

东方杉组培苗工厂化生产的关键技术研究

陈 权,楼文阜,唐 寅,高 畅,张朝君,宋学孟

(上海光兆植物速生技术有限公司,上海 201801)

摘 要: 基于东方杉组培苗工厂化生产过程,对丛芽继代、增殖材料的选择及培养过程中几个重要的技术环节,以及组培苗生根培养方法进行了研究。结果表明:组培苗的长势受丛芽继代次数的影响,连续继代 3~5 次后需及时更新增殖材料;应选择生长旺盛的单株苗作为母本进行扩繁;在东方杉茎芽诱导培养过程中,培养架层光合有效光量子束密度应控制在 $30\sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,丛芽继代过程应保持在 $60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,单株壮苗培养阶段控制在 $60\sim 80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;改善培养容器的透气性有利于组培苗的生长;在东方杉组织培养中,活性炭是必须的添加物,同时添加 $2 \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 L-谷氨酰胺能有效促进组培苗的生长;无根组培苗进行室外扦插生根,粗沙是理想的扦插生根介质,生根率可达 88.3%。

关键词: 东方杉;组织培养;工厂化生产

中图分类号: S791;Q943.1 **文献标识码:** A

Study on key techniques of commercial production of tissue-cultured plantlets of *Taxodium mucronatum* × *Cryptomeria fortunei*

CHEN Quan, LOU Wen-fu, TANG Yin, GAO Chang, ZHANG Chao-jun, SONG Xue-meng
(Shanghai Guangzhao Plant Fast-Growing Technology Co., Ltd., Shanghai 201801, China)

Abstract: Such key techniques as bud subculture, explant selection and root-inducing culture were studied during the whole procedure of commercial production of tissue-cultured plantlets of *Taxodium mucronatum* × *Cryptomeria fortunei*. The experimental results showed that the growth vigor of tissue-cultured plantlets was influenced by subculture times, and explants should be replaced after continuous subculture for 3~5 times; A single plantlet with good growth vigor should be selected as a mother plant to be propagated; The light intensity in culture shelf should be controlled within $30\sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for bud-inducing culture, above $60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for shoot subculture, and within $60\sim 80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for a single sound plantlet culture; Improving the air permeability of culture containers could help the plantlets to grow; Adding some active carbon and $2 \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ L-glutamine to the medium for tissue culture could promote the plantlet growth; Coarse sand was an ideal cutting medium for rootless plantlets from tissue culture to be planted in outdoors, and the rooting percentage could reach 88.3%.

Key words: *Taxodium mucronatum* × *Cryptomeria fortunei*; Tissue culture; Commercial production

东方杉(*Taxodium mucronatum* Ten × *Cryptomeria fortunei* Hooibrenk ex Otto et Diétr.) 属半常绿高大乔木,是我国著名林木育种家叶培忠教授于 1962-1963 年用墨西哥落羽杉(*Taxodium mucronatum*) (♀) 和中国柳杉(*Cryptomeria fortunei*) (♂) 进行杂交获得的新树种^[1-3]。

自 1975 年上海引进东方杉以来,在各种立地条件下进行试种,经过多年的生长,东方杉表现出速生、抗风、耐盐碱、耐水湿和景观效果好等优良特性^[4,5]。研究表明,东方杉适用于盐碱地(含盐量低于 3.9‰、 $7 < \text{pH} \leq 8.9$)、沼泽低洼地、江河堤岸造林绿化、沿海防护林和城市园林景观设计^[4,5]。东方杉是一种具有我国自主知识产权的种质资源,已获得国家林业局授予的植物新品种权,美国、日本也已经接受该品种的

收稿日期:2008-04-08 初稿;2008-07-21 二改稿

基金项目:上海市科学技术委员会农业科技领域重点攻关项目(063919116)资助

作者简介:陈 权(1977-),男,大学本科,从事植物组织培养工厂化生产技术研究。Tel:(021)69156062

国际植物专利申请。

东方杉的无性扦插繁殖技术在近期获得了突破^[6,7]。但是由于种质资源的缺乏^[3,4],特别在无足够基数母树的情况下,通过扦插方式进行繁殖的速度较慢,且插穗来源于不同的母树,使得形成的群体性状也不尽相同。此外,针叶树种的扦插繁殖还易受插条位置效应的影响^[8],从而降低生长势。而运用组培的方法进行东方杉种苗的繁殖具有:①生产不受季节的限制;②组培苗能保持母本的优良性状,苗木生长整齐;③通过对选定的优势株进行组培扩繁,能迅速形成优势无性系苗木等优势。

目前,关于东方杉的组织培养虽已有报道^[9-11],但有关利用组培技术进行工厂化生产方面的技术和工艺研究尚未见报道。该项目在东方杉组织培养再生完整植株的工作基础上^[11],开展了东方杉组培苗的工厂化生产。本文就生产过程中的若干关键技术进行了研究,形成了一套有效的东方杉组培快速繁殖方法和配套的生产工艺,实现了工厂化生产。

1 材料与方 法

1.1 材 料

以东方杉大树基部的萌枝、离体诱导培养优良组培苗单株为试验材料,萌枝条取自上海市浦东新区川沙林场内 30 年树龄的东方杉。

1.2 方 法

1.2.1 培养基 茎芽诱导和丛芽增殖阶段, MHJ 为基本培养基^[11], 添加 BA $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、NAA $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、L-谷氨酰胺 $2.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、白砂糖 $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 以及活性炭 $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$; 壮苗阶段则不添加任何激素。

1.2.2 光照强度控制方法和测定 通过调节光源与培养物之间的距离来获得不同的光照强度。用美国 LI-COR 公司生产的 Light Meter (LI-250A) 在培养瓶的瓶口处测得光合有效光量子束密度。

1.2.3 继代次数对丛芽增殖的影响 将 1 cm 左右且长势均匀的茎段, 接入增殖培养基中, 萌发腋芽的茎段每隔 28 d 继代 1 次, 连续继代 5 次, 计算每次继代后的增殖倍数; 每次继代过程中, 2 cm 以上高度的茎芽接入壮芽培养基, 35 d 后测量芽长度。

1.2.4 单株苗的长势对茎芽诱导效果的影响 选择不同长势的组培苗单株, 分别切取 1 cm 左右的小茎段, 接入茎芽诱导培养基中, 35 d 后比较抽芽率和芽的质量。

1.2.5 光照强度对组培苗生长的影响 茎芽诱导、丛芽增殖、单株壮苗培养时, 分别置于光合有效光量子束密度为 $30 \sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $60 \sim 80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $90 \sim 120 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光照时间 $14 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 的条件下培养, 4~5 周后观察在各自条件下的生长情况。

1.2.6 培养容器透气性对组培苗生长的影响 将东方杉 2 cm 左右的单芽接种于透气孔直径分别为 1.0 cm、0.5 cm 和无透气孔的塑料封口膜(上海稼丰园艺公司购买)覆盖的广口玻璃瓶(直径 6.5 cm × 高度 9.0 cm)中培养, 35 d 后观察生长情况。

1.2.7 L-谷氨酰胺和活性炭对单株伸长生长的影响 在壮苗培养基中对添加不同浓度的 L-谷氨酰胺和活性炭, 分别接入 2 cm 的单芽, 35 d 后观察生长情况。以上试验均重复 3 次, 每次每个处理为 10 瓶, 每瓶接种的材料数量为 7 个。

1.2.8 无根组培苗和大树嫩枝扦插 将 5~6 cm 高度的无根组培苗, 扦插在不同配比的混合基质中; 另将 12~15 cm 的大树当年生嫩枝条和部分无根组培苗先在粗沙中培养, 生根后移栽至装有混合基质(土:沙:泥炭:珍珠岩=2:1:1:1)的营养钵中。大棚内护理 2~3 个月后露地种植。

1.2.9 大田种植 3 月中下旬, 分别将 10~15 cm 高的组培苗和扦插苗移栽至大田, 种植密度为 $50 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ (株距 × 行距), 对生长情况进行跟踪观察。

2 结果与分析

2.1 丛芽继代次数对芽增殖的影响

东方杉通过促进腋芽生枝法进行增殖。从表 1 可以看出, 增殖至第 5 代, 繁殖系数明显下降, 同时长势也缓慢, 长势弱的芽在壮苗培养基上生长较慢, 影响后期的生根成活率, 通过改进培养基成分及切割方式并不能优化该培养结果。因此, 在继代过程中, 需要淘汰部分老化的培养体, 这是直接导致增殖倍数下降的原因。试验表明, 在东方杉工厂化组培增殖过程中, 继代次数应控制在 3 代左右, 超过 5 代的增殖丛

芽生长缓慢,需要及时更新。

表 1 继代次数对丛芽增殖的影响
Table 1 Effect of subculture times on shoot multiplication

继代次数 Subculture time	增殖倍数* Multiplication coefficient	芽平均数/瓶 Average shoot number/flask	生长状况 Growth status	35 d 单株平均生长高度/cm Average height of plantlets cultured for 35 d
1	2.1	15.0	生长快,叶片舒展 Growing quick, leaves unfolding	6.8A
2	3.0	21.0	生长快,叶片舒展 Growing quick, leaves unfolding	6.3AB
3	3.5	31.5	生长快,叶片舒展 Growing quick, leaves unfolding	6.5AB
4	3.2	24.5	生长快,叶片舒展 Growing quick, leaves unfolding	6.0B
5	2.0	21.0	生长缓慢,叶片皱缩 Growing slow, leaves crimpling	4.5C

* 增殖倍数 = 增殖瓶数/原接种瓶数。Multiplication coefficient = multiplication number/inoculation number.

2.2 单株苗的长势对茎芽诱导效果的影响

组培单株苗的质量,直接影响茎芽的诱导率。从表 2 可以看出,与弱苗(图版 1 右,见封三彩图)相比,由生长健壮的组培单株切割的茎段,茎芽发生的比例要高 50 个百分点,而且茎芽发生的时间要早 2~3 d,产生的茎芽粗壮且生长速度快。因此,在组培快繁过程中,更新的增殖丛芽应选择健壮单株来诱导茎芽(图版 1 左)。

表 2 单株苗的长势对茎芽诱导效果的影响
Table 2 Effect of tissue-cultured plantlet growth vigor on bud induction

繁殖材料生长情况 Growth state of propagation materials	茎芽发生时间/d Occurrence time of axillary buds	茎芽质量 Bud quality	平均抽芽率* /% Average sprouting percentage	28 d 平均芽长度/cm Average shoot length within 28 d
壮,生长快 Sturdy, growing fast	10~15	粗壮 Sturdy	91.4	2.4
弱,生长缓慢 Weak, growing slow	12~18	细弱 Thin and weak	41.4	1.8

* 平均抽芽率 = 抽芽的茎段数量/接种茎段数量。

Average sprouting percentage = number of sprouting stem segments/number of inoculated stem segments.

2.3 光照强度对组培苗生长的影响

为确定东方杉各阶段组培苗生长的适宜光照强度范围,进行了在 3 种光照强度范围下的比较试验。结果表明,不同类型的培养体对光照强度的要求相同(表 3)。随着光照强度的增加,茎段抽芽率逐渐降低,而腋芽萌发后,提高光照强度有利于芽的快速生长(图版 2)。在茎段腋芽萌发阶段,光强应控制在 $30\sim 50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的较低范围内,3 周后应增强至 $60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,有利于培养壮芽。丛芽增殖阶段,强光照对芽的伸长生长有明显的促进作用,弱光下芽的生长十分缓慢。一般单芽接入壮苗培养基后,前 10 d 为恢复期,几乎没有生长量,对光照强、弱并不敏感。10 d 后开始生长,3~4 周为快速生长期。比较发现,光照强度对快速生长期的影响最大,光照越强,生长速度也越快。在规模化生产中,考虑到生产成本问题,同时也为避免由于组培苗过于高大而在种植时易发生倒伏现象,组培苗适宜高度为 5~6 cm。将壮苗阶段的光合有效光量子束密度控制在 $60\sim 80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,基本能满足生产需求。

表 3 光照强度对东方杉组培苗各培养阶段生长的影响
Table 2 Variance analysis of yield traits of randomized block

光合有效光量子束密度 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ Light intensity	茎芽诱导阶段 Bud induction stage		丛芽增殖阶段 Shoot multiplication stage		壮苗培养阶段 Sound shoot culture stage
	茎段抽芽率/% Sprouting percentage	28 d 平均芽长度/cm Average shoot length within 28 d	增殖倍数 Multiplication coefficient	生长状况 Growth status	35 d 平均芽伸长长度/cm Average shoot length within 35 d
30~50	76.8	1.4	2.3	生长缓慢 Growing slow	4.36C
60~80	73.4	2.2	3.1	生长较快 Growing quick	5.56B
90~120	36.4	2.6	3.0	生长快 Growing quick	6.21A

2.4 培养容器透气性对组培苗生长的影响

培养容器封盖不同,使得容器与瓶外气体交换产生影响,因此,对培养瓶中气体组成^[12]、光照环境、培养物玻璃化和芽伸长、增殖及鲜重增加等都有影响^[13-16]。东方杉组培苗培养过程中,改善封口膜的透气性,对芽的伸长有促进作用。从表 4 可以看出,透气孔直径越

表 4 培养容器透气性对东方杉芽伸长生长的影响
Table 4 Influence of air permeability of culture containers on elongation growth of shoots

透气孔直径/mm Diameter of air vent of sealing membrane	生长情况 Growth status	35 d 平均芽长度/d Mean shoot length within 35 d
A:0	细弱,叶片不舒展 Thin and weak, leaves crimpling	3.75C
B:5	粗壮,叶片不舒展 Sturdy, leaves crimpling	4.32B
C:10	粗壮,叶片舒展 Sturdy, leaves unfolding	5.29A

大,芽的伸长生长也越快,植株叶片较舒展,且不易发生玻璃苗。C处理的平均芽长度显著高于其他处理;B处理的平均芽长度显著高于A处理。

2.5 L-谷氨酰胺和活性炭对单株伸长生长的影响

L-谷氨酰胺和活性炭很大程度上促进东方杉的伸长生长^[11]。研究表明,活性炭在东方杉组培苗的培养过程中,对苗的生长起了主要作用(图版3)。在不含活性炭的壮芽培养基上,东方杉芽的伸长和侧芽的发生均受到明显的抑制(图1a),而且随着L-谷氨酰胺浓度的增加,芽的伸长生长无明显差异。在培养中添加1000 mg·L⁻¹活性炭后,芽的伸长生长明显加快,侧芽的数量也呈现相似的变化趋势(图1b)。L-谷氨酰胺的添加量在2 g·L⁻¹为宜。S. C. Van Winkle等^[17]在对活性炭在组培中的作用的研究中发现,活性炭可提高道格拉斯杉组培苗生长率和活力。本研究表明,L-谷氨酰胺必须和活性炭共同使用,才能更好地发挥促进作用。L-谷氨酰胺也广泛应用于针叶树的体细胞胚胎发生研究中,对胚的诱导和分化均起到重要的作用^[18]。研究发现,在东方杉丛芽增殖过程中同样也存在活性炭和L-谷氨酰胺的这种培养效应。

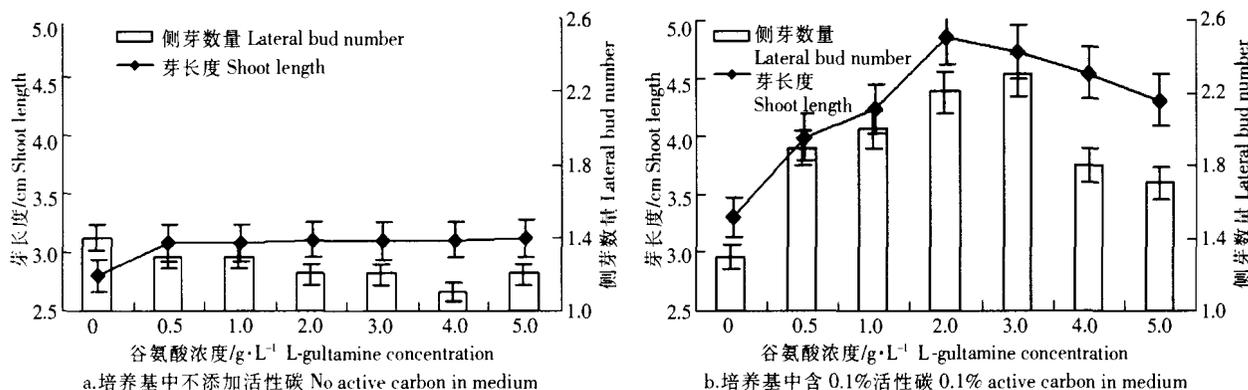


图1 不同浓度的L-谷氨酰胺对东方杉组培苗生长的影响

Fig. 1 Effect of L-glutamine concentration on growth of tissue-cultured plantlets

2.6 无根组培苗和大树嫩枝扦插

东方杉组培苗在试管内诱导生根(图版4)的周期很长,需要3~4个月时间^[11]。在规模化生产过程中,将组培快繁过程中室内生根培养的步骤移至室外,即用无根组培单株苗直接扦插,使东方杉组培苗室内生根、大棚炼苗两个步骤可以在室外同步完成,不但简化了流程,而且也大大降低了东方杉组培苗在生根阶段的成本。东方杉无根组培苗娇嫩,扦插生根过程中需保持高湿环境,避免叶片失水萎蔫。实践证明,在粗沙中先完成生根过程(图版5),再移栽至混合基质(图版6)中,最终能获得80%左右的成活率(表5)。用大树嫩枝条扦插,生根率稍低,但移栽成活率高于无根组培苗,最终的成活率差别较小。经过2~3个月的大棚炼苗,东方杉根系发达(图版7),对提高大田移栽的成活率十分有利。

表5 东方杉无根组培苗和大树嫩枝扦插成活率比较

Table 5 Comparison of survival rate of cuttings between tissue-cultured rootless plantlets and young branches of big tree

材料 Cutting material	培养介质 Medium	扦插数量 Number of cuttings	生根数量 Number of rooting plantlets	生根率/% Rooting rate	成活数量 Number of surviving plantlets	成活率/% Survival rate
无根组培苗 Rootless plantlets	混合基质 Mixed medium	960	-	-	557	58.0
无根组培苗 Rootless plantlets	粗沙,生根后移栽至混合基质 Coarse sand and then mixed medium after cuttings rooting	720	636	88.3	572	79.4
大树基部嫩枝 Twig from basal part of mature tree	粗沙,生根后移栽至混合基质 Coarse sand and then mixed medium after cuttings rooting	720	591	82.1	561	77.9

2.7 大田种植

容器苗由于是带基质移栽,根系不会受到伤害,种植后立即浇定根水,成活率达98%以上。为保证高的移栽成活率,应当避免在正午烈日下种植。组培苗移栽大田后,根系从原来容器狭小的空间中解脱出来,有利于对养分的吸收,生长迅速,顶端优势十分明显(图版8、9)。经过2年的生长观察,组培苗长势整齐一致,树形美观挺拔,平均生长高度达2 m以上;而大树扦插苗长势参差不齐,平均生长高度也略低于组培苗,进一步的生长情况有待观察。

3 讨 论

东方杉是一杂交种,不能靠播种进行繁殖^[5,6,19],用嫩枝扦插的方法繁殖又会受插穗来源的限制。组培的优势在于,在没有足够种源的情况下,用组培的方法繁殖,使得在较短的时间内繁殖大量东方杉种苗成为可能。但组培繁殖种苗与嫩枝扦插繁殖相比,成本相对较高。通过组培的方法,可以将优势株进行快速繁殖,培育大量长势一致的无性系苗木,制成采穗圃后,进行嫩枝扦插繁殖,从而降低生产成本,这是进行东方杉种苗工厂化快速繁殖较为理想的技术路线。跟踪观察了 2 年龄的东方杉扦插苗的生长势,初步结果表明,用一、二年生组培苗的嫩枝扦插和用无根组培苗直接扦插成苗,两者在速生性和苗的质量等方面无明显差异,且均优于直接用东方杉大树枝条扦插的苗木。由此可见,木本植物通过组培复壮更新生长势的技术具有较广阔的应用潜力。

参 考 文 献

- [1] 《中国树木志》编委会. 中国主要树种造林技术(上册)[M]. 北京:农业出版社,1978.
- [2] 李同荣,马明文,平原湖区引种墨杉、落羽杉效果好[J]. 湖北林业科技,1992(3): 14-15.
- [3] 陈永辉,王金金,伍寿彭. 落羽杉属的引种和选育[J]. 江苏林业科技,1998(2): 43-47,49.
- [4] 张建军,潘士华,沈烈英,等. 东方杉的树种特征与生态价值[J]. 上海农业学报,2003,19(3): 56-59.
- [5] 沈烈英,张建军,潘士华,等. 东方杉——我国自主育成的园林新树种[J]. 园林,2003(5): 36-37.
- [6] 闵士元. 东方杉造林技术[J]. 林业实用技术,2004(12): 11-12.
- [7] 孙 强,尹中明,吴 文,等. 东方杉夏季嫩枝扦插育苗[J]. 中国花卉园艺,2006(14),38-39.
- [8] 季孔庶,王章荣,陈天华,等. 针叶树种扦插繁殖的研究进展及其对策[J]. 世界林业研究,1996,9(4): 17-22.
- [9] 周 音,张智奇,刘金鹏,等. 东方杉不定芽的高频率分化研究[J]. 上海农业学报,2004,20(3): 11-14.
- [10] 周 音,张建军,张智奇,等. 三种试剂对东方杉(*Taxodium mucronatum* × *Cryptomeria fortunei*)愈伤组织抑制褐变的影响[J]. 上海农业学报,2005,21(3): 21-25.
- [11] 楼文卓,陈 权,唐 寅,等. 东方杉的组织培养繁殖技术研究[J]. 上海农业学报,2007,23(2): 17-23.
- [12] Lentini Z, Mussell H, Mutschler M A, et al. Ethylene generation and reversal of ethylene effects during development in vitro of rapid-cycling *Brassica campestris* L. [J]. Plant Sci, 1988, 54: 75-81.
- [13] Monette P. Micropropagation of Kiwifruit using non-axenic shoot tips[J]. Plant Cell Tissue Organ Cult., 1986, 6: 73-82.
- [14] Mackay W A, Kitto S L. Factors affecting in vitro shoot proliferation of French tarragon[J]. J. Am. Soc. Hort, 1988, 113: 282-287.
- [15] McClelland M T, Smith M A L. Vessel types, closure, and explant orientation influence in vitro performance of five woody species [J]. HortScience, 1990, 25: 797-800.
- [16] Blazkova A, Ullmann Z, Josefusova Z, et al. The influence of gaseous phase on the growth of plants in vitro: the effect of different types of stoppers[J]. Acta Hort., 1989, 251: 209-214.
- [17] S C Van Winkle, G S Pullman. The role of activated carbon in tissue culture medium[J]. Energieia, 1995, 6(6): 1-3.
- [18] Shinjiro Ogita, Hamako Sasamoto. The effects of glutamine on the maintenance of embryogenic cultures of *Cryptometia Japonica* [J]. In vitro Cell. Dev. Biol. Plant, 2001, 37: 268-273.
- [19] Zhang Jianjun, Zhu Jianhua. Taxodiomeria (Taxodiaceae), An Intergeneric Hybrid Between *Taxodium* and *Cryptomeria* From Shanghai, People's Republic of China[J]. SIDA, 2003, 20(3): 999-1006.

欢迎订阅 2008 年《食用菌》杂志

《食用菌》是一份以应用技术为主的食用菌专业杂志。主要报道香菇、蘑菇、草菇、平菇、金针菇、银耳、猴头菇、灵芝、茯苓和虫草菌等食(药)用大型真菌的科研报告和技术经验。辟有专题讨论、资源调查、育种驯化、生理生化、培养材料、栽培技术、病虫防治、机具设备、科普讲座、食用菌与健康、小集锦等栏目。《食用菌》内容丰富,实用性强,是食用菌科研、教学、生产、经营、农村专业户和广大食用菌爱好者的良师益友。多次获得上海市和全国优秀科技期刊奖,并被定为全国中文核心期刊。

2007 年《食用菌》(双月刊)每期定价:4.00 元,全年 24 元,请到当地邮局订阅,邮发代号:4-292。邮局脱订可汇款编辑部邮购,邮购价:5 元每册,如需挂号,每次加 3 元。

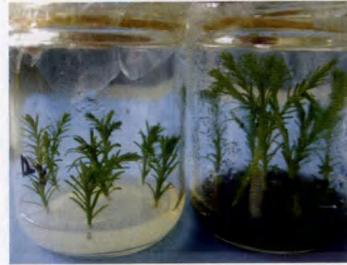
编辑部地址:上海市北翟路 2901 号 邮编:201106

编辑部电话:(021)62208660-3174 或 (021)52235459

编辑部:e-mail:xx7@saas.sh.cn 或 syj3174@126.com

陈权,等:东方杉组培苗工厂化生产的关键技术研究(文见 P30)

Study on key techniques of commercial production of tissue-cultured plantlets of *Taxodium mucronatum* × *Cryptomeria fortunei*



1	2	3
4	5	
6	7	8
9		

1. 壮苗和弱苗 Sound plantlets and weak plantlets; 2. 腋芽在强光(左)和弱光(右)下生长情况 Axillary buds grown under high(left) and low(right) light intensity; 3. 培养基中有(右)无(左)活性炭单株生长情况 Plantlets' growth states with active carbon(right) and without one(left); 4. 生根试管苗 Test-tube plantlets rooted; 5. 沙杯中生根 Rooting culture in pot filled with sand; 6. 组培苗移栽到混合基质 Tissue-cultured plantlets transplanted into pot filled with mixed medium; 7. 炼苗 2~3 个月后根系的生长情况 Root system of plantlets after hardening for 2~3 months; 8. 组培苗顶端优势明显 Obvious apical dominance of tissue-cultured plantlets; 9. 大田育苗 6 个月后的树苗 Plantlets cultured in field for 6 months

图版说明 Explanation of plate