

文章编号:1001-4829(2006)04-0722-06

魔芋块茎脱毒高效快繁体系的构建

吴毅歆¹, 隋启君¹, 谢庆华², 陈海如³

(1. 云南省农科院经济作物研究所, 云南昆明 650205; 2. 云南师范大学生物资源技术研究所, 云南昆明 650031; 3. 云南农业大学云南省植物病理重点实验室, 云南昆明 650201)

摘要:以花魔芋块茎的中部组织为外植体, 在12种培养基上诱导愈伤组织, 筛选出M11(MS+6-BA 1.5 mg/L+NAA 0.15 mg/L)为诱导愈伤组织最适培养基, 诱导率达100%; 以带单芽的愈伤组织块为外植体, 在5种培养基上进行芽的分化, M9(MS+6-BA 1.0 mg/L+NAA 0.1 mg/L)为芽分化最适培养基, 分化率达100%; M11为有效芽苗率最高的培养基, 有效芽苗率达31.1%; 随着继代次数的增加, 脱毒率明显的提高, 脱菌、毒率分别达100%、92.9%。

关键词:魔芋; 花魔芋; 脱毒;

中图分类号:S336; S632 **文献标识码:**A

System establishment of plant virus-free regeneration from tuber explants of *Amorphophallus konjac*

WU Yi-xin¹, SUI Qi-jun¹, XIE Qin-hua², CHEN Hai-ru³

(1. Cash Crop Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yunnan Kunming 650205, China; 2. Institute of Biotechnology, Yunnan Normal University, Yunnan Kunming 650031, China; 3. Key Laboratory for Plant Pathology of Yunnan Province, Yunnan Kunming 650201, China)

Abstract: Small tubers were inoculated in M1-M12 12 kinds of media, M11(MS+6-BA 1.5 mg/L+NAA 0.15 mg/L) medium was suitable for callus induction, the induction rate reached 100%; Explants were buds. Buds were inoculated in M8-M12 5 kinds of media. M9(MS+6-BA 1.0 mg/L+NAA 0.1 mg/L) medium was suitable for differentiation of buds, the differentiation rate reached 100%; M11 medium was suitable for efficient seedling induction, the efficiency of seedling rate reached 31.3%; Rate of virus-free became high with number of subculture, the disease-free and the virus-free rate reached 100%, 92.9%.

Key words: *Amorphophallus konjac*; *Amorphophallus konjac* K. Koch; virus-free

从20世纪80年代中期到现在,魔芋界人士经过10多年的共同努力,使魔芋产业初步形成种植业、初加工、深加工和销售相配套的初具规模的产业^[1]。云南魔芋种植面积由20世纪90年代初的不足3333 hm²发展到1999年的1万hm²,近年来发展到1.3万hm²以上^[2]。主要在山区种植,正常产量60000 kg/hm²,收入6~7.5万元,经济效益十分显著,是农村产业结构调整、增加农民收入的较好项目,已被列入云南省生物资源开发的重要内容之一。云南省内也相继建立了一些较现代的加工企业,对原料有较大的需求。但是在魔芋作物从零星种植的传统生产模式向规模化、集约化生产方式转变过程

中,病害成为严重的制约因素,即在栽培面积扩大后,白绢病(*Sclerotium rolfsii* Sacc)和软腐病(*Erwinia carotovora*)日趋严重,又因魔芋的腐霉病原菌能传病毒,魔芋病毒病(KMV)近年来也危害加重。由于种植魔芋投资高,时间长,而上述前2种病害常造成毁灭性损失,农民的风险大,常常连投资都难于收回,阻碍了产业的发展。

近年来,在病害防治方面,国外由于魔芋种植面积不大,研究较少,日本过去主要采用轮作,现亦采用常规的防治技术,效果不明显;中国常采用轮作、消灭病株、合理施肥、高畦栽培等栽培技术,施用五氯硝基苯、代森铵、甲基托布津、甲基溴等药剂防治措施。但难以从根本上控制病害,抗病品种虽然作为重要措施提出,由于品种资源的局限性,目前尚未发现能抗这两种病的资源^[3]。

针对白绢病(真菌病害)、软腐病(细菌病害)和

收稿日期:2005-12-15

作者简介:吴毅歆(1968-),女,福建福州人,副研究员,在读博士,主要从事分子植物病理及马铃薯研究开发工作, E-mail: wyx680705@sina.com.

病毒病发生严重的问题。又因魔芋主要用作食品、医药及保健品的原料,又是无性繁殖的作物。通过应用植物细胞工程的方法,进行魔芋愈伤组织培养脱毒,筛选出无病毒植株,同时去除真菌、细菌和线虫,恢复其种性,由于不需用化学药剂防治,减少了污染,是一条有效的魔芋病害防治途径,为无公害魔芋种植提供保证。

魔芋 (*Amorphophallus konjac*) 是天南星科 (Araceae) 魔芋属 (*Amorphophallus* Blume) 多年生草本植物,也是蔬菜作物,可作食用、药用和工业用。花魔芋 (*Amorphophallus konjac* K. Koch) 分布最广,以其为开发价值的品种,也是最重要的栽培种^[4]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择生产上推广的花魔芋,健壮、无病的块茎作外植体。

1.2 培养条件

以 MS 为基本培养基,设计 8 种培养基 M4、M5、M6、M7、M9、M10、M11、M12,以 M1^[5-6]、M2^[6]、M3^[7-8]、M8^[9] 为对照,进行比较试验(表 1)。培养基依不同的实验目的,附加不同浓度的细胞分裂素 6-BA 和生长素 NAA、食用白糖 30 g/L、琼脂 5.5 g/L、活性炭(AC)0.1 g/L^[10]。培养基用自来水配制,pH 调至 5.8 后,分装于 350 mL 的罐头瓶中,每瓶 40 mL,封口后,在温度 121 °C 下灭菌 20 min。

1.3 方法

1.3.1 材料处理 用小刀轻轻刮去花魔芋块茎上的泥土,放在干净的瓷缸里,在瓷缸口蒙上一层纱布,然后放在水龙头下流水冲洗 30~60 min。凉干后,再放在 0.03% 优氯净溶液里浸泡 1 h,捞出室内凉放 1 个月后备用。

1.3.2 消毒处理 用手术刀薄剥去块茎外植体的表皮,按以下 3 种不同处理方法消毒(表 2),接种在 M1~M12 共 12 种培养基上。15 d 后,分别调查不同处理方式下,外植体的污染率(污染的外植体数/接种的外植体数)和坏死率(坏死的外植体数/接种

表 1 不同激素浓度培养基配方

Table 1 Media with different concentrations of hormones

| 培养基 Medium | 组成成份 Concentration(mg/L) | 培养基 Medium | 组成成份 Concentration (mg/L) |
|---------------|-----------------------------|---------------|------------------------------|
| M1 | MS + 6-BA0.5 + NAA0.5 | M7 | MS + 6-BA1.0 + NAA2.0 |
| M2 | MS + 6-BA0.5 + NAA1.0 | M8 | MS + 6-BA0.5 + NAA0.1 |
| M3 | MS + 6-BA1.0 + NAA1.0 | M9 | MS + 6-BA1.0 + NAA0.1 |
| M4 | MS + 6-BA0.5 + NAA1.5 | M10 | MS + 6-BA1.5 + NAA0.1 |
| M5 | MS + 6-BA0.5 + NAA2.0 | M11 | MS + 6-BA1.5 + NAA0.15 |
| M6 | MS + 6-BA1.0 + NAA1.5 | M12 | MS + 6-BA2.0 + NAA0.1 |

的外植体数)。确定外植体的最佳消毒方式。

1.3.3 愈伤组织诱导 按处理 1 消毒过的外植体,在无菌条件下,将块茎按表层组织和中部组织,切成 1~2 cm³ 的小块,分别接种于 M1~M12 共 12 种培养基上。在室内弱光和温度 20 °C 下进行愈伤组织诱导。研究不同激素组合和不同取材部位外植体对块茎愈伤组织诱导频率的影响。同种外植体的不同取材部位在 12 种培养基上,培养 40 d 统计出愈伤组织诱导率(诱导出愈伤组织的外植体数/接种的外植体数)。

1.3.4 不定芽分化 将诱导培养基上产生的愈伤组织,分别转入不同激素浓度 M8~M12 共 5 种培养基中,在 22±2 °C,光照强度 1000 lx,每日光照 10 h 下进行芽的分化培养。研究不同激素组合和外植体的不同取材部位对不定芽发生频率的影响。培养 25 d,统计出不定芽分化率(分化出不定芽的外植体数/接种的外植体数)和成苗率(分化出有效芽数/接种的外植体数)。每次继代时,将带芽点的愈伤组织切成 1 个芽的小愈伤组织块,连续继代 5 次。研究不同继代次数对不定芽分化率和脱毒率的影响。

1.3.5 病毒检测 将继代 1、3、5 次长出的有效芽苗(发育成的完整植株)各取 15 株的叶片送至本所植物病毒实验室进行黄瓜花叶病毒(CMV)和魔芋花叶病毒(KMV)两种病毒病原的检测。

本实验用普通电镜负染方法进行病毒检测鉴定。

表 2 外植体的消毒处理方法

Table 2 Sterilization for explants

| 处理 Treatment | 消毒 Sterilization |
|---------------------------------------|---|
| 1 75% 酒精浸泡 1 min, 无菌水清洗 2 次, 每次 5 min | 0.1% 升汞浸泡 12~15 min 无菌水清洗 3 次, 每次 5 min |
| 2 同上 | 0.3% 升汞浸泡 8~10 min 同上 |
| 3 同上 | 0.4% 升汞浸泡 8~10 min 同上 |

表3 不同消毒处理和时间对外植体培养的影响

Table 3 Effect of sterilization and time on explants

| 处理 Treatment | 外植体数 No. of explants | 污染率(%) Rate of pollution | 坏死率(%) Rate of death |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 122 | 6.6 | 0 |
| 2 | 110 | 0 | 64.5 |
| 3 | 125 | 0 | 77.6 |

2 结果与分析

2.1 外植体消毒方法的筛选

将不同消毒处理的花魔芋块茎表层组织和中部组织切割成小块分别接种于 M1 ~ M12 共 12 种培养基上,不同浓度和时间的消毒处理对外植体生长分化的影响(表 3)。较高浓度和较长时间对外植体生长有较大的抑制和杀伤作用,较低浓度和较短时间对外植体消毒效果不好。适宜的浓度和时间的配合,才能起到较好的结果。块茎先用 75 % 酒精浸泡 1 min,无菌水清洗 2 次,每次 5 min;再用 0.1 % 升汞浸泡 12 ~ 15 min,无菌水清洗 3 次,每次 5 min 为最佳消毒方法。

2.2 取材部位和培养基对愈伤组织诱导的影响

将消毒后的花魔芋块茎按表层组织和中部组织切割成小块,接种在诱导愈伤组织培养基上(图 1),接种后在切块周围迅速形成一个水圈,切块慢慢变成黄褐色,前半个月几乎无变化,20 d 左右,切块表面陆续裂开,从中挤出 1 至多个呈瘤状愈伤组织,白色或微带绿色。此后愈伤组织生长较快,40 d 左右大小可达 2 ~ 4 cm(图 2)。外植体在 12 种培养基上均能产生愈伤组织,但不同外植体愈伤组织的发生频率均差异显著。同一取材的外植体在不同的培养基上愈伤组织的诱导率也存在显著差异。试验结果见表 4,在 6-BA 为 0.5 mg/L 的 M8、M1、M2、M4、M5 第一组培养基中,随着 NAA 的浓度增加,愈伤组织诱导频率逐渐下降;块茎外植体表层组织在 NAA 为



图1 接种的块茎外植体

Fig.1 Tuber explant of inoculation

表4 不同外植体和培养基对愈伤组织诱导的影响

Table 4 Effect of different explants and media on callus induction

| 培养基 Medium | 接种外植体数 No. of explant | | 愈伤组织数 No. of callus | | 诱导率(%) Frequency | |
|---------------|--------------------------|----|------------------------|----|---------------------|------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| M1 | 11 | 8 | 6 | 4 | 54.5 | 50 |
| M2 | 7 | 16 | 4 | 8 | 57.1 | 50 |
| M3 | 11 | 15 | 3 | 9 | 27.3 | 60 |
| M4 | 13 | 17 | 3 | 2 | 23.1 | 11.8 |
| M5 | 15 | 12 | 2 | 1 | 13.3 | 8.3 |
| M6 | 24 | 10 | 2 | 1 | 8.3 | 10 |
| M7 | 11 | 8 | 2 | 1 | 18.2 | 12.5 |
| M8 | 17 | 15 | 4 | 7 | 23.5 | 46.7 |
| M9 | 20 | 21 | 15 | 19 | 75 | 90.5 |
| M10 | 10 | 11 | 6 | 8 | 60 | 72.7 |
| M11 | 20 | 22 | 18 | 22 | 90 | 100 |
| M12 | 12 | 9 | 1 | 2 | 8.3 | 22.2 |

注:1 = 块茎外植体表层组织;2 = 块茎外植体中部组织。

Note: One = Center tubers of explants ; Two = Exterior tubers of explants.

1.0 mg/L 的 M2 培养基中,愈伤组织诱导率达 57.1 %;块茎外植体中部组织在 NAA 为 0.5 mg/L、1.0 mg/L 的 M1、M2 培养基中,愈伤组织诱导率达 50 %;在第一组 5 个培养基中,均达较高值。在 6-BA 为 1.0 mg/L 的 M9、M3、M6、M7 第二组培养基中,随着 NAA 的按相同的浓度倍数增加,愈伤组织诱导频率也逐渐下降;块茎外植体表层组织在 NAA 为 0.1 mg/L 的 M9 培养基中,愈伤组织诱导率达 75 %;块茎外植体中部组织在 NAA 为 0.1 mg/L 的 M9 培养基中,愈伤组织诱导率达 90.5 %;在第二组 4 个培养基中,居较高。第二组培养基 M9 在增加 6-BA 浓度后,愈伤组织诱导率比第一组培养基 M2 提高较多。说明较高浓度的 6-BA 和低浓度的 NAA 是诱导魔芋块茎愈伤组织的主要因素。在 NAA 为 0.1 mg/L 时,6-BA/NAA 比值为 5、10、15、20 的 M8、M9、



图2 块茎中部组织诱导的瘤状愈伤组织

Fig.2 Tubercular callus initiated from center of tuber

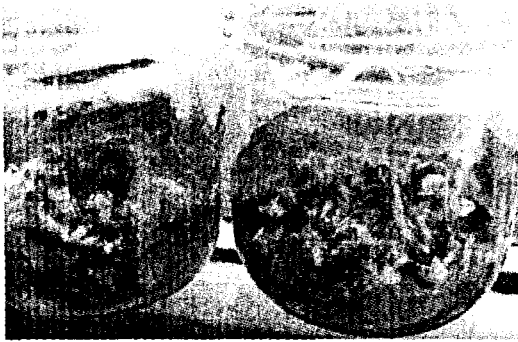


图3 愈伤组织表面形成的粉红色芽

Fig.3 Callus formed pink buds

M10、M11、M12培养基中,随着比值的升高,愈伤组织诱导频率逐渐下降;只有6-BA/NAA = 10的M11、M9培养基,块茎外植体表层组织、中部组织愈伤组织诱导率分别达90%、100%,为最高值;M9培养基次之。说明只有在6-BA与NAA配比最适合,才能达到愈伤组织的最佳诱导频率。在同一种培养基M11、M9中,块茎中部组织愈伤组织诱导率分别为100%、90.5%,而块茎表层组织愈伤组织诱导率分别为90%、75%,中部组织愈伤组织诱导率明显高于表层组织的。说明在选用块茎为外植体时,取块茎中部组织能获得较高的愈伤组织诱导频率。

2.3 取材部位和培养基对不定芽分化的影响

将M11培养基诱导形成的愈伤组织,每块切割成带1个芽的小愈伤块,分别接入分化M8~M12共5个培养基中培养。经过培养25d左右,愈伤组织继续生长扩大,在愈伤组织的表面形成许多粉红色芽点(图3);同时,少数不定芽(有效芽)继续生长,生根发育成完整的小植株;未生长成小植株的不定芽留作继续分化(图4)。从表5看出,外植体小愈伤块在5个培养基中,均能分化出不定芽,少数有效芽能生根再生成小植株;同一来源的外植体在不同的培养基上不定芽分化能力有显著差异。不同来源



图4 继代培养中胚性愈伤组织再生植株又增殖新的愈伤组织

Fig.4 Regeneration of plantlets from embryogenic callus in subculture, showing new callus proliferation at same time

的外植体在不同的培养基上不定芽分化能力差异不大。在6-BA/NAA比值为10的M9、M11培养基中,不定芽分化频率均较高;块茎的表层组织和中部组织诱导的愈伤外植体在M9培养基上不定芽分化率最高,都达100%;每一外植体分化的平均芽数最多,分别为3.8个和5.8个;但成苗率稍低一点,分别为26.2%和21.4%。M11培养基次之,但成苗率最高,分别为37.8%和31.3%,再生的小植株最多。在其余M8、M10、M12培养基中,随着6-BA浓度的增加,不定芽分化频率略有提高。说明6-BA是不定芽分化的必要条件。

2.4 继代培养次数对脱毒率的影响

继代培养是获得大量无性繁殖系的必要措施。取块茎外植体中部组织诱导的愈伤组织连续5次在M9培养基上进行继代培养,第5代愈伤组织的分化能力与第1代的相似,见表6。说明愈伤组织适于继代培养。由于魔芋花叶病毒和黄瓜花叶病毒在愈伤组织分布不均衡,通过多次挑取大量的细胞是可以提高脱毒的效果。真菌、细菌污染的外植体在培养过程中可完全筛选掉;脱菌率达100%。随着继

表5 不同外植体和培养基对不定芽分化的影响

Table 5 Effect of different explants and media on differentiation of adventitious buds

| 培养基 Medium | 接种愈伤组织 No. of callus | | 带芽的愈伤组织 Callus with bud | | 分化率(%) Rate of differentiation | | 成苗率(%) Rate of seedling | | 平均分化芽数 Mean of bud | |
|---------------|-------------------------|----|----------------------------|----|-----------------------------------|------|----------------------------|------|-----------------------|-----|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| M8 | 34 | 12 | 25 | 6 | 73.5 | 50 | 8.8 | 8.3 | 2.1 | 1.8 |
| M9 | 42 | 14 | 42 | 14 | 100 | 100 | 26.2 | 21.4 | 3.8 | 5.8 |
| M10 | 29 | 11 | 14 | 6 | 48.3 | 54.5 | 6.9 | 9.1 | 0.6 | 2.3 |
| M11 | 45 | 16 | 38 | 11 | 84.4 | 68.8 | 37.8 | 31.3 | 3.0 | 4.3 |
| M12 | 45 | 15 | 34 | 10 | 75.6 | 66.7 | 11.1 | 13.3 | 2.0 | 2.0 |

注:1 = 块茎外植体表层组织;2 = 块茎外植体中部组织。

Note: One = Center tubers of explants; Two = Exterior tubers of explants.

表6 培养次数对分化率和脱毒率的影响

Table 6 Effect of rate of differentiation and virus-free on number of culture

| 培养次数 Times | 分化率 Rate of differentiation | 成苗率 Rate of seedling | 脱菌率 Rate of bacteria-free | 脱毒率 Rate of virus-free |
|---------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|
| I | 100 | 21.4 | 100 | 20.0 |
| III | 100 | 22.3 | 100 | 53.3 |
| V | 100 | 20.9 | 100 | 92.9 |

代培养次数的增加,脱毒率明显提高;继代培养达第5代时,脱毒率最高,达92.9%。说明愈伤组织细胞分化的速度远远快于病毒复制的速度,继代培养的过程也是不断脱毒的过程。

3 讨论

3.1 外植体的选择

有关魔芋脱毒的研究,国内外尚未见有正式报道。魔芋属薯芋类,与其它一些薯芋类作物相比,它是多年生无性繁殖作物,3年才收获,繁殖系数低。近年来,已检测到田间魔芋植株带毒较多。由于长期以来对魔芋病毒缺乏认识,未能在生产上引起重视。魔芋的块茎具有较强的离体生长能力,短期内细胞能大量增殖。这一特点,对魔芋脱毒技术的实用化十分有利。

在组织培养中,外植体的选择是关键,它决定组培成功与否。魔芋属植物的根、块茎、匍匐茎、根状茎、幼芽(主芽、侧芽)、芽鞘、嫩茎、茎尖、叶、鳞叶、叶柄、花序(花茎、花药)、边芽和种子^[11-24],即任何部位的组织均可以诱导形成植株。但花魔芋的块茎、鳞片 and 叶柄较花茎、花药、根、叶片和芽易培养^[9]。由于一个大块茎可以得到几千个离体组织块,建立的无性繁殖可避免个体间的基因型差异,以选块茎外植体为佳。本试验即使是采用相同的外植体,但由于外植体取材的部位不同,以致诱导培养的效果也都不尽一致,块茎中部组织愈伤诱导率能明显高于表层组织的,块茎中部组织为块茎愈伤诱导的最佳外植体。这是由于母本植株或外植体的生理状况、营养和环境条件以及特殊成份的差异所致。

3.2 培养环境因素中光与温度的影响

培养环境中主要的影响因素为光与温度。从本试验的结果表明,在愈伤诱导、芽分化和生根过程中,对光的要求都不一样;在室内弱光下能产生出最高的诱导率,随着光强增加可提高芽的分化率和生根率。魔芋的愈伤组织诱导率对温度的反应较为敏感。较低的温度(20℃)有利于块茎愈伤诱导。

3.3 植物激素及其组合对两步培养的影响

植物激素是培养基中的关键物质,对组织培养

起关键作用。在培养基各成分中,尤以植物激素所产生的影响显著,但植物激素只有配合使用适当,才能诱导愈伤组织、丛生苗的形成等合乎理想的变化^[25]。花魔芋的块茎和试管苗的叶柄对含6-BA和NAA培养基的反应较好。本试验第一步培养设计了12种培养基,第二步培养设计了14种培养基。在魔芋器官发生过程中,细胞分裂素以6-BA作用显著,在0.5~2.0 mg/L范围均有利于块茎愈伤组织的诱导,以1.5 mg/L处理效果最好;但还需要生长素NAA协调作用,以0.1、0.15 mg/L作用效果最显著。培养基M11(MS+6-BA 1.5 mg/L+NAA 0.15 mg/L)上的块茎愈伤诱导率高于M1^[5-6]、M2^[6]、M3^[7-8]培养基上的,培养基M11块茎愈伤诱导率比对照M1提高54.2%~75.56%,比对照M2提高16.67%,比对照M3提高0~73%。培养基M9(MS+6-BA 1.0 mg/L+NAA 0.1 mg/L)上愈伤组织芽分化率高于M1^[6,9]、M2^[9]、M8^[9]培养基上的,培养基M9芽分化率比对照M1提高92.74%~100%,比对照M2提高100%,比对照M8提高6.2%;且M9培养基上的芽分化率为100%也高于张兴国等^[8]报道的结果,提高了10%~44.9%。

3.4 组织培养与材料褐变

魔芋在离体组织培养中,组织会出现褐化,是多酚类化合物材料常有的现象,产生的致死性褐化物,造成培养失败,为防止褐变和有害物质的积累,常在培养基中添加0.1% Vc和0.1% PVP,对防褐化有一定作用^[15],王敬驹等研究表明,活性炭AC的防褐效果优于Vc和半胱氨酸,吸附有害物,并在植物组织培养的许多方面都有积极作用,能防止褐变的有害物质的积累,降低其不利影响。同时,遮光培养也可降低褐变程度。

参考文献:

- [1]刘佩瑛,张盛林.中国魔芋产业的兴起 现状 问题和对策[J].山区开发,2000(9):3-5.
- [2]谢世清,张发春,彭凤梅,等.云南高原魔芋生产现状分析[J].北方园艺,2001,2:30-32.
- [3]张盛林,刘佩瑛,张兴国,等.中国魔芋资源和开发利用方案[J].西南农业大学学报,1999,21(3):215-219.
- [4]刘佩瑛.魔芋学[M].北京:中国农业出版社,2004.178.
- [5]黄丹枫,刘佩瑛.魔芋组织快繁技术的应用研究[J].上海农学院

- 学报,1991,9(2):162-164.
- [6]曾昭初,罗鸿源,葛菁华,等.魔芋组织培养技术研究初报[J].贵州农业科学,1994(5):19-21.
- [7]柳俊,谢从华,余展深,等.魔芋离体繁殖研究[J].华中农业大学学报,2001,20(3):283-285.
- [8]张兴国,苏承刚,刘佩瑛.魔芋快繁体系建立和人工种子研制[J].西南农业大学学报,1993,15(3):259-261.
- [9]张兴国.魔芋组织培养的研究[J].西南农业大学学报,1988,10(3):345-349.
- [10]刘用生,李友勇.植物组织培养中活性炭的使用[J].植物生理学通讯,1994,30(3):214-217.
- [11]孔凡伦,肖亮,王爱霞.白魔芋的组织培养和植物再生[J].植物生理学通讯,1986(1):41.
- [12]张征兰,黄连超,金聿.魔芋组织培养与植物再生的研究[J].华中农业大学学报,1986,5(3):224-227.
- [13]庄承纪,周建葵.魔芋属植物愈伤组织的诱导和再生植株的研究[J].云南植物研究,1987,9(3):339-37.
- [14]张征兰,金聿.魔芋快速繁殖的研究[J].湖北农业科学,1987(6):28-29.
- [15]张兴国,陈劲枫,张盛林,等.魔芋原生质体游离和培养条件研究[J].西南农业大学学报,1992,14(1):42-43.
- [16]黄丹枫,陆文初.细胞分裂素与魔芋组织培养器官发生研究[J].西南农业大学学报,1993,15(6):522-526.
- [17]黄丹枫,刘佩瑛.魔芋再生植株形态发生途径的细胞组织学观察[J].上海农学院学报,1994,12(1):25-30.
- [18]黄丹枫,庄天明,甘晓兵.魔芋组织培养器官发生综合因子的数学分析[J].上海农学院学报,1994,12(4):260-265.
- [19]徐刚,王彩莲,慎玫,等.魔芋茎尖组织培养和植株再生的研究[J].生物技术,1994,4(1):19-21.
- [20]曾昭初,高翔,罗鸿源,等.白魔芋组织培养快速繁殖技术的研究[J].贵州农业科学,1997,25(1):28-31.
- [21]张玉进,张兴国,刘佩瑛.魔芋不定芽的低温保存研究[J].西南农业大学学报,1999,21(4):303-306.
- [22]苏承刚,张兴国,张盛林.桂平魔芋组织培养研究[J].西南农业大学学报,2001,23(3):228-229.
- [23]张玉进,张兴国,庞杰,等.魔芋茎尖玻璃化冻存研究[J].作物学报,2001,27(1):97-10.
- [24]钟士传.大量元素、激素和糖对大花蕙兰组织培养的影响[J].中国农学通报,2000,3:48-49.
- [25]谭文澄.观赏植物组织培养技术[M].北京:中国林业出版社,1990.

(责任编辑 王家银)

欢迎订阅 2007 年《上海农业学报》

《上海农业学报》是上海市农业科学院和上海市农学会主办的学术期刊,国内外公开发行,为我国科技核心期刊。主要刊载农业各学科偏重应用或与应用联系较紧密的未曾发表过的学术论文、研究报告、科研简报以及专题综述。内容包括:作物遗传育种与栽培、土肥与植保、农业生物技术、现代温室与园艺、畜牧与兽医、农业经济、农业气象、农业环境保护、农产品加工与保鲜、农业标准化、科技与区(县)农业等。读者对象为相关专业的研究人员、技术人员和大专院校师生。

本刊为季刊,大 16 开,季中月 25 日出版。国内邮发代号 4-523。每册定价 10 元,邮局订阅全年 40 元。漏订者可与编辑部联系订阅,每册 12 元(含邮寄费)。

通信地址:上海市北翟路 2901 号,《上海农业学报》编辑部 邮政编码:201106

电话:(021)52235461 62208660-3175 E-mail:xx6@saas.sh.cn