

文章编号: 1674-7054(2018)02-0260-07

扇叶铁线蕨的研究进展

汪金梅¹, 于旭东¹, 蔡泽坪¹, 徐诗涛¹, 吴繁花¹, 罗佳佳^{1,2}

(1. 海南大学 热带农林学院, 海南 儋州 571737 2. 中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所 / 农业部热带作物种质资源利用重点开放实验室, 海南 儋州 571737)

摘要 扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum* L.)是铁线蕨科铁线蕨属的一种中小型蕨类植物,多用于园林景观设计 & 医疗卫生事业,具有很高的观赏价值和药用价值。然而,由于生态环境破坏及人为挖掘,扇叶铁线蕨的数量已大大减少。笔者对扇叶铁线蕨的生长发育、快速繁殖技术和其在园林及医药方面的应用等进行了综述,以期探究出更有效的保护、繁殖途径和进一步优化其在医药价值上的利用提供参考。

关键词 扇叶铁线蕨; 形态发育; 快速繁殖; 园林应用; 药用价值

中图分类号: Q949.9 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.2018.02.020

扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellulatum* L.)又称过坛龙、乌脚枪、黑骨芒箕、大猪毛七等,为铁线蕨科铁线蕨属的一种多年生中小型蕨类植物^[1-2],喜欢光线充足而有荫蔽的温暖湿润环境,多生于草丛中和树林下,为酸性土的指示植物,在我国中南、西南、江浙一带及海南、台湾等诸多地区均有分布^[3-4]。扇叶铁线蕨全草皆可入药,祛淤消肿,清热解毒,具有很高的药用价值^[5]。又因其四季常青、形态优美,常作为观叶植物应用于园林景观设计 & 室内栽培观赏。近年来,由于人为挖采及环境破坏,扇叶铁线蕨野生资源大大减少。笔者对扇叶铁线蕨的孢子体及配子体的发育、快速离体繁殖技术和其在园林及医药方面的应用等进行了综述,以期探究出更有效的保护、繁殖途径和进一步优化其在观赏及医药价值上的利用提供参考。

1 扇叶铁线蕨配子体及孢子体的发育

扇叶铁线蕨孢子成熟后为黄褐色,赤道轴长 40~45 μm ,极轴长 35~40 μm ^[6];孢子整体呈辐射对称状,具三裂缝,四面体形,周壁具纹饰(图 1-A)^[7]。孢子散播后,约 4~10 d 开始萌发,先长出无色透明的初生假根,而后形成原叶体细胞(图 1-B, C, D)。配子体发育及卵发生过程的观察结果显示,扇叶铁线蕨孢子萌发为书带蕨型(Vittaria-type),经丝状体、带状体、片状体等阶段发育为雌雄同株(同型)的心形原叶体(图 1-E)^[8-9]。精子器和颈卵器则分别在孢子萌发后的 40~50 d 发生于原叶体基部和生长点下方,颈卵器原始细胞成熟后分裂成 3 层,上层为颈卵器颈部壁细胞,中间为初生细胞,初生细胞又经 2 次不等分裂形成 3 个细胞,分别为颈沟细胞(Neck canal cell)、腹沟细胞(Ventral canal cell)和卵细胞(Egg),颈沟细胞和腹沟细胞在后期的生长中逐渐退化消失,并在颈沟内产生大量能吸引精子进入颈卵器不定形物质^[8]。

扇叶铁线蕨配子体后期逐渐退化,直至消失,由合子发育形成的孢子体继续完成生活史(图 1-F, G)。其成熟孢子体株高约 15~45 cm,属中小型蕨类植物,根茎较短,密被有光泽的棕褐色鳞片;叶柄呈栗色,粗约 2.5 mm,长约 10~40 cm,上部光滑,基部则带有与根茎相似的鳞片(图 1-H)^[10]。扇叶铁线蕨叶片近似扇形,呈二至三回不对称的二叉分枝,两侧的羽片较短,中央的羽片则略长;小羽柄及各回羽轴呈黑褐色,略带光泽,基部光滑,上面长有红棕色的短刚毛;小羽片叶面光滑平展,叶色浓绿或略显棕色^[10-11]。扇叶铁线

收稿日期: 2018-03-13

修回日期: 2018-04-16

作者简介: 汪金梅(1997-),女,海南大学热带农林学院园艺专业 2015 级本科生, E-mail: 2530657818@qq.com

通信作者: 蔡泽坪(1986-),男,讲师,研究方向:植物学, E-mail: 494266605@qq.com

蕨的孢子集中出现在 4 月中旬至 5 月和 9 月中旬至 10 月,即春秋两季,成熟期从初夏一直持续到深冬;孢子囊群发生于叶片背面外缘,以缺刻分开,成熟后呈黄褐色(图 1-I) [12]。

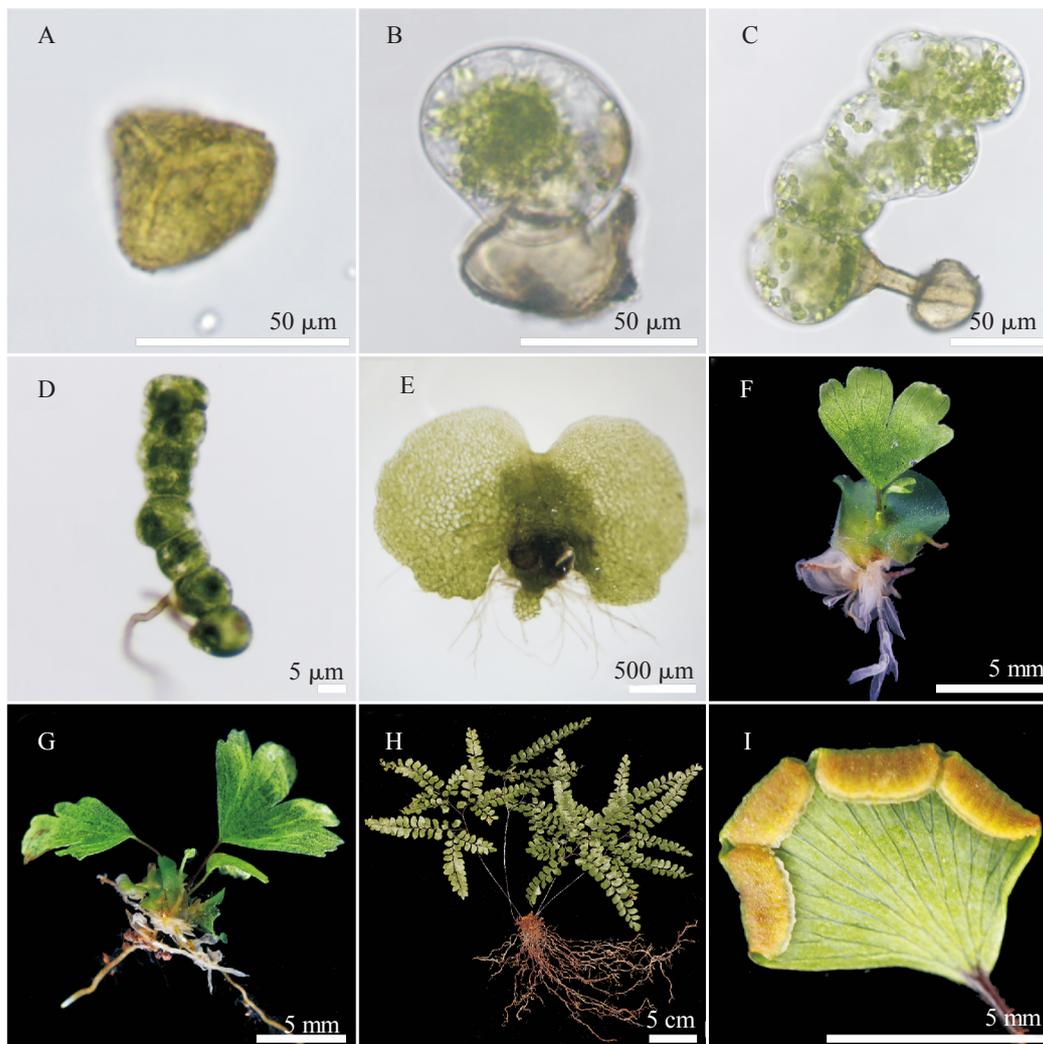


图 1 扇叶铁线蕨配子体及孢子体的发育 [7-12]

A: 成熟孢子; B: 1/4MS 培养基光照条件下培养 8 d 刚开始萌发的孢子; C, D: 1/4MS 培养基光照条件下培养 12, 14 d 的扇叶铁线蕨丝状体; E: 1/4 MS 培养基光照条件下培养 20 d 的心形原叶体; F, G: 幼嫩孢子体寄生在配子体上; H: 孢子体; I: 孢子囊发生于叶片背面外缘

Fig.1 Development of *Adiantum flabellulatum* L. gamete and sporophyte [7-12]

A.Mature spores; B.Spores that have just started to germinate in 1/4MS in the light at day 8 of culture; C, D. *Adiantum flabellulatum* L. filaments cultured on 1/4 MS in the light at day 12 and day 14 of culture; E. Heart-shaped prothallium cultured for 20 days in 1/4MS culture medium; F, G. Young sporophytes were parasitic on gametophytes; H. Sporophyte; I. Sporangium occurred on the outer edge of the leaf

2 扇叶铁线蕨的离体繁殖

2.1 孢子繁殖和分株繁殖 蕨类植物的繁殖方式以分株为主,辅以孢子育种 [12]。分株繁殖速度快,且遗传性状稳定,是蕨类植物生产中最常用的营养繁殖方法,其操作简单易行,将亲本植物分枝剪切成两个或多个单独的小植株,每个小植株要求有 1 个以上的生长点,只要养护管理得当,成活率很高,甚至可达 100% [14-15]。孢子繁殖的繁殖量大,后代适应能力强,且操作简单、成本低;目前主要的播种方法有 2 种:一种是将孢子倒入喷壶中,加水或营养液摇匀,然后将制成孢子悬浮液喷洒在播种床上;另一种方法是将床

土润湿后,把孢子撒播于床面,再用软刷梳理使孢子分散均匀^[13]。然而分株繁殖中,分株数量有限,繁殖系数普遍偏低,无法在短时间内获得大量的新植株^[16];孢子繁殖也受季节及环境因子调控,且有植株易老化等缺点,两者均不适宜蕨类植物的大批量生产^[17]。

2.2 组织培养 快速离体繁殖技术是蕨类植物在短时间内快速增加种群个体数目的有效方法,可用少量外植体在较小空间内生产大量新植株,幼苗也可在小空间内进行离体保存^[18],且营养、光照、温度等影响再生植株生长发育的环境因子也易于调控,在生产上有着独特的优势,已经成为蕨类植物繁殖的有效途径之一^[19]。

2.2.1 外植体类型 蕨类植物用于组织培养的外植体类型可分为配子体和孢子体2种。早期研究中,多以孢子体为外植体材料,如用幼嫩叶片^[20-21]、匍匐茎^[22]、根状茎^[23]或茎尖^[24-25]等进行组织培养,近年,人们则更多的把视线放在了孢子上^[8,17,26-31]。研究发现,与新鲜孢子相比,扇叶铁线蕨孢子在4℃低温冷藏一段时间后,萌发率有显著增加,其中,低温冷藏8个月的孢子萌发率最高,达23.7%^[32]。

2.2.2 组织培养快繁途径和最佳培养基 目前,在扇叶铁线蕨的组织培养上应用的外植体材料主要为孢子。扇叶铁线蕨孢子体积小、数量多,采取的消毒方法有2种:①用滤纸^[17]或干净纱布^[31]将孢子包裹,用5%的NaClO溶液将孢子浸泡3~5min,再用无菌水洗涤^[6,27,30];②用无菌水浸泡20~30min,75%的酒精处理15~30s,再用0.1%的升汞消毒3min,最后用无菌水洗涤多次^[26,28-29]。研究发现,用0.1%的升汞消毒4min的孢子较消毒8min的孢子先萌发,萌发率也明显提高,为22.7%,且后期的生长发育也较快^[32]。

吴华等^[17]对扇叶铁线蕨组织培养的最佳培养条件进行了探究,研究表明:扇叶铁线蕨孢子萌发需在光照条件下进行,黑暗条件下则不萌发,低无机盐浓度的1/4MS培养基对孢子萌发及原叶体前期生长最有利,蔗糖方面,低质量浓度(0~15g·L⁻¹)能促进原叶体分生区和性器官的形成与分化,中等质量浓度(15~30g·L⁻¹)利于孢子萌发,而高质量浓度(60g·L⁻¹)则阻碍孢子萌发和原叶体发育。陈春^[31]研究发现,0.2%的活性炭(AC)对扇叶铁线蕨的孢子萌发也有一定的促进作用,萌发率可达87%。

2.2.3 植物激素的影响 在扇叶铁线蕨的组织培养中应用的植物激素主要有细胞分裂素和生长素,其中细胞分裂素主要有ZT(玉米素)和6-BA,应用的生长素主要有IBA、NAA和2,4-D。

生长素对扇叶铁线蕨原叶体增殖的影响。质量浓度为0~0.5mg·L⁻¹的NAA利于原叶体增殖,低质量浓度(0~0.5mg·L⁻¹)的2,4-D对原叶体增殖的影响不显著,而高质量浓度的2,4-D则会产生较明显的抑制作用,IBA使原叶体只进行营养增殖而不进行有性生殖^[33]。统筹实验结果得出:不添加激素的MS培养基对扇叶铁线蕨原叶体的增殖最有利^[17]。

生长素影响扇叶铁线蕨绿色球状体(green globular body, GGB)的诱导和增殖。陈春^[31]的实验结果表明:扇叶铁线蕨GGB诱导和增殖的最适培养基为1/2MS+6-BA 0.5mg·L⁻¹+NAA 0.1mg·L⁻¹;最佳分化培养基为1/2MS+6-BA 0.3mg·L⁻¹+NAA 0.1mg·L⁻¹+AC 0.15%。王洋^[31]认为,最适合GGB增殖的激素组合为MS+NAA 0.1mg·L⁻¹+6-BA 1.0mg·L⁻¹,增殖倍数接近2倍;最适合诱导GGB的分化的激素组合为MS+ZT 0.1mg·L⁻¹和1/2MS+ZT 0.1mg·L⁻¹,分化率可达50%。实验结果有差异的原因可能是由实验采用的GGB生长状况不同所致。

2.3 不完全培养技术 不完全培养技术(partial tissue culture method)可减少蕨类植物在组织培养中所必需的许多手动转移操作,并能有效从繁殖材料中消除已知的病原体。Knauss^[34]对多种蕨类植物进行了不完全培养,即将成熟的原叶体与1/2MS液体培养基以1:20的比例混合,置于搅切器中搅切混匀,而后再将制成的悬浮液加入固体培养基或者无菌土壤中培养。结果表明,不完全培养技术能有效增加原叶体增殖为孢子体的倍率,在许多蕨类植物上也得到了应用。王洋^[32]用不完全培养方式对扇叶铁线蕨进行了研究,其得出的结果是:不完全培养技术对扇叶铁线蕨原叶体直接分化成孢子体没有明显的促进作用,且不完全培养技术得到的孢子体苗长势较弱。

3 扇叶铁线蕨的野生分布和园林绿化中的应用

扇叶铁线蕨原产于热带地区,在亚热带地区也多有发现,广泛分布于我国台湾、海南、两广及江浙等诸多地区,赵容等^[35]在辽宁省新宾县也发现了扇叶铁线蕨,但由于环境原因使得叶片的颜色变浅。扇叶铁线蕨喜光线充足而有荫蔽的温暖湿润环境,耐阴、忌强光直射,多生于草丛中、树林下及水流边,在南方丘陵人工林^[36]、马占相思林^[37]、三峡库区^[38]及海南橡胶林下^[39]均有发现。扇叶铁线蕨为酸性土指示物,喜微酸性红、黄壤土(pH5.5~6.0),适应光照为2 000~6 000 lx,相对湿度要求70%~90%,在18~24℃气温下生长状况最好^[39]。扇叶铁线蕨对生态环境有较强适应性,可在岩溶环境下正常生长,在较差的立地条件下也能存活^[4,40];其还具有一定的抗寒抗旱能力,在泛喜马拉雅地区也发现了扇叶铁线蕨的踪影^[41-42]。

蕨类植物在园林景观设计中有很多应用,既可独立成景,也可与其他植物协调搭配,形成花镜、花带等各色景观,虽无艳丽的花朵,却因叶色青翠、线条和谐,而有“无花之美”的雅称^[43-44]。无论在日本、欧美还是我国园林界,都有越来越多应用,更是作为必不可少的景观植物而广泛栽植于日本庭园的各个区域^[45]。

扇叶铁线蕨叶片近似扇形,色泽浓绿,四季苍翠,以拳叶萌动和展叶期观赏最佳,属于良好的观叶植物^[12]。其叶柄细长直立,叶片呈扇形或不整齐的阔卵形,适宜盆栽或景观栽培,可用于切叶,观赏价值极高^[3]。扇叶铁线蕨喜散射光,加之耐阴的特性,使其被广泛用于园林设计中,诸如窗台下、院门旁及水池边^[2];又因其可以产生特定的显微和亚显微结构以适应岩溶干旱环境,故多用于假山及石缝间,起点缀作用^[4]。扇叶铁线蕨叶形柔美,且吸收甲醛和总挥发性有机化合物(Volatile Organic Compound, TVOC)的能力较强,对室内空气污染具有较强的净化和改善能力,因此,常作为室内盆栽置于书房、案头等或用于鲜切花中作为陪衬^[46]。

4 扇叶铁线蕨的药用价值

4.1 止痛活性 铁线蕨属植物含有机酸、氨基酸、黄酮、酚类等多种化合物,具有抗衰老、抗氧化及抗肿瘤等诸多作用^[47-48]。药理研究表明,扇叶铁线蕨全草皆可作为药用,性偏凉,味微苦、涩,清热解毒,消疲去乏,活血化瘀,且具有良好的镇痛作用,已广泛应用于医疗卫生事业^[49]。Mohammad Shahriar等^[50]曾就扇叶铁线蕨的止痛活性做过研究:将扇叶铁线蕨根茎洗净、切碎,研磨成粉状,再分别用己烷、氯仿和甲醇提取,而后将滤出的萃取物用旋转蒸发器蒸干,分别得到胶状浓缩己烷(1.85 g)、氯仿(0.95 g)和甲醇(0.82 g)提取物,最后将提取物在4℃下冷冻脱脂。用冰醋酸通过使用特殊的陷阱腹膜内给实验小鼠创造疼痛感,使这些小鼠发抖,定期出现疼痛,身体产生痉挛或收缩的扭动。一段时间后,注入扇叶铁线蕨根茎的己烷、氯仿和甲醇提取物,检查其止痛活性。结果表明,根茎的氯仿和甲醇提取物显示出显著的镇痛活性,对小鼠乙酸诱导扭体反应的抑制分别为29.5%和38.0%,而已烷提取物中没有显示任何明显的镇痛活性。

4.2 扇叶铁线蕨凝集素 凝集素是一种与糖特异结合的蛋白质或糖蛋白,是研究多糖、糖蛋白结构、细胞表面受体、肿瘤细胞以及相关酶和糖蛋白分离纯化的重要工具^[48-50];凝集素还可参与植物体内的许多生理病理过程,在免疫学、生物化学、细胞生物学等许多领域有着广泛的用途^[51-55]。余萍等^[54]用磷酸盐缓冲液将剪碎的扇叶铁线蕨叶片浸泡一晚,再用80%硫酸铵沉淀,最后用DEAE-Sephrose-FF和Sephadex G-100层析纯化,冷凝干燥后,得到扇叶铁线蕨凝集素(AFL)。经研究分析发现,AFL仅含4%的中性糖,是一种碱性糖蛋白,表观分子量约为22 500 Da,仅由1个分子量约22 000 Da的亚基组成;其苯丙氨酸(Phe)含量最高,而酪氨酸(Tyr)的含量几乎为零^[53]。AFL具有良好的热稳定性,60℃时部分失活,100℃时全部失活^[54]。研究发现,AFL的凝集活性主要依赖于Mn²⁺和Ca²⁺,甘露糖对其凝集活性产生部分抑制作用,卵粘蛋白则能完全抑制其凝集活性^[54]。AFL的凝集活性还具有选择性,只能凝集部分种类的动物血细胞,且凝集强度也因物种不同而呈现出较大差异,如对鳖的血细胞不表现凝集活性,对各种细菌及淡水藻类的凝集性能不一,对鸡血细胞则表现出较强凝集活性,还可以凝集人类的A、B、O型血^[53]。

5 展 望

研究发现,扇叶铁线蕨成熟卵细胞上表面卵膜中央存在受精孔,但在多数蕨类的显微观察中却未有发现,其原因可能是因为受精孔较小,在超显微切片中不易观察到。后期工作中可用曹建国等人的连续切片方式探究受精孔是否在同孢型蕨类植物中普遍存在,其发生过程及形成意义也是蕨类植物的生长发育的重要研究方向。

AFL可以凝集人类的A、B、O型血,但在人类医疗卫生事业上的进一步应用及能否抑制植物的某些病菌还有很大的探索空间。铁线蕨属多数种都有抑菌、抗氧化能力及抗糖尿病潜力,而扇叶铁线蕨根茎及叶片精油中所含的多种化合物在医药上的具体作用及在医疗卫生事业上的价值还需深入开发^[56-57]。

蕨类植物的观赏价值日益突显,但由于生态环境破坏及人为挖掘,扇叶铁线蕨的数量已大大减少,无法满足庞大的市场需求^[39],其生长周期及野生生境方面的记录与考究也相对匮乏。因此,探索出实现扇叶铁线蕨优质高产的繁殖方法及栽培方式也尤为重要,不完全培养技术也许会是一个很好的突破口。

参考文献:

- [1] 曾宋君. 铁线蕨的观赏价值及繁殖栽培[J]. 园林, 1997(1): 31.
- [2] 高勇. 铁线蕨在园林中的应用及研究进展[J]. 中国林副特产, 2010(4): 107-109.
- [3] 吴兆洪. 中国蕨类植物科属志[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 43-46.
- [4] Li M, Yu L, Li W, et al. Ecological adaptation of *Adiantum flabellulatum* leaf in karst areas [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2006, 23(6): 691-697.
- [5] 丁恒山. 山区野生山果资源的加工利用[J]. 中国水土保持, 1986(7): 23-25+65.
- [6] 周玲苹. 铁线蕨孢子培养方法的研究[J]. 荆州师专学报(自然科学版), 1996, 19(5): 81-84.
- [7] 王任翔, 陆树刚, 邓晰朝, 等. 广西3种铁线蕨属植物孢子形态的扫描电镜观察[J]. 广西师范大学学报(自然科学版), 2006, 24(1): 79-82.
- [8] Cao J G, Huang W J, Wang Q X. Microstructural observation on the development of gametophytes and oogenesis in the fern *Adiantum flabellulatum* L. [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2010, 30(4): 702-707.
- [9] Nayar B K, Kaur S. Gametophytes of homosporous ferns[J]. Botanical Review, 1971, 37(3): 295.
- [10] 王爱华, 王发国, 邢福武. 铁线蕨属植物[J]. 园林, 2014(3): 24-27.
- [11] 徐攀, 李全清, 邵树立, 等. 《植物名实图考》中过坛龙等的考证[C]// 中华中医药学会. 中华中医药学会中药鉴定学术研讨会暨中国中西医结合学会中药专业委员会全国中药学术研讨会. 北京: 中华中医药学会, 2007.
- [12] 钟倩云, 李巧娟, 金梦怡, 等. 11种蕨类植物生长发育和观赏性的观察[J]. 热带生物学报, 2012, 3(4): 333-338.
- [13] 赵秀芳. 蕨类植物的孢子繁殖技术[J]. 中国种业, 2005(2): 42-43.
- [14] 李莉, 严岳鸿. 蕨类植物的无性繁殖[J]. 园林, 2014(3): 32-35.
- [15] 丁晓浩. 安徽省几种观赏蕨类植物的引种驯化及繁殖技术的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2008.
- [16] 董丽, 苏雪痕. 荚果蕨 *Mateuccia struthiopteris* Todaro 孢子繁殖的研究[J]. 园艺学报, 1993, 20(3): 274-278.
- [17] Wu H, Yuan L P, Wang Y, et al. Studies on in vitro culture of *Adiantum flabellulatum* from spores. [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2010, 37(3): 457-464.
- [18] 吴芹. 几种观赏蕨类植物的繁殖技术研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [19] 邵宏波, 初立业, 厉彩虹. 花卉园艺植物快速繁殖研究现状() [J]. 植物杂志, 1994(2): 20-21.
- [20] Camloha M, et al. Plant regeneration from leaf explants of the fern *Platyserittm bifurcatum* [J]. Scientia Horticulturae, 1994, 56: 257-266.
- [21] Jambor B E, In vitro regeneration and propagation of *Platyserittm bifurcatum* [J]. Hort Acta Agromonica Htmgarica, 1995, 43(1): 59-66.
- [22] Beck M J, Caponetti J D. The effects of kinetin and naphthalene acetic acid on in vitro shoot multiplication and rooting in the fishtail fern [J]. American Journal of Botany, 1983, 70(1): 1-7.

- [23] Higuchi H, Amaki W, Suzuki S. In vitro propagation of *Nephrolepis cordifolia* Prsel[J]. Scientia Horticulturae, 1987, 32(1): 105-113.
- [24] Amaki W, Higuchi H. Possible propagation system of *Nephrolepis*, *Asplenium*, *Pteris*, *Adiantum* and *Rumohra* (*Arachnioides*) through tissue culture[J]. Acta Horticulturae, 1992, 300(300): 237-244.
- [25] Agrawal D C, Pawar S S, Mascarenhas A F. Cryopreservation of spores of *Cyathea spinulosa* Wall. ex. Hook. f. - an endangered tree fern[J]. Journal of Plant Physiology, 1993, 142(1): 124-126.
- [26] 陈龙清, 季华, 袁芳亭. 荚果蕨孢子的无菌培养[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(5): 436-437.
- [27] 徐艳, 石雷, 刘燕, 等. 砵超富集植物——蜈蚣草孢子的无菌培养[J]. 植物生理学通讯, 2004(6): 713.
- [28] 何义发, 易咏梅, 赵小兰, 等. 紫萁孢子的无菌培养[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004(5): 613-615.
- [29] 鲁雪华, 郭文杰, 刘润东, 等. 华南鳞盖蕨的组织培养和快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2005(4): 495.
- [30] 张开梅, 石雷. 傅氏凤尾蕨配子体发育的研究[J]. 植物学通报, 2005(S1): 50-56.
- [31] Chen C. Tissue culture and regeneration of *Adiantum flabellulatum*[J]. Journal of Fujian Forestry Science & Technology, 2011, 38(4): 65-68.
- [32] 王洋. 扇叶铁线蕨孢子离体培养及其快繁体系的建立[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [33] Suzanne M. Micropropagation of *Notholaena* 'Sun-Tuff' fern[J]. Hort Science, 1997, 27(1): 1224-1225.
- [34] Knauss J F. A partial tissue culture method for pathogen free propagation of selected ferns from spores[J]. Proc. Fla. State. Hort. Society, 1976, 89:363-365.
- [35] 赵容, 尹海波, 刘振亮, 等. 新宾县资源普查品种整理[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(13): 54-60.
- [36] 胡理乐, 闫伯前, 刘琪, 等. 南方丘陵人工林林下植物种间关系分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2019-2024.
- [37] 刘敏, 邱治军, 周光益, 等. 深圳凤凰山马占相思林下植物多样性分析[J]. 广东林业科技, 2007, 23(6): 26-31.
- [38] 程瑞梅. 三峡库区森林植物多样性研究[D]. 北京: 中国林业科学院, 2008.
- [39] 张浪, 姜殿强. 海南野生蕨类植物开发利用研究[J]. 中国科技成果, 2009, 10(21): 24.
- [40] 曹光球, 曹子林, 林思祖, 等. 不同立地闽粤栲群落药用植物种群数量特征[J]. 福建林学院学报, 2008(2): 106-109.
- [41] Li Q J. Effect of PEG stress on drought resistance physiological indices of two ferns' prothallus [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(22): 155-160.
- [42] 毛星星, 刘贤, 张钢民. 泛喜马拉雅地区铁线蕨属细叶铁线蕨系的分类学修订 [J]. 植物分类与资源学报, 2014, 36(4): 453-467.
- [43] 蒋云, 秦华, 顾丽. 观赏蕨类在园林中的应用[J]. 江西农业学报, 2008(5): 44-45, 48.
- [44] 余莉, 董丽, 任爽英. 北京地区蕨类植物资源及园林应用评价[J]. 中国园林, 2005(6): 69-71.
- [45] 吴刘萍. 论蕨类植物在园林中的应用[J]. 北方园艺, 1998(2): 54-55.
- [46] 李浩亭, 刘艳红, 方戌元, 等. 几种观赏蕨类植物对室内环境中甲醛及 TVOC 的净化研究 [J]. 中国园艺文摘, 2016, 32(12): 34-36, 41.
- [47] 李珊, 姚默, 刘向辉, 等. 铁线蕨属药理学研究概况[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(7): 71-73.
- [48] 何春霞, 苏力坦·阿巴白克力. 蕨类植物生物活性成分研究进展[J]. 中成药, 2007(5): 736-740.
- [49] 王俊浩, 宋士良. 鼎湖山的野生药用蕨类植物[J]. 吉林农业大学学报, 1994(3): 32-42+46.
- [50] Shahriar M, Kabir S. Analgesic activity of *Adiantum flabellulatum*[J]. Dhaka University Journal of Biological Sciences, 2011, 20(20): 91-93.
- [51] 王志斌, 李学勇, 郭三堆. 植物凝集素与抗虫基因工程[J]. 生物技术通报, 1998(2): 6-11.
- [52] Yu P, Zheng Y, Liu Y. Characteristics of glycoproteins in *Adiantum flabellulatum* lectin [J]. Journal of Tropical & Subtropical Botany, 2004, 12(1): 57-62.
- [53] Yu P, Liu Y R, Zheng Y. Comparison of cell agglutination and bacteriostasis of lectins from two pteridophytes [J]. Journal of Fujian Normal University, 2004, 20(2): 77-81.
- [54] Mirelman D, Galun E, Sharon N, et al. Inhibition of fungal growth by wheat germ agglutinin [J]. Nature, 1975, 256(5516): 414.
- [55] Hamid J, Ahmed D, Waheed A. Evaluation of anti-oxidative, antimicrobial and anti-diabetic potential of *Adiantum venustum* and identification of its phytochemicals through GC-MS[J]. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 2017, 30(3):705.
- [56] Limaye A S. Antioxidant potential of *Adiantum aethiopicum* L.[J]. World Journal of Pharmacy & Pharmaceuticalences, 2017:

1034- 1042.

- [57] Kang W Y , Ji Z Q , Wang J M. Composition of the essential oil of *Adiantum flabellulatum* [J]. Chemistry of Natural Compounds , 2009 , 45(4): 575- 577.

Research Advances on *Adiantum flabellulatum* L.

WANG Jinmei¹, YU Xudong¹, CAI Zeping¹, XU Shitao¹, WU Fanhua¹, LUO Jiajia^{1,2}

(1. Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737, China;

2. Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences / Ministry of Agriculture Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement in Southern China, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: *Adiantum flabellulatum* L. is a small or medium-sized fern belonging to the genus *Adiantum*. It is dark green in leaf color and green in all seasons, and is mostly used for landscape design and medical and healthcare services. *A. flabellulatum* L. is often used as a foliage plant for indoor ornamental decoration and landscape design. It has a high ornamental value. Due to human disturbance and damage to its ecological environment and its man-made harvest for landscaping and medicinal preparation, the number of *A. flabellulatum* L. has been greatly reduced. Recent researches in *A. flabellulatum* L. were reviewed in terms of growth and development, rapid propagation and application of *A. flabellulatum* L. in landscaping and medicine in order to explore more effective ways for its conservation and propagation as well as its use in ornamental decoration and medicine.

Keywords: *Adiantum flabellulatum* L.; morphological development; rapid propagation; landscape application; medicinal value

(责任编辑 潘学峰)