芽率。

2 嫁接技术

嫁接是我国古老的一种苗木培育技术, 技术成熟, 应用广泛, 在果树育苗及品种改良、优良林木的生产作业中经常用到。影响嫁接成活率的因素包括树木本身的特性和外部环境, 树木本身特性包含嫁接亲和力和树木种类, 外部环境指环境因素, 即温度、湿度和光照^[16]。不同品种的槭树嫁接适期、嫁接方法、所选砧木种类、嫁接后管理技术要点有所差异。

通过对紫果槭、岭南槭、长柄紫果槭 3 个槭树品种嫁接

作者简介 张娟(1986—), 女, 河南南阳人, 硕士, 从事园林管理工作。

* 通信作者, 高级工程师, 从事园林管理研究。

收稿日期 2019-07-02; **修回日期** 2019-07-10

适期、嫁接方法及其配套管理技术进行分析,结果表明紫果槭、岭南槭、长柄紫果槭3个品种对砧木三峡槭的亲合力差异性较大,其中紫果槭最好,嫁接成活达80%以上;3个品种秋季的嫁接成活率均高于春季;砧木的移植有利于提高春季紫果槭嫁接成活率;套袋能提高嫁接成活率;绑扶固定措施能对嫁接苗起到很好的保护作用,可提高嫁接成苗率,且有助于嫁接苗形成一个较好的树型^[17]。

三角枫春季枝接确定完全成活时间为45 d,成活率为42.22%,夏季芽接15 d即可确定是否成活,成活率达81.11%。在进行三角枫无性繁殖时需结合当地条件与当地气候合理选择^[18]。

王贵福等^[19]对彩叶槭树嫁接快繁技术研究发现在采用相同砧木时,品种间嫁接成活率差异不大。砧木选择以秀丽槭和鸡爪槭为佳,并且后代表现良好。嫁接时间以9月底—10月初秋为好,2月底次之,在3月中旬树液萌动后嫁接基本不能成活。嫁接时套袋保湿能有效提高成活率。利用大规格的秀丽槭进行高接,让其萌发后作为采穗圃,能明显增加枝条繁殖量,促进槭树快繁。秀丽槭一般选择秋季、春季芽萌动前进行,采用秀丽槭实生苗为嫁接砧木进行自接,成活率高。以秀丽槭小苗为砧木一般选用腹接法,以大规格秀丽槭为砧木可选用剪砧切接法^[20]。

周海洋等^[21]对红枫研究发现通常情况下2—4月嫁接较好,嫁接时,接穗要选取红枫树冠外围中部芽眼饱满的一二年枝条为好,嫁接方法采用腹接法、劈接法、切接法等。嫁接部位需要插竹竿或木棍进行绑扎,预防风折。

任杰^[14]对红花槭嫁接繁殖进行了研究,结果表明红花槭也可本砧嫁接繁殖。乡土树种青枫与红花槭嫁接的亲合性较好,嫁接成活率达94%以上,但从第2年开始膨大,产生嫁接瘤,表明青枫不适合作砧木嫁接红花槭。花叶复叶槭多以复叶槭实生苗为砧木,一般采用芽接及枝接,枝接常采用切接或劈接。芽接,春季采用带木质部芽接,秋季以大方块芽接为主。切接多适用于大田直径2 cm左右的砧木,时间一般在3月树液流动时进行^[22]。以复叶槭(*Acer negundo* Linn.)为砧木,采用劈接法嫁接糖槭,对整个植株搭塑料薄膜小拱棚,嫁接成活率为6.67%^[15]。以五角枫为砧木,以自由人槭1~2年生枝条为接穗进行嫁接的试验结果表明,芽接成活率高于枝接成活率,嫁接芽的萌动和展叶时间没有明显差别^[23]。崔广元等^[24]介绍了槭树新品种“流泉”全冠嫁接繁殖技术,通过试验发现选择大规格鸡爪槭为砧木全冠高接繁殖“流泉”最合适,可以选择秋季嫁接或春季嫁接。

3 扦插技术

扦插繁殖是保持植物优良性状常用的方法,也是目前苗木无性繁殖最常用的繁殖方式,具有容易操作、成活率高、幼苗生长健壮等优点。

在扦插繁殖中,影响插条生根形成的因素有很多,仅在因素就有植物种类、插条年龄以及母树年龄、插穗大小等,外在因素包括扦插方法、插穗处理方法、扦插基质选择等。

3.1 插穗选择 尹新彦等^[25]通过对自由人槭扦插繁育技术

进行试验,采用正交试验法,从插穗、基质、外源植物生长促进剂等方面对其成活影响进行研究,得出插穗是影响苗木质量的主要因素,之后是基质、植物生长促进剂。赖玉洁^[26]使用顶端嫩枝、中部半木质化枝段、硬枝3种插穗作为试材,展开扦插试验,最后发现使用中部半木质化枝段得到的扦插效果是最理想的。

3.2 扦插方法 常用扦插方式可分为嫩枝扦插和硬枝扦插,对于难以生根的树种,2种扦插育苗的成活率差距很大^[16]。

曹倩^[22]研究表明,花叶复叶槭硬枝扦插和嫩枝扦插均可,但生产上多采用嫩枝扦插,嫩枝扦插又分为阴棚扦插和全光雾扦插,一年可扦插多次。春插在3—4月进行;夏插以全光雾扦插为主,多在6—7月进行,由于全光雾扦插繁殖速度快,成活率高,生产上一般采用较多;秋插在10—11月进行,多以阴棚扦插为主。李彬等^[18]比较了春季硬枝扦插与夏季嫩枝扦插三角枫的成活率,结果表明三角枫嫩枝扦插(42.22%~74.44%)成活率普遍高于硬枝扦插(37.78%~65.56%)。

3.3 插穗处理方法 生根剂处理插穗根部具有补充外源生长调节剂与促进植物体内源生长调节剂合成的双重功效,可促进不定根形成,缩短生根时间,提高生根率。在槭树科植物生根剂选择上,用生长素类生长调节剂作用明显,且选择2种以上混合生根剂更有利于生根剂作用的发挥。

槭树科植物最常用的生根剂是生长素类物质,主要有吲哚乙酸(IBA)、萘乙酸(NAA)。目前在槭树科植物扦插繁殖研究上,2种以上生根剂或有利于生根剂发挥作用物质的混合制剂比单用1种生根剂具有优越性,枝条扦插时得到更加满意的生根效果^[27]。

糖槭嫩枝扦插试验表明,外源生长调节剂能显著提高糖槭插穗的生根能力,以1 000 mg/L的吲哚丁酸(IBA)速蘸插穗10 s的生根效果最佳,根系效果指数可达0.69,其次为100 mg/L的IBA浸泡插穗6 h,根系效果指数为0.55。加拿大糖槭对高温比较敏感,当温室环境的温度超过32℃,大面积的插穗开始失水枯亡。在含水量为50%的轻基质中,扦插深度为5 cm时,6月初的扦插效果为最佳,生根率可达52.2%^[15]。

五角枫插穗自然生根率很低,生长调节剂对五角枫扦插生根率有很大的影响,其中经过NAA处理的插条生根率最高,达92.1%,其次为IBA处理的插条,生根率也达81.5%^[28]。不同生长调节剂处理浓度对银槭插穗生根率的影响显著,500 mg/L吲哚丁酸处理的插穗在移栽时成活率最高,并且生根数量最多,插穗不作处理的成活率为最低,生根量最少^[29]。

有祥亮^[30]对欧洲栓皮槭的嫩枝扦插技术进行了研究,发现其最佳生根率的促进配方为IBA 1 000 μg/mL+NAA 500 μg/mL和IBA 1 000 μg/mL+6-BA 10 μg/mL;对栓皮槭生根效果好的基质有3种,即泥炭-珍珠岩、河沙、蛭石。

在三翅槭(*Acer tripartitum*)扦插试验中,生根促进剂种类对

扦插成活率的影响差异极显著,单独用 IBA 处理的生根率明显较 NAA+IBA 处理的生根率低,NAA+IBA 处理插穗基部不但可以提高扦插成活率,而且可以增加皮部和愈伤组织生根数^[31]。

3.4 扦插基质选择 红枫扦插生根的理想基质是珍珠岩;用浓度为 2 000 mg/L 的 NAA 处理红枫插穗 30 min 可显著提高扦插成活率,达 73%;硬枝扦插过程中,生根关联酶的活性和趋势有明显改变^[32]。不同基质对五角枫的扦插生根率也有不同的影响,其中河沙透气性好,最适合五角枫的生长,普通泥土和泥炭土比起河沙相对较差^[28]。

4 组织培养技术

木本植物含有较多的多酚类物质,会阻碍细胞分裂。因此,木本植物的离体培养成功率与草本植物相比还很低^[33]。但是槭树科的组培苗由于出苗整齐,适用于难生根的槭树品种,受到了众多科研工作人员的重视^[1]。

4.1 外植体选择 木本植物的组织培养包括茎尖、茎段、胚、胚轴、子叶、未授粉子房或胚珠、授粉子房或胚珠、花瓣、花药、叶片以及游离细胞和原生质体等外植体的培养。不同植物种类,包括同一植物的不同品种之间外植体的选择都有很大差异。

杨林星^[34]对自由人槭“秋焰”进行组织培养,发现茎段的分化能力高于休眠芽;茎段的启动培养中,诱导率最高为 95.6%,而休眠芽诱导率只有 64.4%;在增殖培养中,休眠芽萌发的带芽茎段的增殖系数高于茎段分化的带芽茎段。徐榕^[35]以自由人槭“冷俊”(Acer×freemanii“Marmo”)和“秋焰”(Acer×freemanii“Autumn Blaze”)带腋芽茎段为外植体进行组织培养,研究表明最佳取材部位均为新枝的第三节和第四节芽位。

李岩岩^[36]对茶条槭组织培养研究表明外植体采摘的最佳时间为 4 月,以顶芽为外植体时,外植体的消毒效果最好;以 4 月萌发的幼嫩茎段为外植体时,褐变率和褐变死亡率相对较低,分别为 35.8%、37.5%。郝爱丽^[37]对青榨槭进行组织培养研究,在不定芽诱导时,叶片与茎段的诱导率存在较大的差异,叶片的诱导率明显高于茎段。胡佳卉^[38]对羊角槭组织培养研究发现外植体类型选择中,茎段的诱导效果较叶片好,茎段诱导出的愈伤组织颗粒大、愈伤量多,叶片愈伤组织颗粒较小、不能成块。

4.2 外植体消毒处理 暴露在空气中的植物,表面带有大量的微生物,选择各个部位作为外植体时,必须进行严格的消毒灭菌,否则将直接影响到试验成功与否^[39]。茶条槭以顶芽为外植体时,外植体的消毒效果最好,最佳的外植体消毒方法是 70%乙醇表面消毒 30 s 后,无菌水冲洗 3~5 次,再用 0.1%HgCl₂ 浸泡 7 min,无菌水冲洗 3~5 次^[36]。以 5 月的带腋芽茎段为外植体,自由人槭最佳灭菌处理方案为 75%乙醇 20 s+0.1%HgCl₂ 4 min^[35]。

4.3 培养基选择 培养基的选择对组织培养是否成功有至关重要的影响。窦玥^[40]对复叶槭和紫叶挪威槭组织培养研究表明生长调节剂配比、木质化程度及蔗糖浓度都会对紫叶

挪威槭的生根产生影响,在生长状态良好、无木质化的情况下,紫叶挪威槭最佳生根培养基是 MS+6-BA0.3 mg/L+IBA0.4 mg/L+NAA0.1 mg/L,附加 25 g/L 蔗糖;对复叶槭芽启动培养基的初步研究表明,复叶槭芽消毒的最佳时间是 HgCl₂ 5 min,乙醇 45 s,复叶槭芽诱导培养基是 MS+NAA 0.1 mg/L+6-BA1.5 mg/L,芽伸长培养基是 MS+NAA 0.1 mg/L+6-BA1.5 mg/L+GA1.0 mg/L。研究了 MS、1/2MS、WPM 和 B₅ 这 4 种基本培养基对青榨槭愈伤组织的诱导,其中以 MS 培养基对茎段和叶片愈伤组织诱导最佳,愈伤无褐变,表面多呈黄绿色松软颗粒状,愈伤发生率和产量均最好^[37]。胡佳卉^[38]选择 1/2MS、MS 和 WPM 这 3 种基本培养基对羊角槭愈伤组织进行诱导,其中 WPM 培养基对羊角槭叶片和茎段的诱导效果最佳,愈伤组织诱导率分别为 33.1%和 71.0%。

4.4 外源生长调节剂选择 除了基本培养基给予离体组织所需营养成分外,配合使用外源生长调节剂对植物细胞分裂、诱导器官形成也具有重要作用。发育阶段不同,其需求浓度配比自然不同。通常认为,生长素和细胞分裂素的比值较高,则愈伤组织仅生根,在二者比值较低时,生成苗。

植物生长调节剂对自由人槭不同品种组培苗的增殖有着不同的影响。但 TDZ 都是诱使“冷俊”和“秋焰”增殖的最重要因素;NAA 不是影响组培苗增殖的主要因素^[35]。生长调节剂对青榨槭愈伤诱导的试验研究表明,TDZ 和 NAA 有利于叶片及茎段愈伤组织的诱导,最佳愈伤诱导培养基为 MS+TDZ 0.5 mg/L+NAA 0.1 mg/L,愈伤组织出愈率分别达 98.7%和 93.2%,且叶片叶基部位较叶片中部和尖端出愈率高,褐化率低,用 IBA400 mg/L+NAA400 mg/L+GA₃ 20 mg/L 组合处理青榨槭插条比单独使用某一种生长调节剂插条生根效果好,生根率、生根数和根长分别达 88.5%、6 条和 15.88 cm^[37]。

5 小结与展望

我国槭树种类虽比欧美、日本等国家和地区丰富,但利用存在较大差距,不少单位虽有引种栽培,但与资源数量相比十分微小^[41]。这与槭树植物的无性繁殖技术水平不够高、繁殖效率低有密切的关系。通常种子质量和种子休眠都会影响林木有性繁殖的质量,而一些非纯种品种更不可能在短期内进行有效的有性繁殖。有性繁殖在客观因素影响下不能进行时,无性繁殖才会成为林木的主要繁殖方式^[28]。传统的槭树繁殖方法有 2 种,播种和嫁接,其繁殖系数相对较低,且繁殖出的后代也会经常性状分离,对槭树种苗的培养易形成负面影响^[1]。现代扦插技术具有繁殖成功率高,能够最大程度地保持林木本身遗传性状的特点,是未来槭树繁殖的主要方式之一,近几年对槭树插穗大小选择、扦插方法、插穗处理方法、扦插基质的选择等方面的研究比较多。槭树科的组培苗虽然出苗整齐,但是离体培养成功率还比较低,尚待进一步研究。

参考文献

[1] 王莹,张健,李玉娟,等.槭树科树种快繁技术研究进展[J].南方农业,

- 2016, 10(3): 90-91.
- [2] 徐廷志. 槭树与园林[J]. 植物杂志, 1997(6): 16-17.
- [3] 金荷仙, 华海镜. 寺庙园林植物造景特色[J]. 中国园林, 2004, 20(12): 50-56.
- [4] 徐廷志. 我国槭属植物资源评价[J]. 资源开发与市场, 1988, 4(4): 51-54.
- [5] 徐廷志. 槭树科的地理分布[J]. 云南植物研究, 1996, 18(1): 43-50.
- [6] 方文培. 中国植物志·槭树科[M]. 北京: 科学出版社, 1981: 46, 66-289.
- [7] 石柏林, 吴家森, 钟泰林. 6种槭树属植物种子特性及其发芽试验[J]. 浙江林业科技, 2006, 26(3): 38-40.
- [8] 林士杰, 赵珊珊, 张忠辉, 等. 槭树属植物种子休眠因素及打破种子休眠方法研究进展[J]. 种子, 2016, 35(11): 51-54.
- [9] 李蕾, 纪玉和, 张海军. 5个长白山秋季红叶槭树种播种育苗试验[J]. 吉林林业科技, 2018, 47(4): 1-2.
- [10] 刘兆良. 天山槭栽培技术[J]. 农村科技, 2012(5): 65-66.
- [11] 宋伟国. 4种槭树种子的休眠原因及催芽方法试验[J]. 防护林科技, 2016(8): 31-33.
- [12] 彭火辉, 管帮富, 陈华玲, 等. 4种槭树种子特征及播种技术研究[J]. 江西农业学报, 2014, 26(4): 19-22.
- [13] 孟庆法, 高红莉, 赵凤兰, 等. 河南省野生槭树种种子育苗试验研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(27): 13309-13311, 13373.
- [14] 任杰. 红花槭的良种选育与转色机理研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2015.
- [15] 任明莹. 加拿大糖槭的引种繁育技术研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2015.
- [16] 张景根, 史绍林. 槭树科树种引种繁育研究进展[J]. 防护林科技, 2017(9): 95-97.
- [17] 陈华玲, 彭火辉, 朱启东, 等. 3个槭树品种嫁接繁殖技术研究[J]. 江西科学, 2014, 32(1): 35-38, 50.
- [18] 李彬, 乔谦, 李承水. 三角枫扦插、嫁接技术研究[J]. 山东林业科技, 2017(6): 35-37.
- [19] 王贵福, 焦猛, 李玉峰, 等. 彩叶槭树嫁接快繁技术研究[J]. 现代农业科技, 2012(1): 211-212.
- [20] 祝志勇, 竺君, 崔广元, 等. 秀丽槭实生苗变异新品种培育方法与实践研究[J]. 林业科技通讯, 2006(9): 34-36.
- [21] 周海洋, 马凤, 宋雪霞, 等. 红枫育苗栽培技术初探[J]. 甘肃农业, 2015(16): 39.
- [22] 曹倩. 花叶复叶槭繁殖栽培管理技术[N]. 中国花卉报, 2018-12-11 (W04).
- [23] 刘同凯, 薛晓娜, 靳学东, 等. 美国红枫嫁接技术研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5): 1974-1975.
- [24] 崔广元, 祝志勇, 林乐静, 等. 槭树新品种“流泉”全冠嫁接繁殖技术[J]. 林业科技通讯, 2015(8): 40-42.
- [25] 尹新彦, 储博彦, 李金霞, 等. 美国红枫“秋火焰”扦插繁殖技术的优化[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(5): 1411-1412, 1437.
- [26] 赖玉洁. 青榨槭组织培养与扦插快繁研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2007.
- [27] 贾娟, 姚延寿, 史敏华, 等. 生根剂促进槭树植物扦插繁殖的研究进展[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(4): 107-109.
- [28] 高峰. 五角枫嫩枝扦插繁殖技术研究[D]. 太原: 山西农业大学, 2017.
- [29] 韩红娟, 刘煊婷. 银槭引种繁育技术[J]. 防护林科技, 2016(7): 124-125.
- [30] 有祥亮. 欧洲栓皮槭和银叶槭引种的适应性、繁殖技术与经济价值研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [31] 陈新美, 张会儒, 武纪成, 等. 柞树林直径分布模拟研究[J]. 林业资源管理, 2008(1): 39-43.
- [32] 何素芬, 吴戎, 顾大勤. 美国红枫硬枝扦插育苗试验研究[J]. 四川林业科技, 2014(1): 61-62, 88.
- [33] 张春艳, 吴瑜. 我国槭树科组织培养研究进展[J]. 北方园艺, 2014(7): 181-184.
- [34] 杨林星. 自由人槭“秋焰”茎段和休眠芽离体快繁体系的建立[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [35] 徐榕. 自由人槭(*Acer ×freemanii*)组培快繁技术体系的构建[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- [36] 李岩岩. 茶条槭(*Acer ginnala*)组织培养与快速繁殖技术研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2007.
- [37] 郝爱丽. 青榨槭愈伤组织诱导分化及生根生理生化基础研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2010.
- [38] 胡佳卉. 羊角槭 *Acer yangyuechi* 组织培养及扦插生根生理研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2018.
- [39] 曹攸义, 刘国民. 实用植物组织培养技术教程[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1990.
- [40] 窈玥. 两种槭树的组织培养和防治组培污染的初步研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2010.
- [41] 杨昌煦, 刘兴玉. 中国槭树资源与观赏利用[J]. 西南农业大学学报, 1998, 20(1): 67-71.

(上接第7页)

- [67] 王常伟, 顾海英. 市场 VS 政府, 什么力量影响了我国菜农农药用量的选择? [J]. 管理世界, 2013(11): 50-66.
- [68] 张晓恒, 周应恒, 严斌剑. 农地经营规模与稻谷生产成本: 江苏案例[J]. 农业经济问题, 2017(2): 48-55.
- [69] 娄博杰, 宋敏, 韩洁. 农户农药使用行为特征及规范化建议: 基于东部6省调研数据[J]. 中国农学通报, 2014, 30(23): 124-128.
- [70] 江定心, 唐志容, 吴金桃. 基于 Logistics 多元回归的农户施药行为实证分析[J]. 农药, 2018(8): 593-598.
- [71] 关恒达, 吕建兴, 邹俊. 安全技术培训、用药行为习惯与农户安全意识: 基于湖北8个县1740份调查问卷的实证研究[J]. 农业技术经济, 2012(8): 81-86.
- [72] 王建华, 马玉婷, 王晓莉. 农产品安全生产: 农户农药施用知识与技能培训[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(4): 54-63.
- [73] 王常伟, 顾海英. 规模化、农户能力对农产品合格率影响的实证分析[J]. 农业技术经济, 2017(11): 4-15.
- [74] 李波, 张俊飏, 张亚杰. 贫困农户农业科技需求意愿及影响因素实证研究[J]. 中国科技论坛, 2010(5): 127-132.
- [75] 许燎原. 以植保喷雾器械新型化提升统防统治效率[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(9): 73-75.
- [76] 郑永权, 孙海滨, 董丰收, 等. 高效低风险是农药发展的必由之路[J]. 植物保护, 2012, 38(2): 1-3.
- [77] 丁涛, 杨进, 秦玉金. 扬州市农药使用现状及农药控量使用对策[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(12): 73-76.
- [78] 郑龙章, 张春霞, 黄森慰. 茶农使用农药行为影响因素实证研究: 以福建省为例[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2009, 12(2): 44-49.
- [79] 王建华, 刘苗, 李俏. 农产品安全风险治理中政府行为选择及其路径优化: 以农产品生产过程中的农药施用为例[J]. 中国农村经济, 2015(11): 54-62, 76.
- [80] 李太平, 祝文峰. 生鲜农产品质量安全监管力度研究: 以蔬菜农药残留为例[J]. 江苏社会科学, 2017(2): 84-91.
- [81] 柯杨, 马瑜, 李勃, 等. 农产品质量安全现状及检测与追溯技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(24): 315-319, 324.
- [82] 杨进, 刘学儒, 秦玉金. 扬州市植保社会化服务现状、做法及发展思路[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(2): 62-65.
- [83] 李新良. 商水县植保社会化服务体系发展制约因素及应对措施探讨[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(3): 90-92.