

· 技术方法 ·

海三棱藨草的组织培养与快繁体系

张群^{1, 2†}, 吕秀立^{1†}, 何小丽¹, 朱义¹, 崔心红^{1*}

¹上海市园林科学规划研究院, 上海 200232

²复旦大学生物多样性科学研究所, 生物多样性和生态工程教育部重点实验室, 上海 200438

摘要 以海三棱藨草(*Scirpus × mariqueter*)成熟种子为外植体, 通过无菌萌发、丛生芽诱导、增殖、壮苗、生根和移栽等过程, 建立了海三棱藨草的无菌快繁体系。结果表明: 丛生芽诱导和增殖的最适培养基为MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.002 mg·L⁻¹ TDZ+0.2 mg·L⁻¹ IBA; 壮苗最适培养基为1/2MS+0.05 mg·L⁻¹ 6-BA+0.01 mg·L⁻¹ IBA; 生根最适培养基为1/2 MS+0.2 mg·L⁻¹ IBA; 最适培养温度为30°C; 再生苗移入珍珠岩:草炭:蛭石=1:1:1 (体积比)的混合基质中, 移栽成活率可达85%以上。生根培养阶段选用容积较大的塑料容器育苗, 可以降低生产成本和提高生产效率。

关键词 海三棱藨草, 无菌萌发, 增殖, 生根, 壮苗, 移栽

张群, 吕秀立, 何小丽, 朱义, 崔心红 (2016). 海三棱藨草的组织培养与快繁体系. 植物学报 51, 684–690.

海三棱藨草(*Scirpus × mariqueter*)是中国海岸带盐沼湿地特有的先锋植物, 隶属莎草科(Cyperaceae)藨草属(*Scirpus*), 是一种多年生草本植物, 主要分布于长江河口。海三棱藨草能产生大量淀粉含量较高的种子和地下球茎, 群落内的底栖动物十分丰富, 可为湿地水鸟提供大量植物性和动物性饵料(赵雨云等, 2002; 童春富等, 2007; 朱晶等, 2007)。同时, 也为水生动物提供产卵场所、栖息地及丰富的碎屑, 成为维持长江河口食物网的基石(陈中义, 2005), 有利于维持长江河口的生物多样性。此外, 海三棱藨草还有消浪、护滩和促淤等功效(李华, 2009), 被誉为崇明东滩重要的生态系统工程师。因此, 海三棱藨草是长江口湿地生态系统中最关键的初级生产者, 具有无可替代的作用。

近年来, 由于人为活动干扰以及外来物种互花米草(*Spartina alterniflora*)入侵的影响, 海三棱藨草的生长受到了严重威胁, 其在上海的分布面积从2003年的7 602.24 hm²锐减到2008年的4 234.7 hm²以下(黄华梅, 2009), 造成了长江河口湿地生态系统碳、氮循环模式的改变(Liao et al., 2008; Peng et al., 2011)和大型底栖动物及游泳动物的食物来源发生变化(Quan et al., 2007), 并降低了根围微生物群落(Wang et al., 2007)、底栖动物群落(陈中义, 2004)和

鸟类群落(Gan et al., 2009)的生物多样性, 已经严重影响崇明东滩湿地生态系统的完整、健康和服务功能(Li et al., 2009)。鉴于海三棱藨草在长江口湿地生态系统中的重要性以及目前所面临的威胁, 亟待加强对这一物种的研究和保护。海三棱藨草可利用种子或球茎繁殖, 但种子萌发率低, 需经过处理才能提高萌发率(欧尚华等, 1992), 且其球茎分布在滩涂表面7 cm以下, 不易获取(杨梅, 2010), 采集成本高, 且对自然环境破坏较大, 难以满足大规模的恢复需求。

目前, 人们对莎草科植物组织培养的研究较少, 主要为荸荠(*Eleocharis dulcis*)和银线伞莎草(*Cyperus alternifolius* var. *striatus*)等少数种类(陈建林, 2003; 周博等, 2010), 尚未有海三棱藨草组织培养的相关研究报道。通过组织培养技术, 快速并规模化繁殖海三棱藨草, 是有效保护其种质资源的方法和途径之一; 同时, 也可作为莎草科植物的快速繁殖研究提供参考。本研究建立了高效的海三棱藨草快速繁殖体系, 具有繁殖速度快和再生苗一致性好等特点, 可为海三棱藨草的规模化生产提供依据。

1 植物材料

采用海三棱藨草(*Scirpus × mariqueter* Tang et

收稿日期: 2016-01-13; 接受日期: 2016-05-12

基金项目: 上海市科学技术委员会科技创新行动计划(No.14DZ1206002)

† 共同第一作者。

* 通讯作者。E-mail: kysxinhongcui@163.com

Wang)球茎、根尖及叶片等作为外植体消毒后,不易获取无菌材料而且后期诱导分化困难。因此,选取海三棱藨草当年生且饱满的种子为外植体,进行3种处理(表1):完整的种子(300粒);部分去除种皮的种子(300粒,图1A左);完全去除种皮的种胚(300粒,图1A右)。由于海三棱藨草种子的种皮与种胚贴合紧密,较难剥离完整的种胚,剥取过程中对种胚有部分损伤。

2 培养基成分与培养条件

2.1 外植体消毒

种子用流水冲洗20分钟后,用72%的乙醇浸泡15秒,0.1% HgCl₂振荡消毒5–15分钟,再用无菌水冲洗5次,最后用无菌滤纸吸干水分后接种于培养基上。

2.2 培养基配方

种子萌发培养基M1以MS为基本培养基,加入0.5 mg·L⁻¹ 6-BA及0.5 mg·L⁻¹ GA₃。诱导增殖培养基以MS为基本培养基,加入0.1–3.0 mg·L⁻¹ 6-BA、0–0.002 mg·L⁻¹ TDZ及0.1–0.3 mg·L⁻¹ IBA,组成培养基M2–M10(表2)。壮苗培养基以1/2MS为基本培养基,加入0–0.5 mg·L⁻¹ 6-BA及0–0.05 mg·L⁻¹ IBA,组成培养基M11–M15(表4)。生根培养基以1/2MS为基本培养基,加入0–0.5 mg·L⁻¹ IBA及0–0.2 mg·L⁻¹ NAA,组成培养基M16–M21(表5)。种子萌发数量为100粒,移栽数量为60株,其余培养阶段实验株(丛)数均为20,每种处理均重复3次。

2.3 切割方法

诱导增殖培养,沿丛生芽缝隙分为2–3芽/丛,以丛生芽转接,培养30天后统计增殖率及增殖系数。以分切

单芽进行壮苗培养。

2.4 培养条件

以上培养基均添加3%蔗糖和0.6%琼脂粉,pH5.8–6.0,光照时间为每天12小时,光照强度为620 μmol·m⁻²·s⁻¹。

2.5 培养温度

种子萌发和诱导分化培养温度为(25±1)°C。为研究不同培养温度对丛生芽增殖的影响,选取300丛丛生芽,分5组,每组20丛,设置23°C、25°C、28°C、30°C和32°C 5个温度梯度,3次重复(表3)。壮苗和生根培养温度为30°C。

2.6 培养容器

分别利用玻璃容器(底径6 cm,容量250 mL)及塑料容器(底径12 cm,容量680 mL)进行生根培养容器的筛选。统计2小时的接种数量及培养14天后的污染率,观察培养21天后丛生芽的生长情况(表6)。

2.7 移栽

利用草炭、蛭石、珍珠岩及盐碱土(崇明东滩堤内鲜土)4种介质的不同配比及不同种植密度(表7)进行海三棱藨草再生苗的移栽。90天后统计移栽成活率。

2.8 数据统计分析

无菌萌发率=(无菌萌发数/接种数)×100%;

诱导率=(出芽外植体数/接种数)×100%;

增殖率=(增殖株数/接种数)×100%;

生根率=(生根株数/接种数)×100%;

移栽成活率=(成活数/接种数)×100%。

采用Excel和R软件对实验数据进行统计分析。

表1 经过不同处理的海三棱藨草种子在M1培养基上的萌发情况

Table 1 Germination condition of *Scirpus x mariquetter* seeds on M1 medium under different treatments

Treatment	No. of contamination	No. of aseptic seedlings	Percentage of germination (%)
Intact seed	1.00±1.00	5.33	5.33 ^b
Piercing naked seed	26.00±2.65	15.00	15.00 ^a
Naked seed	38.00±3.00	4.00	4.00 ^c

不同小写字母(上标)表示差异显著($P<0.05$)。 Different superscript lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

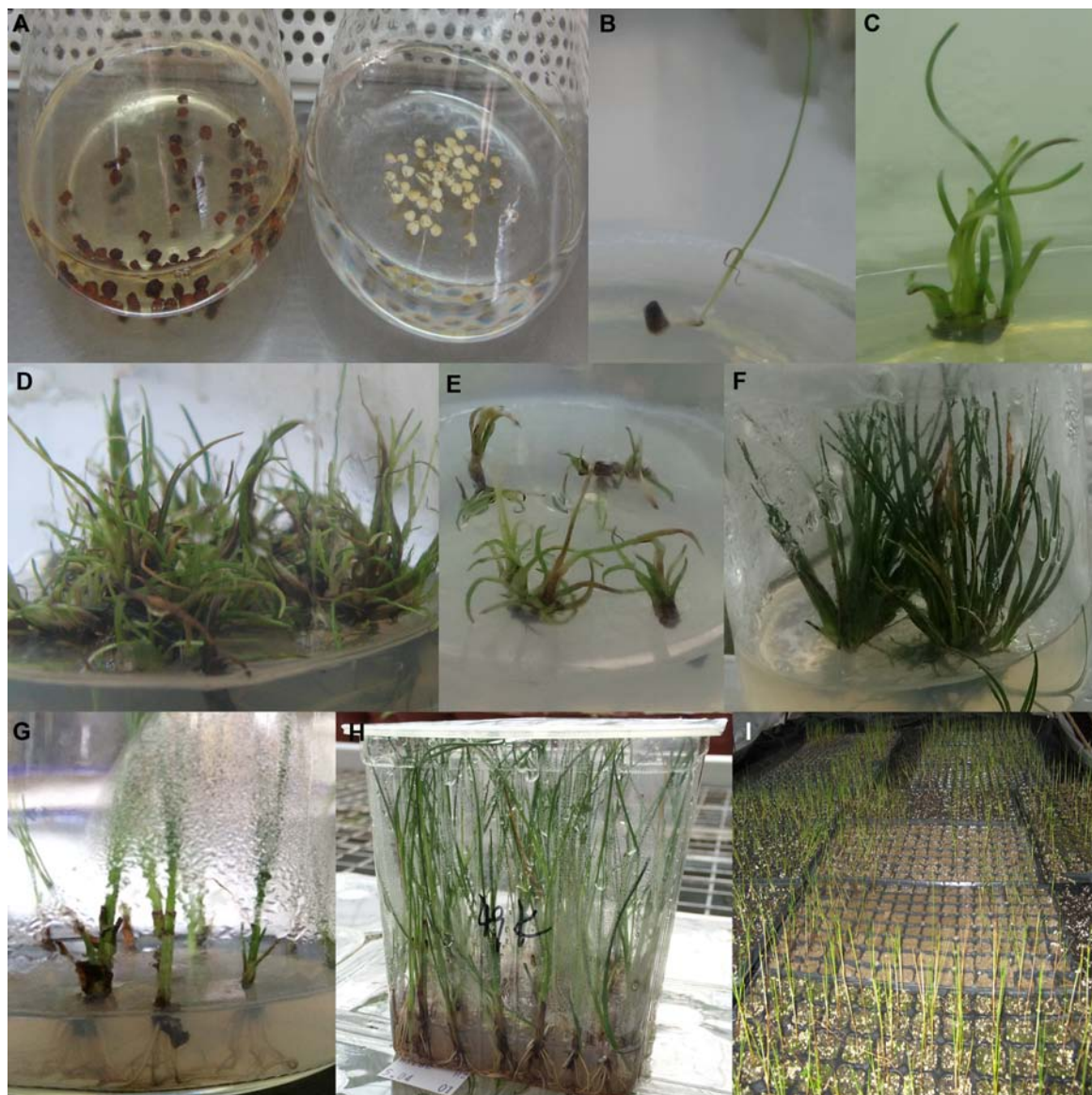


图1 海三棱藨草种子诱导植株再生

(A) 部分去种皮的种胚(左), 完全去种皮的种胚(右); (B) 无菌芽; (C) 丛生苗; (D) 丛生苗矮化团状; (E) 低温下逐渐枯死的丛生苗; (F) 高温叶片焦灼; (G) 生根; (H) 塑料容器培养的幼苗; (I) 移栽

Figure 1 Different stage of plantlet regeneration from *Scirpus x mariqueter* seeds

(A) Seed embryo partially without seed coat (left), seed embryo entirely without seed coat (right); (B) Germ-free germination seedlings; (C) Multiple shoots; (D) Multiple shoots were dwarf and cluster; (E) Dead multiple shoots under low temperature; (F) Leaves were burned by high temperature; (G) Root induction; (H) Seedlings grow in plastic container; (I) Transplanting

3 结果与讨论

3.1 无菌材料获取

种子外植体采用3种处理方式, 消毒接种14天后, 部

分去除种皮的种子污染数量较多, 但无菌萌发率显著高于其它2种方法(表1)。刚萌发的幼芽纤细嫩黄(图1B), 随着培养时间的增加, 幼芽颜色变绿, 并有新叶抽出。培养30天后, 芽高达3 cm, 可进行诱导分化培养。

表2 植物生长调节剂对海三棱藨草诱导增殖的影响**Table 2** Effects of plant growth regulators on multiplication of *Scirpus x mariqueter*

No. of medium	Phytohormone composition (mg·L ⁻¹)			Multiplication coefficient	Differentiation status and color change of leaves
	6-BA	TDZ	IBA		
M2	0.1	0	0.1	1.00 ^d	No differentiation, yellow, weak and thin
M3	0.5	0	0.1	1.00 ^d	No differentiation, yellow, weak and thin
M4	1.0	0	0.1	1.17 ^d	Few differentiation, yellow-green, weak and thin
M5	2.0	0	0.2	1.13 ^d	Few differentiation, weak and thin and died
M6	1.0	0.002	0.1	1.42 ^c	Green, weak and thin, multiple shoots were induced
M7	1.0	0.002	0.2	1.50 ^c	Green, weak and thin, multiple shoots were induced
M8	2.0	0.002	0.2	2.68 ^a	Green, weak and thin, multiple shoots were induced
M9	2.0	0.002	0.3	2.53 ^a	Green, weak and thin, multiple shoots were induced
M10	3.0	0.002	0.3	2.02 ^b	Green, weak and thin, multiple shoots were induced

不同上标小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Different superscript lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

表3 培养温度对海三棱藨草增殖的影响**Table 3** Effects of culture temperature on multiplication of *Scirpus x mariqueter*

Culture temperature (°C)	Multiplication coefficient	Differentiation status and color change of leaves
23	1.87 ^d	Yellow-green and died
25	2.68 ^c	Green, weak and thin
28	2.92 ^{abc}	Green
30	3.25 ^{ab}	Dark green, thriving
32	3.18 ^a	Dark green, few burned by high temperature

不同上标小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Different superscript lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

表4 植物生长调节剂对海三棱藨草丛生芽壮苗的影响**Table 4** Effects of plant growth regulators on culturing strong plants of *Scirpus x mariqueter*

No. of medium	Phytohormone composition (mg·L ⁻¹)		Multiplication coefficient	Height (cm)	Differentiation status and color change of leaves
	6-BA	IBA			
M11	0	0	1.12 ^d	3-4	Few yellow-green, some rooting shoots
M12	0.05	0.01	1.42 ^{cd}	3-4	Thriving, multiple shoots uniform
M13	0.1	0.01	1.67 ^{bc}	2-3	Relatively uniform, few small buds
M14	0.2	0.02	1.83 ^b	2-3	Multiple shoots short, some small buds
M15	0.5	0.05	3.02 ^a	1-2	Multiple shoots short, more small buds

不同上标小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Different superscript lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

表5 植物生长调节剂对海三棱藨草丛生芽生根的影响**Table 5** Effects of different plant growth regulators on rooting of *Scirpus x mariqueter*

No. of medium	Phytohormone composition (mg·L ⁻¹)		Percentage of rooting shoots (%)	Description of root growing and differentiation status
	IBA	NAA		
M16	0.05	0	83.33 ^{ab}	Roots relatively uniform and strongly
M17	0.1	0	96.67 ^a	Roots relatively uniform and strongly
M18	0.2	0	100.00 ^a	Roots uniform and strongly
M19	0.5	0	100.00 ^a	Roots uniform and too much
M20	0	0.2	66.67 ^b	Roots not consistent, long and thin, callus were induced
M21	0.2	0.2	100.00 ^a	Roots not consistent, long and thin, callus were induced

不同上标小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Different superscript lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

表6 不同培养容器对海三棱藨草接种效率的影响**Table 6** Effects of different containers on operating efficiency of *Scirpus x mariqueter*

Type of container	Inoculation speed (plant·h ⁻¹)	Inoculation density (plant·container ⁻¹)	Percentage of contamination (%)	Description of root growing
Plastic case	198.67	10	5.04 ^a	Grew strongly and good condition
Glass bottle	134.33	25	5.27 ^a	Grew strongly and good condition

不同上标小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Different superscript lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

表7 不同介质以及不同种植密度对海三棱藨草移栽成活的影响**Table 7** Effects of different medium and planting density on transplant and survival of *Scirpus x mariqueter*

Treatment	Medium and ratio (v/v)	Density (plant·hole ⁻¹)	No. of seedlings	Survival rate (%)
1	Perlite:turf=2:1	1	60	31.67 ^h
2	Perlite:turf=2:1	2	60	36.11 ^{gh}
3	Perlite:turf=1:1	1	60	43.33 ^{fg}
4	Perlite:turf=1:1	2	60	47.78 ^{ef}
5	Perlite:turf=1:2	1	60	76.67 ^b
6	Perlite:turf=1:2	2	60	69.44 ^b
7	Perlite:turf:vermiculite=1:1:1	1	60	88.89 ^a
8	Perlite:turf:vermiculite=1:1:1	2	60	87.22 ^a
9	Perlite:Chongming fresh soil=1:1	1	60	58.33 ^{cd}
10	Perlite:Chongming fresh soil=1:1	2	60	60.00 ^{cd}
11	Chongming fresh soil	1	60	52.78 ^{de}
12	Chongming fresh soil	2	60	61.67 ^c

不同上标小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Different superscript lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$.

3.2 不同植物生长调节剂及配比对诱导增殖的影响

将健壮的幼芽转入不同激素配比的诱导分化培养基,结果显示,海三棱藨草幼芽难以脱分化形成愈伤组织,而是直接诱导分化出丛生芽(图1C);培养30天后统计丛生芽增殖数量,结果(表2)表明,M2–M5处理下,幼苗无明显分化;M6–M10处理下幼芽分化明显,形成的丛生芽颜色正常,但较纤弱。随着激素TDZ的加入,幼芽产生明显的分化现象(图1C);且随着6-BA浓度的增加,增殖系数显著增加,当6-BA浓度达到2.0 mg·L⁻¹时,增殖系数可达2.68;当6-BA浓度提高到3.0 mg·L⁻¹时,芽点虽多,但丛生芽矮化成团状(图1D),影响正常生长,不利于增殖和继代培养。因此,M8为海三棱藨草诱导增殖的适宜培养基。继代培养10–12次后,无明显的白化现象产生。

3.3 温度对丛生芽增殖的影响

为探究不同培养温度对丛生芽增殖的影响,以M8作

为培养基,设置不同温度梯度,培养30天后统计丛生芽增殖数量。实验结果(表3)表明,温度低于25°C时,丛生芽增殖率低,叶色黄绿,并有逐渐枯萎的现象(图1E);随培养温度的升高,丛生芽增殖系数显著增加,且叶色浓绿,生长旺盛;当培养温度达30°C时,增殖系数达3.25;温度继续升高,则出现叶片焦灼危害(图1F)。

3.4 植物生长调节剂对丛生芽壮苗的影响

利用丛生芽继代增殖,继代5–6次后的丛生芽纤细且高度差异较大,不利于后期的生根培养。以1/2MS为基本培养基,添加不同浓度及配比的6-BA及IBA,继代壮苗培养30天。实验结果(表4)显示,各处理间增殖系数差异显著,随培养基中6-BA及IBA浓度的升高,增殖系数显著增加。M15处理的增殖系数达3.02,显著高于其它处理,但继代得到的丛生芽矮小。M11处理增殖系数最低,且有发根现象。M13和M14处理增殖显著,但有小芽。综合丛生芽增殖、株高及长势情况,M12为适宜的壮苗培养基。通过壮苗培养,可提高

海三棱藨草丛生芽的长势及株高一致性, 利于标准化生产。

3.5 植物生长调节剂对生根的影响

以单芽进行生根培养, 21天后得到再生苗。实验结果(图1G, 表5)显示, M16–M19处理的再生苗根系发达, 其中M18处理生根率高达100%, 再生苗长势良好, 一致性高, 根系长度、数量均匀, 适合移栽; M19处理生根率虽然高, 根系发达, 但生根数量过多且长度过长, 不利于后期移栽操作。M20和M21处理加入NAA后, 根基部易形成愈伤组织, 也不利于后期移栽。因此, M18为海三棱藨草丛生芽适宜的生根培养基。

3.6 不同培养容器对生根培养的影响

为提高转接效率, 采用M18处理及不同容器培养21天, 实验结果(表6)显示, 塑料盒接种速度为每小时198株, 比玻璃瓶接种速度提高约50%, 而二者的污染率差异不显著。在两种容器内, 根系均生长良好(图1H)。

3.7 不同介质及密度对移栽成活率的影响

海三棱藨草生根培养21天后, 根系长达1–2 cm, 可洗苗移栽。再生苗初期移栽于温室大棚内, 先选用128孔穴盘。保持空气湿度为85%–95%, 保持叶面湿润, 10天后可移出大棚露天栽植(4–6月)。移栽90天后, 不同处理间的再生苗成活率差异显著, 处理7和8的成活率均高于85%, 但相同处理下, 不同种植密度之间差异不显著(图1I, 表7)。移栽45天后, 再生苗根系与基质形成土球状, 可移栽至可降解育苗穴盘内。继续生长15天后, 选择长势健壮且株高超过20 cm的再生苗进行大田移栽。

3.8 讨论

海三棱藨草生境为盐沼湿地, 湿润的环境易使其表面滋生大量的微生物, 或有菌丝侵入表皮进入细胞内, 难以完全灭菌(杜雪玲等, 2005)。采用海三棱藨草球茎、根尖及叶片等外植体消毒后, 较难获得无菌材料, 后期进一步的诱导分化也极为困难。而利用种子作为外植体, 通过破除部分种皮, 既可以保护内部完整的种胚不受破坏, 又破除了种皮致密导致的种子休眠, 得到无菌芽, 是组织培养体系的关键起始步骤。

有研究表明, TDZ能促进不定芽的产生(徐晓峰和黄学林, 2003), 且与6-BA混合使用效果较好(Chalupa, 1987)。因此, 尝试配合添加TDZ后, 海三棱藨草幼芽产生了明显的分化现象, TDZ是诱导再生苗成功的关键激素。

组织培养的适宜温度通常为25°C (何松林等, 2003), 而海三棱藨草继代增殖培养时, 在30°C的高温下增殖效果最好, 这与其在崇明东滩盐沼内总生物量在8月达到全年最大值的自然属性一致(Chen et al., 2005), 表明该植物具有喜温和夏季生长迅速的特性。

生根培养时, 采用容积较大的塑料容器能有效提高接种效率, 但塑料容器的单瓶接种数量较多、操作时间较长, 污染风险相对较高, 因此暂适用于灭菌控制较严格的无菌组培室。此外, 生根培养时间较短且培养后直接出库, 而增殖培养为循环过程, 要求材料无菌, 因此, 该容器在增殖阶段的应用, 还需进一步研究。

参考文献

- 陈建林 (2003). 荸荠组培苗高效扩繁技术的研究. 硕士论文. 扬州: 扬州大学. pp. 1–6.
- 陈中义 (2004). 互花米草入侵国际重要湿地崇明东滩的生态后果. 博士论文. 上海: 复旦大学. pp. 2–8.
- 陈中义 (2005). 长江口海三棱藨草的生态价值及利用与保护. 河南科技大学学报(自然科学版) 26(2), 64–67.
- 杜雪玲, 张振霞, 余如刚, 符义坤 (2005). 植物组织培养中的污染成因及其预防. 草业科学 22, 24–27.
- 何松林, 孔德政, 杨秋生, 孟中生, 王美茹, 吴建华 (2003). 组织培养容器环境因子调控技术研究进展. 河南农业大学学报 37, 25–32.
- 黄华梅 (2009). 上海滩涂盐沼植被的分布格局和时空动态研究. 博士论文. 上海: 华东师范大学. pp. 27–39.
- 李华 (2009). 潮间带盐沼植物的沉积动力学效应研究. 博士论文. 上海: 华东师范大学. pp. 3–28.
- 欧尚华, 方永鑫, 周根余 (1992). 海三棱藨草种子萌发条件的初步研究. 上海师范大学学报(自然科学版) 21(增刊), 23–26.
- 童春富, 章飞军, 陆健健 (2007). 长江口海三棱藨草带生长季大型底栖动物群落变化特征. 动物学研究 28, 640–646.
- 徐晓峰, 黄学林 (2003). TDZ: 一种有效的植物生长调节剂. 植物学通报 20, 227–237.
- 杨梅 (2010). 海三棱藨草的物种生物学和遗传结构研究. 博

- 士论文. 上海: 复旦大学. pp. 8–10.
- 赵雨云, 马志军, 陈家宽 (2002). 崇明东滩越冬白头鹤食性的研究. 复旦学报(自然科学版) **41**, 609–613.
- 周博, 许维情, 李娜, 徐娜, 姜长阳 (2010). 银线伞莎草组织培养及快速繁殖的研究. 北方园艺 **17**, 150–152.
- 朱晶, 敬凯, 干晓静, 马志军 (2007). 迁徙停歇期鹤鹑类在崇明东滩潮间带的食物分布. 生态学报 **27**, 2149–2159.
- Chalupa V (1987). Effect of benzylaminopurine and thidiazuron on *in vitro* shoot proliferation of *Tilia cordata* Mill, *Sorbus aucuparia* L. and *Robinia pseudoacacia* L. *Biol Plantarum* **29**, 425–429.
- Chen H, Wang DQ, Chen ZL, Wang J, Xu SY (2005). The variation of sediments organic carbon content in Chongming east tidal flat during *Scirpus mariqueter* growing stage. *J Geogr Sci* **15**, 500–508.
- Gan XJ, Cai YT, Choi CY, Ma ZJ, Chen JK, Li B (2009). Potential impacts of invasive *Spartina alterniflora* on spring bird communities at Chongming Dongtan, a Chinese wetland of international importance. *Estuar Coast Shelf S* **83**, 211–218.
- Li B, Liao CH, Zhang XD, Chen HL, Wang Q, Chen ZY, Gan XJ, Wu JH, Zhao B, Ma ZJ, Cheng XL, Jiang LF, Chen JK (2009). *Spartina alterniflora* invasions in the Yangtze River Estuary, China: an overview of current status and ecosystem effects. *Ecol Eng* **35**, 511–520.
- Liao CZ, Peng RH, Luo YQ, Zhou XH, Wu XW, Fang CM, Chen JK, Li B (2008). Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a meta-analysis. *New Phytol* **177**, 706–714.
- Peng RH, Fang CM, Li B, Chen JK (2011). *Spartina alterniflora* invasion increases soil inorganic nitrogen pools through interactions with tidal subsidies in the Yangtze Estuary, China. *Oecologia* **165**, 797–807.
- Quan WM, Fu CZ, Jin BS, Luo YQ, Li B, Chen JK, Wu JH (2007). Tidal marshes as energy sources for commercially important nektonic organisms: stable isotope analysis. *Mar Ecol Prog Ser* **352**, 89–99.
- Wang M, Chen JK, Li B (2007). Characterization of bacterial community structure and diversity in rhizosphere soils of three plants in rapidly changing salt marshes using 16S rDNA. *Pedosphere* **17**, 545–556.

A Rapid Propagation System for *Scirpus × mariqueter*

Qun Zhang^{1,2†}, Xiuli Lü^{1†}, Xiaoli He¹, Yi Zhu¹, Xinhong Cui^{1*}

¹Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Shanghai 200232, China; ²Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Institute of Biodiversity Sciences, Fudan University, Shanghai 200438

Abstract The mature seeds of *Scirpus × mariqueter* were used as explants. Through germ-free germination, induction of multiple shoots, multiplication, rooting and transplantation, an aseptic-frequency regeneration system was established. The optimal medium for inducing adventitious plants and multiplication was MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.002 mg·L⁻¹ TDZ+0.2 mg·L⁻¹ IBA; the optimal medium for culturing strong plants with multiple shoots was 1/2MS+0.05 mg·L⁻¹ 6-BA+0.01 mg·L⁻¹ IBA; the optimal medium for rooting was 1/2MS+0.2 mg·L⁻¹ IBA; and the optimal culture temperature was 30°C. Regenerated seedlings were transplanted into the mixture of 3 parts perlite, turf and vermiculite, volume ratio 1:1:1, and the survival rate was >85%. A large-volume plastic container for rooting culture can decrease the cost of production and increase production efficiency.

Key words *Scirpus × mariqueter*, germ-free germination, multiplication, rooting, culturing strong plants, transplanting

Zhang Q, Lü XL, He XL, Zhu Y, Cui XH (2016). A rapid propagation system for *Scirpus × mariqueter*. *Chin Bull Bot* **51**, 684–690.

† These authors contributed equally to this paper.

* Author for correspondence. E-mail: kysxinhongcui@163.com