

刘晓青,朱世东,张克永,等.白掌组培技术研究进展[J].江苏农业科学,2016,44(3):207-210.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.058

# 白掌组培技术研究进展

刘晓青<sup>1,2</sup>,朱世东<sup>1</sup>,张克永<sup>1</sup>,梁丽建<sup>2</sup>,余建明<sup>2</sup>,叶晓青<sup>2</sup>

(1. 安徽农业大学园艺学院,安徽合肥 230036; 2. 江苏省农业科学院农业生物技术研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**白掌(*Spathiphyllum floribundum*)是优良的室内观花观叶植物,具有较高的经济价值、观赏价值,市场发展前景广阔。在综述国内外白掌组培研究现状的基础上,从外植体选择、消毒处理、激素配比、培养条件到炼苗移栽等方面进行了分析,总结了白掌组培中存在的一些问题,并提出建议。

**关键词:**白掌;组培技术;激素;研究进展

**中图分类号:**S682.360.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)03-0207-03

白掌(*Spathiphyllum floribundum*)别称白鹤芋,原产哥伦比亚,是天南星科白鹤芋属多年生常绿草本植物,其叶色浓绿,花姿独特,犹如风帆,是室内优良的观花观叶植物,此外,它可以过滤空气中的苯、三氯乙烯、甲醛,对净化空气有一定作用,具有较高的经济价值、观赏价值,现在我国各地均有栽培<sup>[1]</sup>。2010年,荷兰盆栽白掌的年销售额已达1 990万美元,位列荷兰盆花产量的第九位。我国从20世纪80年代末开始引种白掌并投入小规模生产,栽培时间较短<sup>[2]</sup>。近年来,随着我国人民生活水平的提高,白掌一直供不应求<sup>[3]</sup>。白掌常用分株繁殖,但年繁殖系数低、周期长、速度慢,通过组培方法可以在短期内扩繁大量组培苗<sup>[4]</sup>,且种苗整齐度高、质量好,能极大满足市场需求。本研究对国内外白掌组培技术研究现状进行了综述,对其组培中存在的问题进行了总结,以期对白掌组培研究及其规模化、产业化生产提供参考依据。

## 1 国内外白掌组培研究概况

白掌组培技术研究始于20世纪70年代末,Fonnesbech等第一次用芽、茎段作外植体,在添加2 mg/L PBA的MS培养基上成功诱导出不定芽<sup>[5]</sup>,随后国内外关于白掌组培的研究逐渐开展起来。我国最早由张云开等用芽作外植体,在添加6 mg/L BA+0.2 mg/L NAA激素组合的MS培养基上诱导出不定芽,成功建立了白掌组培快繁体系,同时发现30℃下丛生芽增殖效果最好<sup>[6]</sup>。1993年,马国华等研究发现,同等条件下,液体振荡培养方式能显著提高白掌丛生芽增殖率<sup>[7]</sup>。1994年,周丽依等用白掌幼嫩花序作为外植体,在添加4~5 mg/L BA+0.5 mg/L NAA的MS培养基上,经25 d黑暗培养,第一次成功诱导出体细胞胚<sup>[8]</sup>。1995年,Werbrouck等研究发现,同等条件下,咪唑杀菌剂、多效唑能显著提高细胞分裂素对不定芽的诱导<sup>[9]</sup>。21世纪以来,关于白掌组培技术研

究迅速增多,包括外植体选择<sup>[10]</sup>、消毒处理<sup>[6,11]</sup>、激素配比<sup>[12]</sup>、培养条件<sup>[7,13]</sup>、炼苗移栽<sup>[3,14]</sup>等。

## 2 外植体选择及消毒

### 2.1 外植体的选择

目前,白掌组培采用的外植体有花序<sup>[8,10,15-16]</sup>、茎段和茎尖<sup>[14,17-19]</sup>、侧芽<sup>[6,11,20-21]</sup>、叶片和叶柄<sup>[21-22]</sup>、花丝<sup>[23]</sup>等,其中以花序、茎和侧芽为外植体的研究报道较多。江金兰等研究表明,侧芽更适合作为外植体材料,叶片、叶柄虽然可以通过诱导愈伤组织分化不定芽,但时间较侧芽长且变异率更高<sup>[21]</sup>。一般来说应选择幼嫩部位,因为它正处于营养生长旺盛期,易被诱导、分化,且污染率低。周俊辉等在蚊净香草中以不同叶龄叶片作为外植体进行诱导试验,结果表明,成熟叶片也可诱导出愈伤组织,但污染率较高<sup>[24]</sup>。

### 2.2 消毒

获得无菌材料的关键在于选择合适的消毒方式。消毒剂的种类、浓度以及消毒时间等对不同外植体的消毒效果存在差异,因而选择消毒方式时要求既能达到灭菌效果,又不对植物组织造成严重伤害。目前,白掌外植体采用的消毒剂有75%乙醇、0.1% HgCl<sub>2</sub>、2%次氯酸钠、10%灭菌净以及0.01%新洁尔灭。白掌外植体的消毒步骤一般为:先用清水将外植体表面冲洗干净,然后在超净工作台上用75%乙醇浸泡30 s,无菌水冲洗1~2次,再用0.1% HgCl<sub>2</sub>浸泡8~15 min,最后用无菌水冲洗5~6次<sup>[10,21]</sup>。张云开等研究发现,经过预处理的外植体(将苗除去老叶,切掉顶芽,在室内重新栽种,待长出新芽才用作外植体)有80%成活,对照(直接取原始材料移植生长)100%污染<sup>[6]</sup>。朱飞雪等研究表明,离体单芽消毒5~6 min比短根茎整块消毒效果要好,且操作方便,而且白掌无菌体的获得率与其品种有关,获得无菌体芽数最高的品种为克丽斯,其获得率为82.22%<sup>[11]</sup>。杨舒婷等研究表明,同在乙醇中处理30 s,0.1% HgCl<sub>2</sub>处理10 min,花序的灭菌效果最好,达90%,茎段效果最差,在接种第5天即出现细菌性污染,叶片、叶柄污染率较高<sup>[10]</sup>。

## 3 诱导及增殖培养

3.1 诱导途径 白掌组培苗的诱导途径有3种:一是器官发

收稿日期:2015-03-03

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)5053]。

作者简介:刘晓青(1991—),女,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向为设施园艺。E-mail:liuxiaoqingyz@qq.com。

通信作者:叶晓青,硕士,研究员,主要从事园艺作物生物技术研究。E-mail:yexiaoqing65@163.com。

生途径,主要是通过茎段、叶片诱导愈伤组织,再由愈伤组织分化为不定芽,优点是外植体材料来源广泛,易消毒,缺点是植株变异率高;二是胚状体途径,主要是从肉穗花序中诱导产生,优点是再生频率高,可制成人工种子,有利于种质保存,是理想的遗传转化受体;三是不定芽途径,即通过芽直接诱导产生不定芽,优点是遗传稳定性高,缺点是取材有限,不易消毒。

### 3.2 基本培养基

植物组培常用的培养基有 MS、1/2MS、B<sub>5</sub>、N<sub>6</sub>、White 等。崔月玲等在红掌组培研究中发现,用叶片作外植体,接种到几种培养基时,愈伤组织诱导率及诱导速度为 1/2MS > MS > N<sub>6</sub> > B<sub>5</sub> > White<sup>[25]</sup>。Dewir 等研究了不同含量 MS、不同浓度蔗糖对芽生长及增殖的影响,结果表明,全量 MS 培养基有利于芽增殖及生长,30 g/L 蔗糖有利于芽增殖,50 g/L 蔗糖有利于芽生长<sup>[13]</sup>。朱根发研究表明,将 MS 培养基中的 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 浓度提高至 255 mg/L 可促进丛芽增殖<sup>[26]</sup>,这与罗建勋等在丝石竹中的研究结果<sup>[27]</sup>相似。

### 3.3 激素

激素种类和不同功能激素配比是影响外植体能否成功启动的关键因素之一<sup>[28]</sup>。目前,白掌组培常用的细胞分裂素为 6-BA、TDZ,生长素为 NAA、2,4-D、IBA。

3.3.1 激素种类对白掌诱导增殖的影响 Zhao 等在叶片和叶柄诱导体细胞胚研究中发现,与 BA、CPPU、2-iP 相比,TDZ 与 NAA 或 2,4-D 组合的诱导效果最好,这可能与 TDZ 稳定性高、能抵抗细胞分裂素氧化酶的降解且能与生长素互作有关<sup>[29]</sup>。陈荣等在对白掌茎外植体芽诱导增殖研究中也发现,TDZ 与 NAA 组合培养 80 d 后,芽增殖倍数高达 26 以上<sup>[4]</sup>。目前报道的白掌芽的增殖倍数一般只有 4 左右。Dewir 等用茎尖作外植体,在增殖不定芽试验中发现,BA 的增殖效果最好,TDZ 的增殖效果最差,且易发生变异<sup>[13]</sup>,这与 Han 等研究结果相似<sup>[30]</sup>。究其原因,可能是不同细胞分裂素对不同外植体的作用效果存在差异,也可能是不同外植体自身的生长状态及基因型有所不同。

3.3.2 激素对比对白掌诱导增殖的影响 Dewir 等<sup>[13]</sup>、Ramirez-Malagon 等<sup>[31]</sup>研究结果表明,单一细胞分裂素可诱导芽增殖,但增殖效果明显不如细胞分裂素与生长素组合使用效果。杨培君等认为,高浓度 BA 和较小的 BA/IBA(NAA)比值有利于诱导绿巨人愈伤组织形成,当 BA 和 IBA(NAA)浓度均较低且其比值为(5~10):1 时有利于绿巨人芽分化<sup>[12]</sup>。这与黎建玲等在蜻蜓凤梨<sup>[32]</sup>、韩伟等在红掌<sup>[33]</sup>中的报道相似。朱飞雪等认为,继代增殖过程中,6-BA 使用浓度过高易引起玻璃化现象和因愈伤组织增多而抑制腋芽增殖,将 6-BA 浓度在 1.0、0.5 mg/L 交替使用则可以避免这种现象,但在使用过程中,0.5 mg/L 浓度不能连续使用 3 代,否则其增殖系数会明显减少<sup>[11]</sup>。

### 3.4 培养条件

白掌诱导和增殖培养中,温度、湿度、光强、光质、碳源、pH 值等都会对其产生一定影响。张云开等研究表明,温度在一定程度上影响丛芽增殖和生长,30℃下芽增殖最为理想,芽增殖数多,生长快且生长正常<sup>[6]</sup>。周丽依等和 Zhao 等研究发现,外植体在暗处培养有利于诱导体细胞胚产生<sup>[8,29]</sup>。此外,江如蓝等对红掌的研究表明,在培养基中分别加入相同浓

度的葡萄糖、蔗糖(30 g/L),葡萄糖比蔗糖更易于促进愈伤组织诱导和生长<sup>[34]</sup>。

### 3.5 培养方式

植物组培有固体培养、液体培养 2 种方式,前者易操作,通气性较好,但营养分布不均,后者营养分布均匀,但通气性较差。白掌组培多采用固体培养基。马国华等研究了液体振荡培养方式对白掌丛芽增殖的影响,发现通过液体培养 1 个月,其增殖指数比固体培养 1 个月高 4 倍以上,且不发生褐变,出芽整齐,原因是液体培养中,丛芽组织极性消失,组织四周都能诱导丛芽体<sup>[7]</sup>。Dewir 等研究结果表明,固体培养基更利于丛芽增殖,液体培养中可能因为缺少氧气,从而抑制了芽的增殖速度<sup>[13]</sup>。

## 4 生根培养

白掌组培苗较易生根,其直接移栽成活率可达 95% 以上<sup>[26]</sup>,能有效降低生产成本,但未经生根培养的移栽苗种苗整齐度不一致<sup>[21]</sup>。目前白掌组培苗生根常用的激素为 NAA、IBA,浓度多为 0.2~1.0 mg/L。崔锡明等研究表明,同等条件下,1/2MS 培养基上的白掌无菌苗生根率明显高于全量 MS,说明低盐培养基更有利于白掌无菌苗根的分化<sup>[20]</sup>。陈荣等认为,IBA 处理优于 NAA 处理,但以添加 NAA 0.2 mg/L + IBA 0.4 mg/L 为最佳选择,该组合可以缩短生根时间,提高一级主根数量,且根系质量高,移栽容易成活<sup>[4]</sup>。陈汉鑫等利用正交试验对白掌无根苗的生根培养基进行了筛选,发现影响白掌生根的主次因素为:基本培养基 > IBA > 活性炭 > 蔗糖,试验获得的优化培养基配方为 2/3MS + IBA 1.5 mg/L + AC 0.15% + 蔗糖 3%<sup>[14]</sup>。此外,张云开等发现,无根苗的高度影响植株根系的诱导,同一培养基上,无根苗高的易生根,苗高 3 cm 以上时,其生根率最高,达 85.4%;苗高 2 cm 以下时,诱导生根较少,仅 53.5%<sup>[6]</sup>。朱根发研究表明,白掌生根能力与品种有关,香水白掌生根能力最强,其次是绿巨人、神灯白掌,大汉白掌的生根能力最差<sup>[26]</sup>。

## 5 炼苗移栽

### 5.1 炼苗

白掌组培苗生长的瓶内条件是一种无菌、高湿、弱光的特殊环境,可能导致其在植物形态、解剖结构及生理生化方面产生一系列变化<sup>[35-36]</sup>,当将其转移到瓶外环境中时,这些异常变化需要通过炼苗得以纠正,从而更好地适应瓶外环境<sup>[37]</sup>,提高移栽成活率。一般而言,炼苗的过程是:当组培苗长到 3~4 cm,有 3~4 条根系时就可以打开瓶盖,注入 1 cm 深的自来水以及少量多菌灵或甲基硫菌灵 1 000 倍溶液驯化 2~3 d,洗净幼苗根部的培养基,栽植到消毒后的基质中,保持空气湿度在 85%~95%,温度 25~30℃,遮阴 80%~90%,同时加强肥水管理和病虫害防治,1 个月后续长出新叶,再逐渐降低遮阴度和湿度,以适应温室生长环境<sup>[18,21]</sup>。

### 5.2 移栽

就移栽基质而言,一般要求基质具有疏松、透气、排水等特点,常用基质有腐叶土、泥炭土、珍珠岩等。陈汉鑫等研究了不同比例组合泥炭土和珍珠岩对白掌试管苗成活率的影响,发现其在泥炭土 + 珍珠岩(10:2)的基质上成活率可达

91.9%<sup>[14]</sup>。王春荣等研究了不同配方基质对白掌组培苗生长的影响,结果表明,白掌组培苗在50%树皮+25%草炭+25%花生壳和50%草炭+50%花生壳的配方基质上长势最好,对这些有机废弃物的利用,有利于大幅度降低栽培成本,减少对环境的污染<sup>[38]</sup>。徐婉莉等观察发现,生长在珍珠岩中的组培白掌根系较白但细弱,在沙子里的根比较强壮,且植株生长状态更好<sup>[39]</sup>。此外,陈星星研究了不同光质比例的新型光源LED对白掌组培苗移栽后生长的影响,发现高比例红光80% R + 20% B处理的组培苗移栽后生长状况最好,叶幅、叶长、根系活力、根数均达到最大值;但在新型光源CCFL对白掌组培苗移栽后生长的影响研究中却发现,白光处理下,组培苗的株高、叶幅、叶长、根长、根数等生理指标均达到最大值,且明显优于其他处理,包括80% R + 20% B处理<sup>[40]</sup>。

## 6 建议

与传统分株繁殖方式相比,白掌组培繁殖具有速度快、周期短、年繁殖系数高等优点,但在其组培过程中,也存在一些问题:一是试验重复性差,有些报道可能激素配比相同,但得出的结论却存在差异,究其原因,可能与所取外植体生长状态以及内源激素含量不同有关;二是白掌品种较多,不同的品种其消毒、诱导、增殖、生根都存在显著差异;三是目前关于白掌组培的报道主要集中于再生体系的建立,而在新品种选育、种质保存、抗性育种以及基因工程等方面的研究极少;四是没有建立一套标准的快繁体系,极大地限制了白掌组培苗市场的生产效益、经济效益。面对白掌广阔的市场前景,解决上述问题的关键首先在于研制一套经济、标准、高效的白掌快繁体系,规范白掌组培苗市场;其次是加强白掌新品种选育,通过基因工程技术改进白掌现有性状,如花色、花期、叶型等,以及进行一系列抗性育种,如耐阴性育种,使白掌更好地适应室内环境,发挥观花观叶的优良特性;再次是借助白掌组培技术,探讨白掌遗传转化过程中的一系列生理生化现象,建立种质资源基因库,对于白掌种质资源保护及创新具有十分深远的意义。

## 参考文献:

- [1] 余亚白,陈源,赖呈纯,等. 室内空气净化植物的研究与利用现状及应用前景[J]. 福建农业学报,2006,21(4):425-429.
- [2] 吴维坚,鞠玉栋. 不同移栽方式对白鹤芋试管苗移栽成活率的影响[J]. 中国园艺文摘,2010(9):45-46.
- [3] 陈星星,徐明辉,何松林. 新型光源发光二极管(LED)下白掌组培苗移栽后生长状况研究[J]. 中国农学通报,2014,30(19):196-200.
- [4] 陈荣,李庆玲,朱昌叁. TDZ在白掌组织培养中的应用[J]. 江苏农业科学,2012,40(5):34-35.
- [5] Fomesbech M, Fomesbech A. *In vitro* propagation of *Spathiphyllum* [J]. Scientia Horticulturae, 1979, 10(1):21-25.
- [6] 张云开,朱西儒,黄鸿枢. 白鹤芋试管苗快速繁殖及移栽试验[J]. 广东农业科学,1991(4):29-31.
- [7] 马国华,朱西儒,张云开,等. 液体振荡培养高速繁殖白鹤芋丛芽[J]. 园艺学报,1993,20(3):307-308.
- [8] 周丽依,邝哲师,陈俊秋,等. 白鹤芋体细胞胚无性系的建立[J]. 广东园林,1994(4):18-20.
- [9] Werbrouck S O, Debergh P C. Imidazole fungicides and paclobutrazol

- enhance cytokinin - induced adventitious shoot proliferation in *Araceae* [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1996, 15(2):81-85.
- [10] 杨舒婷,王华新,李娜,等. 白鹤芋外植体材料的初步筛选研究[J]. 现代农业科技,2011(16):187.
- [11] 朱飞雪,郭丽. 白掌的组织培养技术研究[J]. 河南农业,2014(6):40-42.
- [12] 杨培君,赵桦,李会宁,等. 绿巨人继代培养与快繁的培养基筛选[J]. 汉中师范学院学报:自然科学版,2001(3):75-78.
- [13] Dewir Y H, Chakrabarty D, Hahn E J, et al. A simple method for mass propagation of *Spathiphyllum cannifolium* using an airlift bioreactor[J]. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 2006, 42(3):291-297.
- [14] 陈汉鑫,张连水,万学锋,等. 白掌品种‘维克’茎尖离体培养及快速繁殖[J]. 福建农业学报,2013,28(5):486-489.
- [15] 许大熊. 白鹤芋组织培养快繁及生产技术[J]. 花木盆景:花卉园艺,1998(2):5.
- [16] 范敏,张瑞麟. 白掌的组织培养及快速繁殖[J]. 植物生理学通讯,2003,39(5):477.
- [17] 高天霞,郝哟. 白鹤芋的组织培养和快速繁殖[J]. 生物学通报,1999(8):43.
- [18] 唐征,张小玲. 白掌组培快繁技术的研究[J]. 温州农业科技,2004(3):65-67.
- [19] 覃和业,邱美欢. 白掌的组织培养和快速繁殖[J]. 热带农业科学,2008,28(1):32-33.
- [20] 崔锡明,林思诚,柯沛强. 两种外源激素在白掌组织培养不同阶段的剂量研究[J]. 广东林业科技,2004,20(2):20-22.
- [21] 江金兰,叶炜,罗庆国,等. 白掌的组培与快繁技术[J]. 浙江农业科学,2011(5):1019-1020.
- [22] 赵秀梅,刘芬. 火鹤与白鹤芋组培快繁技术研究[J]. 甘肃农业科技,1999(6):42-43.
- [23] 秦静远. 白鹤芋花丝体细胞胚的诱导及快繁技术[J]. 中国农学通报,2005,21(9):67-69.
- [24] 周俊辉,杨妙贤,洗元香. 蚊净香草叶片离体培养研究[J]. 仲恺农业技术学院学报,2005,18(2):21-24.
- [25] 崔月玲,卢庆延,徐迎春. 火鹤花离体培养无菌体系建立技术的研究[J]. 山东农业科学,2007(2):26-28.
- [26] 朱根发. 白鹤芋属观赏植物的组织培养和快速繁殖技术研究[J]. 中国农学通报,2003,19(3):75-76,88.
- [27] 罗建勋,王宇,黄颜梅. 丝石竹优良单株快速繁殖的研究[J]. 四川林业科技,1998(4):22-26.
- [28] 胡莹,杨柳青. 山茶科植物组织培养研究进展[J]. 江苏农业科学,2008(2):6-9.
- [29] Zhao J, Cui J, Liu J, et al. Direct somatic embryogenesis from leaf and petiole explants of *Spathiphyllum* ‘Supreme’ and analysis of regenerants using flow cytometry [J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 2012, 110(2):239-249.
- [30] Han B H, Yae B W, Yu H J, et al. *In vitro* propagation of *Spathiphyllum floribundum* cv. Cupid [J]. Korean Journal of Plant Tissue Culture, 2001, 28:209-213.
- [31] Ramirez - Malagon R, Borodanenko A, Barrera - Guerra J A. Shoot number and shoot size as affected by growth regulators in *in vitro* cultures of *Spathiphyllum floribundum* L. [J]. Scientia Horticulturae, 2001, 89(3):227-236.
- [32] 黎建玲,蒋波,何小燕,等. 蜻蜓凤梨快速繁殖的研究[J]. 玉林师范学院学报,2006,27(3):101-104.

熊星,唐晓岚,周明峰,等. 基于绿道理论的江河洲岛滨江景观重构策略——以南京江心洲为例[J]. 江苏农业科学,2016,44(3):210-215.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.059

# 基于绿道理论的江河洲岛滨江景观重构策略 ——以南京江心洲为例

熊星<sup>1,2</sup>, 唐晓岚<sup>1</sup>, 周明峰<sup>1</sup>, 叶海跃<sup>2</sup>, 樊勇吉<sup>1</sup>

(1. 南京林业大学, 江苏南京 210037; 2. 江苏开放大学, 江苏南京 210017)

**摘要:**以产业转型中的江苏省南京市江心洲为例,结合江河洲岛滨江空间的共性特征,细致分析和梳理洲岛滨江空间的生态本底和构筑物现状,确立景观重构目标。并在引入绿道理论的基础上,从生态修复、文脉延续和活动空间营造等功能需求出发提炼出“两带、一道”的滨江景观空间策略。在强调生态和人居环境整合的基础上,针对不同空间类型提供详细构建措施。以期为城市化中的众多江河洲岛滨江空间建设提供理论基础和实践指导。

**关键词:**江河洲岛;江心洲;绿道;堤岸;滨江景观

**中图分类号:** TU986.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2016)03-0210-06

江河流域长时期泥沙淤积形成了各类型洲岛,在我国广泛分布<sup>[1]</sup>。随着近年来城市扩张,部分近城市洲岛不可避免地面临城市化进程。在众多城市洲岛提出打造生态岛的背景下,如何对岛内亲水性强、生态敏感性高的滨江区域景观进行合理重构,是洲岛未来人居环境良莠与否的关键环节。

## 1 国内外发展现状

### 1.1 绿道概述

绿道思想的源头可追溯到弗雷德里克·奥姆斯特德(Frederick Olmsted)和他1867年所完成的波士顿公园体系规划。经过近百年的发展,尤其在20世纪90年代之后,绿道是风景园林学、保护生物学、景观生态学和城市规划学等多个学科领域交叉研究的前沿和热点<sup>[2]</sup>。

绿道概念较为广泛,目前,被大家普遍接受的观点是美国

马塞诸塞州立大学杰克·埃亨(Jack Ahern)的定义:绿道是经规划、设计和管理的线状网络用地系统,具有生态、娱乐、文化和审美等多种功能,是一种可持续的土地利用方式,是包含线状、连通、多功能、可持续发展和综合性等内容的绿色土地网络<sup>[3]</sup>。该定义主要强调了5点特征和要求:(1)绿道的空间结构是线性的;(2)连接是绿道的最主要特征;(3)绿道是多功能的,包括生态、文化、社会和审美等功能;(4)绿道是可持续的,关注自然保护和经济发展的平衡;(5)绿道是一个完整线性系统的特定空间战略<sup>[2]</sup>。

目前,在世界各地绿道的形式和规模多种多样,有的以生态保护为主,有的则以休闲娱乐为主,从动物的迁徙廊道到社区的自行车道,从城市林荫道到郊野的滨水绿带,发挥着不同的功能<sup>[4]</sup>。

### 1.2 国内外绿道理论在滨水区域的实践探索

美国是目前世界上运用绿道理论建设带状绿地项目最多、最为成熟的国家。滨水区方面,有以串联历史文化遗产为主的绿道类型,如哥伦比亚遗产廊道,也有连通不同自然资源为主的绿道类型,如佩特河风景道<sup>[5]</sup>。美国重视绿道的游憩功能,根据不同的滨水景观类型及资源现状设置相应的游憩活动,如在沿密西西比河的大河路设置了漂流、划艇、野营、垂钓等项目;密歇根州的河滨风景道设置了徒步旅行、划独木舟、滑雪等项目<sup>[6]</sup>。在洲岛滨水景观方面,美国较为著名的绿道类型是纽约哈德逊河慢行道,其从南到北贯穿了曼哈顿

收稿日期:2015-09-16

基金项目:国家自然科学基金(编号:31270746);江苏省“六大人才高峰”第十批高层次人才选拔培养项目(编号:2013-JZ-014);江苏开放大学“十二五”规划课题(编号:14SEW-Q-033),江苏开放大学“十二五”规划课题(编号:12SE-Q-079)。

作者简介:熊星(1984—),男,博士研究生,讲师,主要研究方向为风景园林规划设计。E-mail:36786942@qq.com。

通信作者:唐晓岚,教授。E-mail:398887917@qq.com。

[33] 韩伟,马丽霞. 红掌组织培养技术研究进展[J]. 现代农业科技,2013(2):172-173,183.

[34] 江如蓝,张施君,郑迎冬,等. 红掌的组织培养和快速繁殖[J]. 仲恺农业技术学院学报,2002,15(4):49-53.

[35] Capellades M, Fontarnau R, Carulla C, et al. Environment influences anatomy of stomata and epidermal cells in tissue cultured rosa multiflora[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1990, 115(1):141-145.

[36] Donnelly D J, Vidaver W E, Lee K Y. The anatomy of tissue cultured red raspberry prior to and after transfer to soil[J]. Plant Cell

Tissue and Organ Culture, 1985, 4(1):43-50.

[37] Preece J E, Sutter E G. Micropropagation[M]. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991:71-93.

[38] 王春荣,毕君,陈霞. 不同配方基质对白鹤芋生长的影响[J]. 北方园艺,2013(7):77-79.

[39] 徐婉莉,罗天宽,王元辉. 应用植物扦插快繁系统进行白掌组培苗移栽炼苗及生根的试验[J]. 温州农业科技,2006(2):24-25,30.

[40] 陈星星. 新型光源冷阴极荧光灯(CCFL)下白掌组培苗移栽后生长状况研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):128-130.