

榕类水草的组织培养与快速繁殖^①

李洪波, 丰 锋, 李映志, 戴影雪

广东海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088

摘要:以榕类水草丛生芽为材料,以MS为基本培养基,在日温28℃,夜温22℃,光照强度为1 000~2 000 lx,光照时间10~12 h/d条件下,研究榕类水草的快速繁殖技术.结果表明:组合MS+6-BA 6 mg/L+NAA 0.4 mg/L+Ad 16 mg/L+蔗糖 30 g/L对不定芽的增殖效果较好,增殖率达2.56.综合各因素水平组合对不定芽生根与生根苗质量的影响,组合1/2 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L的生根效果最好,生根率为86.67%,平均根数6.20根,平均根长0.48 cm;生根苗质量也最好,平均茎粗为0.412 3 cm,平均茎高0.84 cm,平均叶数6.70片.组培苗在珍珠岩:椰糠:火烧土=1:1:1的移栽基质上,移栽成活率最高,成活率达83.33%.

关键词:榕类水草;快速繁殖;不定芽

中图分类号: Q949.71⁺7.2

文献标志码: A

小水榕(*Anubias barteri* var. *nana*)、大水榕(*A. barteri* var. *barteri*)和巴卡榕(*A. barteri* var. *caladiifolia*)3种榕类水草皆为天南星科(Araceae)榕叶属(*Anubias*)植物,均是高档的观赏水草.榕类水草造景可塑性好,易成片种植,可给人凉爽的树阴感觉.榕类水草的传统繁殖靠根茎侧芽分株而获得小苗^[1],繁殖速度极慢,难以满足现代人们对小水榕的需求,通过组织培养可成倍提高繁殖速度^[2-5].

高档观赏水草的国内市场一直依靠进口,品种价格高,种苗稀缺,具有很大的潜在市场.组培快繁高档观赏水草可为市场提供大量的优质种苗,促进观赏水草栽培业的发展,具有一定的经济意义.同时能保持观赏水草种质特性,防止品种退化^[6].本课题组对几种榕类水草进行了组培快繁,生产出了大量种苗.

1 材料和方法

1.1 试验材料

小水榕、大水榕和巴卡榕的顶芽及腋芽.

1.2 试验方法

1.2.1 无性繁殖体系的建立

选择生长健壮的植株置于清水中洗掉基质,利刀剥去叶片、叶鞘和根系,流水冲洗30 min,切取顶端1~2 cm,置于2%次氯酸钠溶液中消毒30 min,然后用无菌水漂洗3次,切去切口后接种到腋芽诱导培养基MS+6-BA 3 mg/L(单位下同)+NAA 0.2 mg/L+30 g/L蔗糖上.接种28 d后,腋芽及顶芽开始萌发,40 d后,切割顶芽和腋芽转接到相同培养基上进行不定芽诱导,转接4~5次后形成不定芽丛.

① 收稿日期:2010-03-29

作者简介:李洪波(1962-),女,广东湛江人,实验师,主要从事植物组织培养研究.

1.2.2 生长调节剂和蔗糖对榕类水草增殖的影响

将丛生芽切成每丛3株,接种于以MS为基本培养基,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计的培养基组合中,进行不定芽增殖培养基选优,因素组合分别为6-BA(4 mg/L,6 mg/L,8 mg/L),NAA(0.1 mg/L,0.2 mg/L,0.4 mg/L),Ad(10 mg/L,15 mg/L,20 mg/L),蔗糖(20 g/L,30 g/L,40 g/L),其中琼脂4.5 g/L.每个处理接种10瓶,每瓶接种3丛,重复3次.放入人工气候箱培养,培养条件为日温28℃,夜温22℃,光照强度为1 000 lx,光照时间10 h/d.30 d后统计并计算不定芽增殖率.

1.2.3 基本培养基和生长调节剂对榕类水草生根的影响

将增殖培养的丛生芽接种于MS培养基中进行壮苗培养,再将高1~2 cm的不定芽接种于采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计的培养基组合中进行生根培养基选优,因素水平组合为基本培养基(MS,1/2 MS,1/4 MS),6-BA(0.2 mg/L,0.4 mg/L,0.6 mg/L),NAA(0.1 mg/L,0.5 mg/L,1.0 mg/L),其中蔗糖30 g/L,琼脂4.5 g/L.每个处理接种10瓶,每瓶接种5株不定芽,重复3次.放入人工气候箱培养,培养条件为日温28℃,夜温22℃,光照强度为2 000 lx,光照时间12 h/d.30 d后统计并计算生根率、平均根数、平均根长、平均茎粗、平均茎高和平均叶数.

1.2.4 基质组合对榕类水草移栽的影响

将生根的无菌苗放室外自然光照炼苗5~7 d,经过炼苗的小苗从瓶内取出,用清水洗净培养基,浸入0.01%高锰酸钾溶液中5 min,取出用清水冲洗,栽植于6种栽培基质中:①火烧土;②珍珠岩;③椰糠;④珍珠岩:火烧土=1:1;⑤椰糠:火烧土=1:1;⑥珍珠岩:火烧土:椰糠=1:1:1.每个处理栽植30棵,重复3次.覆盖薄膜保湿,每天淋水2次.60 d后统计移栽成活率.

2 结果与分析

2.1 生长调节剂和蔗糖对榕类水草增殖的影响分析

培养30 d后统计增殖率并进行极差分析,结果见表1.

由表1可知,蔗糖各水平的极差最大,是4种因素中影响增殖率的主导因子,其次是Ad. Duncan's多重比较结果表明:NAA 0.4 mg/L和0.2 mg/L处理的增殖率(2.05和2.04)显著高于NAA 0.1 mg/L(1.77);Ad 10 mg/L处理的增殖率(2.14)显著高于Ad 20 mg/L处理的增殖率(1.82);蔗糖40 g/L处理的增殖率(2.23)极显著高于30 g/L和20 g/L处理的增殖率(1.94和1.69).方差分析表明:蔗糖处理间差异具有高度统计学意义($F_{6-BA}=1.1531$, $F_{NAA}=3.2358$, $F_{Ad}=3.3517$, $F_{蔗糖}=8.9890$, $F_{0.05}=3.63$, $F_{0.01}=6.23$).

表1 生长调节剂和蔗糖配比对榕类水草增殖率影响的极差分析及差异检验结果

因素水平	6-BA/(mg·L ⁻¹)		NAA/(mg·L ⁻¹)		Ad/(mg·L ⁻¹)		蔗糖/(g·L ⁻¹)	
	增殖率	Duncan's 检验	增殖率	Duncan's 检验	增殖率	Duncan's 检验	增殖率	Duncan's 检验
T1	1.84	a	1.77	b A	2.14	a A	1.69	b B
T2	2.00	a	2.04	a A	1.90	ab A	1.94	b AB
T3	2.02	a	2.05	a A	1.82	b A	2.23	a A
极差	0.18		0.29		0.32		0.54	

注:T1,T2,T3分别为各因素逐步递增的3个水平;Duncan's检验标注不同大写字母,表示该性状在 $F=0.01$ 水平上差异具有高度统计学意义,标注不同小写字母,表示该性状在 $F=0.05$ 水平上差异具有统计学意义.下同.

综合各处理组合间对增殖率的影响,进行Duncan's多重比较,结果见表2.

由表2可知,组合MS+6-BA 6 mg/L+NAA 0.4 mg/L+Ad 10 mg/L+蔗糖30 g/L增殖率最高(2.56),组合MS+6-BA 4 mg/L+NAA 0.1 mg/L+Ad 10 mg/L+蔗糖20 g/L增殖率最低(1.58).同时6-BA,NAA和蔗糖的高水平组合主要在前列,而低水平组合主要在后面.说明在一定质量浓度范围

内, 增殖率与 6-BA, NAA 和蔗糖的质量浓度呈正相关. Ad 的低水平主要在前列, 而高水平主要在后面, 说明在一定质量浓度范围内, 增殖率与 Ad 的质量浓度呈负相关.

表 2 生长调节剂、蔗糖对榕类水草增殖率影响的差异检验结果

6-BA /(mg·L ⁻¹)	NAA /(mg·L ⁻¹)	Ad /(mg·L ⁻¹)	蔗糖 /(g·L ⁻¹)	秩序	增殖率	Duncan's 检验	
						F=0.05	F=0.01
6	0.4	10	30	1	2.56	a	A
8	0.2	10	40	2	2.28	ab	AB
4	0.2	15	30	3	2.15	abc	AB
8	0.1	20	30	4	1.97	bcd	AB
8	0.4	15	20	5	1.80	bcd	B
4	0.4	20	40	6	1.80	bcd	B
6	0.1	15	40	7	1.75	cd	B
6	0.2	20	20	8	1.69	cd	B
4	0.1	10	20	9	1.58	d	B

2.2 基本培养基和生长调节剂对榕类水草生根的影响分析

将不定芽接种于不同因素水平组合的培养基中, 6 d 后各处理陆续有根长出, 30 d 后进行统计分析. 对生根率、生根数、根长进行极差分析、方差分析及 Duncan's 多重比较.

2.2.1 基本培养基和生长调节剂对生根率、根数及根长的影响

对生根率、根数和根长分别进行极差分析和方差分析, 结果见表 3.

生根率: 6-BA 各水平的极差最大, 是 3 种因素中影响生根率的主导因子, 其次是 MS 和 NAA. 本试验分析的 3 个因素各水平间差异具有统计学意义和高度统计学意义. Duncan's 多重比较结果表明: 水平 MS 与 1/4 MS 间差异具有统计学意义; 水平 1/2 MS 与 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; 6-BA 0.2 mg/L, 6-BA 0.6 mg/L 和 6-BA 0.4 mg/L 间差异具有高度统计学意义; NAA 1.0 mg/L, NAA 0.5 mg/L 和 NAA 0.1 mg/L 间差异具有高度统计学意义. 方差分析表明: 所有处理间生根率差异具有高度统计学意义 ($F_{MS}=8.1951$, $F_{6-BA}=25.5366$, $F_{NAA}=9.0732$, $F_{0.05}=3.55$, $F_{0.01}=6.01$).

根数: MS 和 6-BA 各水平的极差最大, 是 3 种因素中影响根数的主导因子, 其次是 NAA. 本试验分析的 3 个因素各水平间差异具有统计学意义和高度统计学意义. Duncan's 多重比较结果表明: 水平 1/2 MS 与 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; MS 与 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; 6-BA 0.2 mg/L, 6-BA 0.6 mg/L 和 6-BA 0.4 mg/L 间差异具有高度统计学意义; NAA 1.0 mg/L 与 NAA 0.5 mg/L 间差异具有高度统计学意义, NAA 0.1 mg/L 与 NAA 0.5 mg/L 间差异具有高度统计学意义. 方差分析表明: 所有处理间根数差异具有高度统计学意义 ($F_{MS}=7.3728$, $F_{6-BA}=13.5266$, $F_{NAA}=8.3245$, $F_{0.05}=3.55$, $F_{0.01}=6.01$).

根长: MS 各水平的极差最大, 是 3 种因素中影响根长的主导因子, 其次是 6-BA. 本试验分析的 3 个因素各水平间差异具有统计学意义和高度统计学意义. Duncan's 多重比较结果表明: 水平 MS 与 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; 水平 MS 与 1/4 MS 间差异具有统计学意义; 6-BA 0.2 mg/L 与 6-BA 0.4 mg/L 间差异具有高度统计学意义. 方差分析表明: 基本培养基处理间根长差异具有高度统计学意义, 6-BA 处理间差异具有统计学意义, NAA 处理间差异不具有统计学意义 ($F_{MS}=6.2571$, $F_{6-BA}=3.5905$, $F_{NAA}=0.9565$, $F_{0.05}=3.55$, $F_{0.01}=6.01$).

表 3 基本培养基和生长调节剂对榕类水草生根率、根数、根长影响的极差分析及方差分析

因素 水平	生根率/%			生根数/条			根长/cm		
	MS	6-BA	NAA	MS	6-BA	NAA	MS	6-BA	NAA
T1	31.11 a AB	55.56 a A	22.22 b B	2.24 a AB	3.73 a A	2.00 ab AB	0.40 a A	0.42 a A	0.29 a
T2	40.00 a A	11.11 b B	17.77 b B	3.29 a A	1.11 b B	1.00 b B	0.36 a AB	0.18 b A	0.22 a

T3	13.33 b B	17.78 b B	44.44 a A	0.67 b B	1.35 b B	3.20 a A	0.10 b B	0.26 ab A	0.35 a
极差	26.67	44.44	26.67	2.62	2.62	2.20	0.30	0.24	0.13

综合各处理组合对生根率、根数和根长进行 Duncan's 多重比较, 结果见表 4.

由表 4 可知, 组合 1/2 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的生根率(86.67%)及根数(6.20 条)均最高; 组合 1/4 MS+6-BA 0.4 mg/L+NAA 1.0 mg/L 与 1/4 MS+6-BA 0.6 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的生根率和根数最低, 均为 0. 组合 MS+6-BA 0.2 mg/L + NAA 1.0 mg/L 的根长最长(0.56 cm). 同时 NAA 和 MS 的高水平组合主要在前列, 而低水平组合主要在后面, 说明在一定质量浓度范围内, 生根率、根数、根长与 NAA 和 MS 的质量浓度呈正相关. 而 6-BA 的低水平组合在前面, 高水平组合主要在后面, 说明在一定质量浓度范围内, 生根率、根数和根长与 6-BA 的质量浓度呈负相关.

表 4 基本培养基和生长调节剂对榕类水草生根率、根数及根长影响的差异检验结果

MS	6-BA /(mg·L ⁻¹)	NAA /(mg·L ⁻¹)	秩序	生根 率/%	Duncan's 检验			根数 /条	Duncan's 检验			根长 /cm	Duncan's 检验	
					F=0.05	F=0.01	秩序		F=0.05	F=0.01	秩序		F=0.05	F=0.01
1/2	0.2	1.0	1	86.67	a	A	1	6.20	a	A	2	0.48	ab	AB
1	0.6	1.0	2	46.67	b	B	2	3.39	b	AB	1	0.56	a	A
1	0.2	0.1	3	40.00	b	BC	3	3.00	b	BC	3	0.48	ab	AB
1/4	0.2	0.5	4	40.00	b	BC	5	2.00	bc	BC	5	0.29	abc	AB
1/2	0.4	0.1	5	26.67	bc	BCD	4	3.00	b	BC	4	0.38	ab	AB
1	0.4	0.5	6	6.67	c	CD	7	0.33	c	BC	7	0.15	bc	AB
1/2	0.6	0.5	7	6.67	c	CD	6	0.67	c	BC	6	0.21	abc	AB
1/4	0.4	1.0	8	0.00	c	D	8	0.00	c	C	8	0.00	c	B
1/4	0.6	0.1	9	0.00	c	D	9	0.00	c	C	9	0.00	c	B

2.2.2 基本培养基和生长调节剂对茎粗、茎高与叶数的影响

对茎粗、茎高及叶数分别进行极差分析和方差分析, 结果见表 5.

茎粗: MS 各水平的极差最大, 是 3 种因素中影响茎粗的主导因子, 其次是 6-BA 和 NAA. 本试验分析的 3 个因素各水平间差异具有统计学意义和高度统计学意义. Duncan's 多重比较结果表明: 水平 1/2 MS 和 MS 与 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; 6-BA 0.2 mg/L 与 6-BA 0.4 mg/L 和 6-BA 0.6 mg/L 间差异具有高度统计学意义; NAA 0.5 mg/L 与 NAA 1.0 mg/L 间差异具有高度统计学意义. 方差分析表明: 所有处理间茎粗差异具有高度统计学意义 ($F_{MS}=16.4818$, $F_{6-BA}=6.9182$, $F_{NAA}=5.5529$, $F_{0.05}=3.55$, $F_{0.01}=6.01$).

表 5 基本培养基和生长调节剂对榕类水草茎粗、茎高、叶数影响的极差分析及方差分析

因素	茎粗/cm			茎高/cm			叶数/片		
	MS	6-BA	NAA	MS	6-BA	NAA	MS	6-BA	NAA
T1	0.413 4 a A	0.428 7 a A	0.396 2 ab AB	1.10 a A	0.96 a A	0.92 A	6.70 b AB	6.68 a	6.39 b B
T2	0.427 4 a A	0.379 0 b B	0.418 5 a A	0.84 b B	0.86 b A	0.92 A	7.34 a A	6.50 a	7.33 a A
T3	0.335 4 b B	0.368 6 b B	0.361 5 b B	0.79 b B	0.90 ab A	0.88 a	6.05 c B	6.93 a	6.38 b B
极差	0.092 0	0.060 1	0.057 1	0.305 2	0.102 5	0.086 9	1.28	0.48	0.97

茎高: MS 各水平的极差最大, 是 3 种因素中影响茎高的主导因子, 其次是 6-BA. 本试验分析的 3 个因素各水平间差异具有统计学意义和高度统计学意义. Duncan's 多重比较结果表明: 水平 MS 与 1/2 MS 和 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; 6-BA 0.2 mg/L 与 6-BA 0.4 mg/L 间差异具有统计学意义. 方差分析表明: 基本培养基处理间茎高差异具有高度统计学意义, 其它处理间差异不具有统计学意义 ($F_{MS} =$

24.916 9, $F_{6-BA}=2.645 7$, $F_{NAA}=0.477 5$, $F_{0.05}=3.55$, $F_{0.01}=6.01$).

叶数: MS 各水平的极差最大, 是 3 种因素中影响化合物积累的主导因子. 本试验分析的 3 个因素中, MS 各水平间存在差异具有统计学意义和高度统计学意义. Duncan's 多重比较结果表明: 水平 1/2 MS 与 MS 和 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; MS 与 1/4 MS 间差异具有高度统计学意义; NAA 0.5 mg/L 与 NAA 0.1 mg/L 和 NAA 1.0 mg/L 间差异具有高度统计学意义. 方差分析表明: 基本培养基和 NAA 处理间叶数差异具有高度统计学意义, 6-BA 处理间差异不具有统计学意义 ($F_{MS}=10.043 8$, $F_{6-BA}=1.104 8$, $F_{NAA}=7.250 1$, $F_{0.05}=3.55$, $F_{0.01}=6.01$).

综合各处理组合对茎粗、茎高和叶数的影响, 进行 Duncan's 多重比较, 结果见表 6.

由表 6 可知, 组合 1/2 MS+6-BA 0.4 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的茎粗最大(0.450 0 cm), 组合 1/4 MS+6-BA 0.4 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的茎粗最小(0.281 3 cm). 同时 MS 的高水平组合主要在前列, 而低水平组合主要在后面, 说明在一定质量浓度范围内, 茎粗与 MS 的质量浓度呈正相关. 而 6-BA 和 NAA 的低水平组合主要在前面, 高水平组合主要在后面, 说明在一定质量浓度范围内, 茎粗与 6-BA 和 NAA 的质量浓度呈负相关.

组合 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的茎最高(1.22 cm), 组合 1/4 MS+6-BA 0.6 mg/L+NAA 0.1 mg/L 与 1/4 MS+6-BA 0.4 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的茎最低(0.77 cm). 同时 MS 的高水平组合主要在前列, 而低水平组合主要在后面, 说明在一定质量浓度范围内, 茎高与 MS 和 6-BA 的质量浓度呈正相关. 与 NAA 的质量浓度呈负相关.

组合 1/2 MS+6-BA 0.6 mg/L+NAA 0.5 mg/L 的叶数最多(8.50 片), 组合 1/4 MS+6-BA 0.6 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的叶数最少(5.67 片). 同时 MS, 6-BA 和 NAA 的高水平组合主要在前列, 而低水平组合主要在后面, 说明在一定质量浓度范围内, 叶数与 MS, 6-BA 和 NAA 的质量浓度呈正相关.

表 6 基本培养基和生长调节剂对茎粗、茎高及叶数影响的差异检验结果

MS	6-BA /(mg·L ⁻¹)	NAA /(mg·L ⁻¹)	序号	茎粗 /cm	Duncan's 检验		序号	茎高 /cm	Duncan's 检验		序号	叶数 /片	Duncan's 检验	
					F=0.05	F=0.01			F=0.05	F=0.01			F=0.05	F=0.01
1/2	0.4	0.1	1	0.450 0	a	A	7	0.78	c	C	3	6.83	b	B
1	0.2	0.1	2	0.443 7	a	A	1	1.22	a	A	6	6.67	b	B
1/4	0.2	0.5	3	0.430 0	a	A	6	0.83	c	BC	5	6.67	b	B
1/2	0.6	0.5	4	0.420 0	a	A	4	0.90	bc	BC	1	8.50	a	A
1/2	0.2	1.0	5	0.412 3	a	A	5	0.84	c	BC	4	6.70	b	B
1	0.4	0.5	6	0.405 6	a	A	3	1.02	b	AB	2	6.83	b	B
1	0.6	1.0	7	0.390 8	a	A	2	1.04	b	AB	7	6.61	b	B
1/4	0.6	0.1	8	0.295 0	b	B	8	0.77	c	C	9	5.67	b	B
1/4	0.4	1.0	9	0.281 3	b	B	9	0.77	c	C	8	5.83	b	B

2.3 基质组合对榕类水草移栽的影响分析

将生根不定芽栽植于 6 种不同的基质组合中, 60 d 后进行统计分析. 对成活率进行方差分析表明: 处理间差异具有高度统计学意义 ($F_{处理间}=25.895 0$, $F_{0.05}=3.33$, $F_{0.01}=5.64$). Duncan's 多重比较结果见表 7, 表明在 6 个处理中, 处理 6 与处理 2, 3 差异不具有统计学意义, 与处理 1, 4, 5 差异具有高度统计学意义; 处理 3 与处理 2 之间差异不具有统计学意义, 与处理 5 之间差异具有统计学意义, 与处理 1, 4 之间差异具有高度统计学意义; 处理 2 与处理 5 之间差异具有统计学意义, 与处理 1, 4 之间差异具有高度统计学意义; 处理 5 与处理 1 之间差异具有高度统计学意义, 与处理 4 之间差异不具有统计学意义; 处理 4 与处理 1 之间差异具有高度统计学意义. 珍珠岩: 椰糠: 火烧土=1: 1: 1 的配方成活率最高, 成活率达

83.33%。单独火烧土的配方成活率最低, 成活率仅 27.78%。

表 7 基质组合对榕类水草移栽影响的差异检验结果

珍珠岩	椰糠	火烧土	序号	成活率/%	Duncan's 检验结果	
					F=0.05	F=0.01
1	1	1	1	83.33	a	A
—	1	—	2	77.78	a	AB
1	—	—	3	77.78	a	AB
—	1	1	4	61.11	b	BC
1	—	1	5	50.00	b	C
—	—	1	6	27.78	c	D

3 讨 论

榕类水草是以根茎产生新芽进行繁殖^[2], 在增殖培养的过程中, 蔗糖是影响增殖率的主导因子。糖作为碳源, 为细胞提供合成新化合物的碳骨架, 不仅能够提供给外植体能量, 也能维持一定的渗透压^[7]。组合 MS+6-BA 6 mg/L+NAA 0.4 mg/L+Ad 16 mg/L+蔗糖 30 g/L 增殖率最高。6-BA, NAA 和蔗糖在一定质量浓度范围内, 增殖率与 6-BA, NAA 和蔗糖的质量浓度呈正相关, 与 Ad 的质量浓度呈负相关。其中 6-BA 可促进细胞分裂、增大, 打破休眠, 促进芽萌发、茎叶生长和侧芽生长; NAA 可促进细胞分裂、伸长、扩大和诱发组织分化、不定根的形成^[8]; Ad 具有促进芽分化的良好结果^[9]。在生根培养过程中, 组合 1/2 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的生根率最高, 同时根数最高; 组合 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的根长最长。不定芽的生根与 NAA 和 MS 的质量浓度呈正相关; 与 6-BA 的质量浓度呈负相关; 6-BA 是影响生根效果的主导因子, 其次是 MS 和 NAA。各因素的不同水平是影响生根的主要因素; 同时本实验发现在一定的比例范围内, 随着 6-BA 与 NAA 的配比减小, 有利于根的诱导, 这与魏进莉^[2]所研究的结果相吻合, 即随着 6-BA 与 NAA 配比的缩小, 苗高和根数增加, 这是次要因素。生根培养要求不定芽质量优良, 组合 1/2 MS+6-BA 0.4 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的茎粗最大, 组合 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的茎高最长, 组合 1/2 MS+6-BA 0.6 mg/L+NAA 0.5 mg/L 的叶数最多。从分析中可看出, MS 在一定的质量浓度范围内, 与不定芽的茎粗、茎高和叶数呈正相关。同时 MS 是主导因子, 要保障不定芽的质量, 需要充足的营养供给。

水草根系发育不良, 根系也不发达, 常缺少根毛, 因而根系的吸收功能减退^[6]。在榕类水草移栽的过程中, 需要培养基质有较好的保水保肥性、通透性良好和有机质丰富。包含火烧土成分的基质组合成活率最低, 与火烧土团粒结构差、容易板结、通透性不好和保水性较差相关。但是, 火烧土具有较好的保肥能力, 含有较高的矿物质。珍珠岩吸水性好, 空隙度高, 可克服与作物根系接触不良, 影响作物生长发育的缺陷。椰糠有高保水能力, 排水能力优良^[10]。3 种基质混合具有保水保肥、通透性良好等特性, 适于水草栽植。从本实验分析中也可看出, 珍珠岩、椰糠和火烧土混合配制的组合效果最好。

4 结 论

在增殖培养中, 组合 MS+6-BA 6 mg/L+NAA 0.4 mg/L+Ad 16 mg/L+蔗糖 30 g/L 对芽的增殖效果较好, 增殖率为 2.56。在生根培养中, 组合 1/2 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的生根率最高, 平均生根率达 86.67%; 同时根数最高, 平均根数 6.20 根。组合 MS+6-BA 0.6 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的根长最长, 平均根长达 0.56 cm。综合各因素水平可看出, 组合 1/2 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的生根效果最好, 且开始生根的天数较短(10 d)。组合 1/2 MS+6-BA 0.4 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的茎粗最大, 平均茎粗达 0.450 0 cm。组合 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 0.1 mg/L 的茎高最

长,平均茎高达 1.22 cm. 组合 1/2 MS+6-BA 0.6 mg/L+NAA 0.5 mg/L 的叶数最多,平均叶数 8.50 片. 综合各因素水平组合对不定芽生根与质量的影响,可看出组合 1/2 MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L 的生根效果最好,生根率为 86.67%,平均根数 6.20 根,平均根长 0.48 cm. 同时,该组合的质量情况也最好,平均茎粗为 0.412 3 cm,平均茎高 0.84 cm,平均叶数 6.70 片. 在移栽培养中,珍珠岩:椰糠:火烧土=1:1:1 的移栽基质组合成活率最高,成活率达 83.33%.

参考文献:

- [1] 赵玉宝. 观赏水草栽培与造景 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002: 123-128.
- [2] 魏进莉. 几种观赏水草的离体繁殖 [J]. 中国花卉盆景, 2006(4): 30.
- [3] 蔡时可, 钟明, 苏海, 等. 小水榕的组织培养与快速繁殖 [J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(1): 60.
- [4] 孙月芳, 陆瑞菊, 周润梅, 等. 观赏水草的离体培养 [J]. 上海农业学报, 2004, 20(2): 17-19.
- [5] 王丽卿, 季高华, 周胜耀, 等. 四种观赏水草的组织培养试验 [J]. 水产科技情报, 2006, 33(2): 84-86.
- [6] 李尚志. 观赏水草 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 85-86.
- [7] 熊丽, 吴丽芳. 观赏花卉的组织培养与大规模生产 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 270.
- [8] 段留生, 田晓莉. 作物化学控制原理与技术 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2005: 190-245.
- [9] 谭文澄, 戴策刚. 观赏植物组织培养技术 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1991: 121.
- [10] 江胜德. 现代园艺栽培介质选购与应用指南 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006: 36-97.

Tissue Culture and Rapid Propagation of *Anubias barteri* Waterweeds

LI Hong-bo, FENG Feng, LI Ying-zhi, DAI Ying-xue

College of Agriculture, Guangdong Ocean University, Zhanjiang Guangdong 524088, China

Abstract: Multi-buds of *Anubias barteri* waterweeds were used as explant and MS as basic culture medium, rapid propagation technique of *Anubias barteri* waterweeds was studied under the condition of 28 °C at day-time, 22 °C in dark, 1 000-2 000 lx illumination strength and 10 h/d illumination time. Results showed that, propagation of multibud was better at the medium of MS+6-BA 6 mg/L+NAA 0.4 mg/L+Ad 16 mg/L+sucrose 30 g/L, with a bud increasing rate of 2.56. Taking effects of culture medium on rooting and quality of adventitious bud into consideration, the combination of MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 1.0 mg/L was the best for rooting, with a rooting percentage of 86.67%, an average of root number of 6.20, an average of root length of 0.48 cm, an average of stem diameter of 0.412 3 cm, an average of stem length of 0.84 cm and an average of leaf number of 6.70. The 1:1:1 mixture of perlite, dreg of coconut and ash soil had the highest survival rate of plantlets, and the survival rate was 83.33%.

Key words: *Anubias barteri* waterweeds; rapid propagation; adventitious bud