

唐菖蒲花序再生体系的建立

陈君梅, 张 显

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】为唐菖蒲的遗传转化研究建立高效快速的再生体系。【方法】以 4~6 叶期唐菖蒲花序的不同部位(花茎、花柄、花托、雌蕊、雄蕊、花瓣)为外植体,以附加不同质量浓度 6-BA 和 NAA 的 MS 为诱导、增殖和继代培养基,探讨唐菖蒲愈伤组织的诱导及植株再生情况。【结果】所用外植体中,雌雄蕊分化效果不明显,花瓣基本无分化,而花茎、花柄、花托的切块接种在 MS+1 mg/L 6-BA +1 mg/L NAA 培养基上,可直接诱导愈伤组织和丛生芽的生成。丛生芽继代增殖在 MS+0.5 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA 培养基上,增殖效果最好;生根培养时以 MS+0.1 mg/L NAA 的培养效果最佳。【结论】用幼嫩花茎作外植体可高效地建立起唐菖蒲的再生体系。

【关键词】 唐菖蒲;花序;再生体系

【中图分类号】 S682.2⁺4.04⁺.3

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)04-0139-06

Establishment of a regeneration system of gladiolus inflorescence

CHENG Jun-mei, ZHANG Xian

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The aim was to establish an efficient regeneration system for the genetic transformation of gladiolus. 【Method】 The different parts (floral axis, pedicel, floral receptacle, pistil, stamen, petal) of gladiolus's inflorescence which was at 4—6-leaf stage were used as the explant and the MS medium added different ratios of density hormone 6-BA and NAA was regarded as induction, proliferation and subculture medium. The callus induction and plant regeneration of gladiolus were studied. 【Result】 The result indicated that the differentiation of bisexual pistil was not obvious and the petal was not differentiated basically, but the pieces of the floral axis, the pedicel and the floral receptacle inoculated in the medium of MS+1 mg/L 6-BA + 1 mg/L NAA could induce callus and multiple shoots directly. The proliferative effect of multiple shoots' subculture cultivated in the medium of MS+0.5 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA was the best. The optimum medium for rooting was composed of MS+0.1 mg/L NAA. 【Conclusion】 A high frequency regeneration system could be established with gladiolus tender scape.

Key words: gladiolus; inflorescence; regeneration system

唐菖蒲(*Gladiolus hybridus* Hort.)又名十样锦、剑兰、菖兰等,是鸢尾科(Iridaceae)唐菖蒲属(*Gladiolus*)多年生球根花卉,与月季、菊花、香石竹并称为世界四大切花。因其花色艳丽、花型繁多、水养持久而深受人们喜爱,在鲜切花生产及消费中占有十分重要的地位^[1]。

国内外在上世纪 70 年代对唐菖蒲组织培养进行了大量研究,80 年代以后组培繁殖技术也得到了迅速发展,并普遍开始应用于商业生产。迄今为止,有关唐菖蒲组织培养的研究在组培苗脱毒和缩短育种周期等方面已取得了重要进展^[2-4]。

实际生产中,唐菖蒲一般常采用子球繁殖,但子

* [收稿日期] 2008-05-27

[作者简介] 陈君梅(1982—),女,四川武胜人,在读硕士,主要从事园林植物生物技术研究。E-mail:chenjm20508@sina.com

[通信作者] 张 显(1961—),男,陕西扶风人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜作物育种及生物技术研究。

E-mail:zhangxian098@126.com

球繁殖率因品种不同而有较大差异。有些品种用子球繁殖的繁殖率很低,并且由于长期的无性繁殖,导致病毒和病菌感染严重,植株细弱,花朵变小,质量下降。因此,通过组织培养进行试管脱毒和大量繁殖,以获得脱毒苗和扩繁新品种,就成为唐菖蒲繁殖研究的有效途径^[5]。

本研究选用唐菖蒲花序作外植体,利用常用的激素 6-BA 和 NAA 进行诱导,采用简单易行的方法,快速建立了唐菖蒲的再生体系,以期为唐菖蒲脱毒无茵苗的获得、组织快繁、转基因工程等的研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用唐菖蒲品种普瑞西拉(Pricilla)4~6 叶期的花序,从茎基部切下,剥去外面苞叶,取自下往上第 1 朵小花以上的幼嫩部分为外植体^[6]。

1.2 试验方法

1.2.1 外植体的处理 将所选材料截成小段,用洗涤剂清洗 30 s,经流水冲净,体积分数 75%酒精消毒 30 s 后,用无菌水冲洗 3~5 次,再用 1 g/L 升汞消毒 8~10 min,无菌水冲洗数次,待接种用^[7]。

1.2.2 外植体转接 将消毒好的外植体材料按其形状分类切割,茎段、花柄切成 3~5 mm 的小段,花瓣、花托切成小块,分别平放于诱导培养基上,每瓶接种 5~6 块,各种配方培养基均接种 10 瓶,pH 值调至 5.8。诱导培养基以 MS 为基本培养基,附加质量分数为 3%的蔗糖、0.7%的琼脂和不同质量浓度配比的激素^[8]。所用诱导培养基配方有:MS+0.5 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA,MS+0.5 mg/L 6-BA+1 mg/L NAA,MS+1 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA,MS+1 mg/L 6-BA+1 mg/L NAA,MS+2 mg/L 6-BA+2 mg/L NAA,MS+3 mg/L 6-BA+3 mg/L NAA。

将转接好的材料于 23~25 ℃,冷光灯照 16 h/d、光强 2 000 lx 的条件下培养 1 个月^[9],每 7 天观测 1 次,记录不同材料在不同培养基上的诱导情况。

1.2.3 芽的继代增殖培养 将诱导出来的芽块转入增殖培养基中,所用激素依然为 6-BA 和 NAA,其配方分别为:MS+0.1 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA,MS+0.5 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA,MS+0.1 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA,MS+0.5 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA,MS+1 mg/L

6-BA+1 mg/L NAA。

1.2.4 生根培养 配置含不同质量浓度 NAA 的 MS 和不含激素的 MS 作为生根培养基,基本配方有:MS,MS+0.01 mg/L NAA,MS+0.1 mg/L NAA,MS+0.5 mg/L NAA,MS+1 mg/L NAA。待组培苗长出 1~2 片真叶时,将其转入预先配置好的各生根培养基上,观察其生根情况。

1.2.5 炼苗和移栽 将生根的组培苗放在实验室近自然光下炼苗 3~5 d,然后移栽入经过高温灭菌的基质中,所选基质为珍珠岩和蛭石及其混合基质(珍珠岩:蛭石=1:1)。将经过炼苗的组培苗除去所沾培养基,用清水冲洗干净后,将根浸入 1/500 多菌灵溶液中杀菌 3~5 s,然后移栽入所选基质中,用 1/8MS 溶液浇透基质,放入炼苗室。根据实际情况,每周用 1/8MS 溶液浇灌 1~2 次,3 周以后统计苗的存活率。

2 结果与分析

2.1 唐菖蒲组培外植体的筛选

将切成小块的花茎、花柄、花托、花瓣及雌蕊和雄蕊接种到含有不同质量浓度 6-BA 和 NAA 配比的 MS 培养基上。由图 1 可知,同一品种唐菖蒲不同部位的外植体,在供试培养基上诱导出来的效果截然不同。花瓣和雌雄蕊在供试各诱导培养基中分化均不明显;花茎、花柄和花托在各培养基中有不同程度的分化,其中以花茎作外植体时的分化效果最为快速明显。因此,在唐菖蒲花序的各部位中,选用幼嫩花茎作外植体时效果最佳。

2.2 最佳分化培养基的筛选

将切好的外植体接种到含有不同质量浓度激素的各诱导培养基中,1 个月后观察统计各外植体在不同诱导培养基中的诱导情况。从表 1 可以看出,所用激素 6-BA 和 NAA 的质量浓度配比过高或过低均不利于外植体愈伤组织的诱导和成芽。生长素和分裂素质量浓度低的培养基中,仅有少量的愈伤组织产生,诱导率很低;当 6-BA 和 NAA 质量浓度均达到 1 mg/L 时,诱导率最高,为 81.7%;若两者质量浓度继续增大,则诱导率又开始下降。经观察,诱导培养基中的激素质量浓度过低,则外植体外观几乎无变化,无法使其诱导出愈伤组织或成芽;若诱导培养基中的激素质量浓度过高,则外植体膨大成蓬松状,经久而变干褐。接种在 MS+1 mg/L 6-BA+1 mg/L NAA 培养基的外植体,2 周后切块的周边开始膨大呈透明状,3 周后组织基本脱分化,

接种 1 个月后即可诱导成芽。综上可以认为,诱导唐菖蒲花茎外植体成芽的最佳配方组合为 MS+1 mg/L 6-BA+1 mg/L NAA。

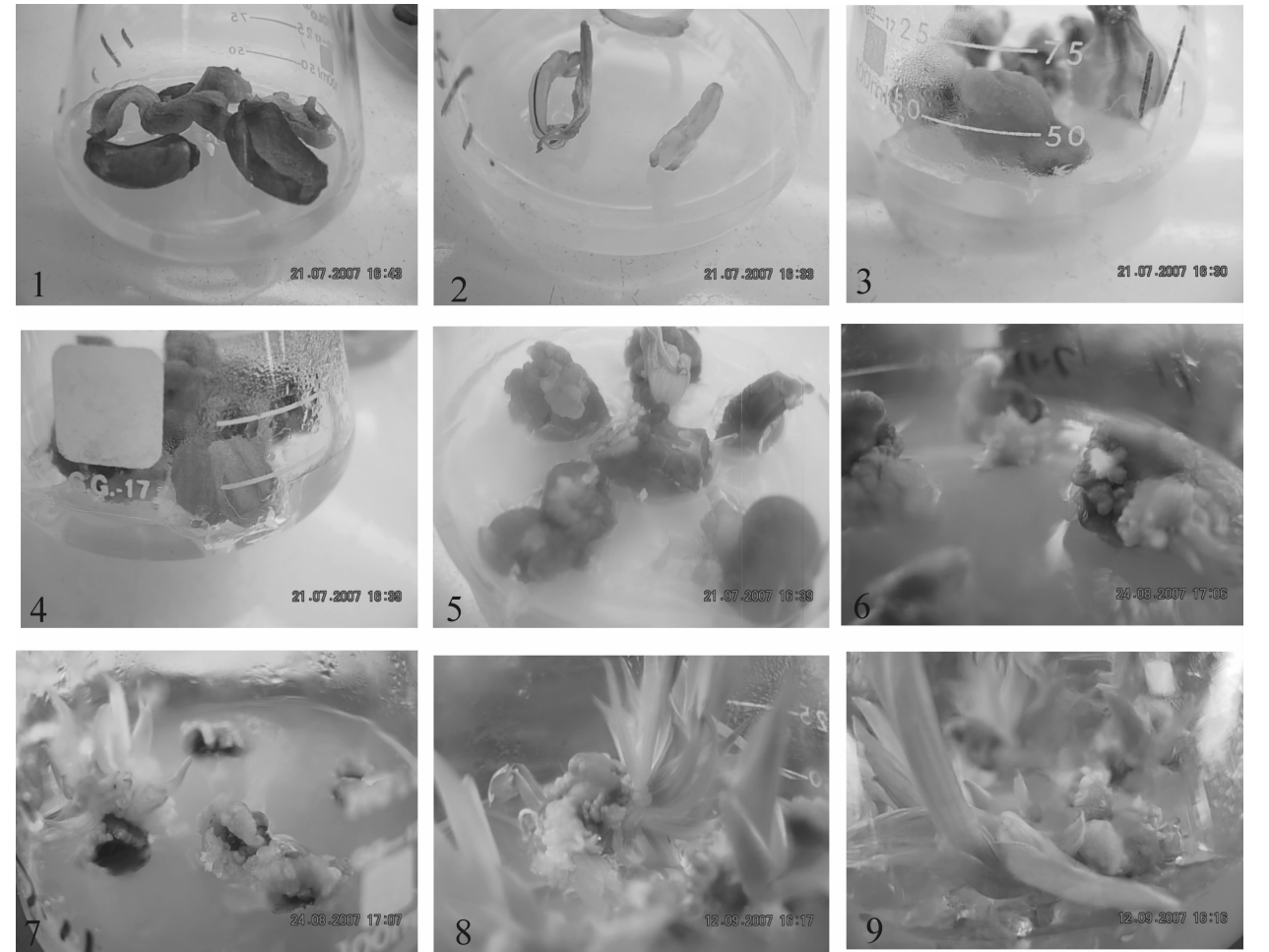


图 1 唐菖蒲花序不同部位在诱导培养基中的诱导情况

1. 花瓣未分化;2. 雄蕊未分化;3,4. 花托脱分化;5~9. 花茎直接诱导成芽

Fig. 1 The conditions of different parts of gladiolus inflorescence in the induction medium

1. Undifferentiated petal;2. Undifferentiated stamen;3,4. Receptacle dedifferentiation;5-9. The buds induced by stem directly

表 1 培养基中 6-BA 和 NAA 质量浓度对唐菖蒲外植体诱导的影响

Table 1 Infection of gladiolus explants induction by different concentrations 6-BA and NAA

6-BA 质量浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration of 6-BA	NAA 质量浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration of NAA	接种块数 Blocks of inoculation	形成愈伤芽块数 Blocks of buds	诱导率/% Induction rate	5%显著水平 5% Significant level	1%极显著水平 1% Very significant level
0.5	0.5	60	7	11.7	e	D
0.5	1.0	60	13	21.7	d	D
1.0	0.5	60	20	33.0	c	C
1.0	1.0	60	49	81.7	a	A
2.0	2.0	60	36	60.0	b	B
3.0	3.0	60	21	35.0	a	C

2.3 唐菖蒲组培继代培养基的筛选

以 6-BA 为细胞分裂素,有促进细胞分裂与分化、抑制顶端优势、促进侧芽形成的作用。以 NAA 为生长素,可以促进器官的生长。一般认为,生长素

与细胞分裂素的比值大时有利于根的形成,比值小则促进芽的形成^[10]。

将初代培养中的愈伤组织及外植体上生长出的芽转接到继代培养基中继续培养,二者混合使用时,

培养基 MS+0.5 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA 能使唐菖蒲花茎诱导芽的再生和增殖率达到最大,效果最为显著,平均每块的芽数达到 7.7 块(表 2)。

表 2 不同质量浓度 6-BA 和 NAA 对唐菖蒲芽增殖的影响

Table 2 Infection of the proliferation of buds by different concentrations 6-BA and NAA

6-BA 质量浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration of 6-BA	NAA 质量浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration of NAA	接种芽块数 Blocks of buds	芽分化数 The number of differentiation buds	平均每块芽数 Average buds of each block	5%显著水平 5% Significant level	1%极显著水平 1% Very significant level
0.1	0.1	30	63	2.1	e	E
0.1	0.5	30	124	4.1	c	C
0.5	0.1	30	232	7.7	a	A
0.5	0.5	30	157	5.2	b	B
1.0	1.0	30	105	3.5	d	D

2.4 唐菖蒲组培生根培养基的筛选

在继代培养中,当幼苗长出 1~2 片真叶、高约 5 cm 时,将其移入附加有 NAA 的培养基和不含任何激素的 MS 培养基中,培养 10 d 左右即可观察到根的产生。生长素 NAA 的质量浓度不同,根的分化情况也不相同。从表 3 可见,NAA 质量浓度为 0.1 mg/L 的培养基,对幼苗生根的诱导率最高,可

因此,诱导唐菖蒲再生芽增殖的最佳培养基为 MS+0.5 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA。

达 96.7%;在该培养基中,每株苗的生根数也最高,平均每苗根数为 8.2 根。在不含激素的 MS 培养基中,幼苗依然能够生根,但生根率和每苗根数均较含有生长激素的培养基低。经对比发现,NAA 浓度越高,所生根越粗短,且畸形根增多,而不含 NAA 的培养基所诱导出的根细长且弱。因此,最佳生根培养基配方应为 MS+NAA 0.1 mg/L。

表 3 NAA 对唐菖蒲组培苗根系形成的影响

Table 3 Infection of formation of the root system of gladiolus tissue culture seedling by NAA

NAA 质量浓度/ (mg · L ⁻¹) Concentration	接种苗数 The number of Inoculation seedling	生根苗数 The number of rooting seedling	生根率/% Rooting rate	每苗根数 Average roots of each seedling	5%显著水平 5% Significant level	1%极显著水平 1% Very significant level
0	30	27	90.0	6.6	c	B
0.1	30	29	96.7	8.2	a	A
0.2	30	28	93.3	5.7	d	C
0.5	30	26	86.7	7.1	b	B

2.5 唐菖蒲组培苗移栽基质的筛选

将经过炼苗试验的唐菖蒲幼苗移栽到预先准备的基质中,3 周后的统计结果(表 4)显示,分别将蛭石和珍珠岩作为单一基质使用时,移栽苗的成活率不高。蛭石和珍珠岩混合基质较单一基质更有利于组培苗的生长,移栽后组培苗的成活率相对更高,可达 86.7%。

表 4 唐菖蒲组培苗在不同基质中的成活率

Table 4 Results of the survival rate of gladiolus tissue culture seedling in different matrixes

基质 Matrix	移栽苗数 Number of seedling transplantation	成活苗数 Number of survived seedling	成活率/% Survival rate
珍珠岩 Perlite	30	16	53.3
蛭石 Vermiculite	30	18	60.0
珍珠岩+蛭石 Perlite+ Vermiculite	30	26	86.7

3 讨 论

本研究结果表明,唐菖蒲同一品种的不同外植

体,在相同试验条件下的诱导结果有所不同,可根据现有条件,选用最适宜的外植体进行研究。本研究以当季的唐菖蒲花序为外植体,对各部位材料在供试诱导培养基中的诱导情况进行对比,找到了最适合的外植体部位,并以简单可行的方法,快速地建立了该植物的再生体系。

前人在研究唐菖蒲再生体系建立的过程中,一般都经历了从外植体到愈伤,再经愈伤诱导成芽的过程,试验过程复杂,所需时间较长^[1,7-8],从开始接种到再生体系的建立,一般需要大约 3 个月时间。本研究将幼嫩花茎接种到诱导培养基 MS+1 mg/L 6-BA+1 mg/L NAA 上,可以直接诱导成芽,跳过了外植体形成愈伤组织再诱导出芽这一步骤,大大缩短了再生体系建立的过程和时间。

外植体接种到诱导培养基上常会出现褐化现象,另外在愈伤组织和再生芽的继代培养中,随着继代次数的增多,褐化现象也会越来越明显。一般可以从以下两个方面减少褐化现象的发生:一是选用

最合适的外植体。试验表明,唐菖蒲外植体组织越老,发生褐化的几率就越大。所以在外植体材料的选择上,选用已经开始伸长生长但花茎仍未出鞘的植株为佳。本研究发现,以唐菖蒲第 1 朵小花以下部位的茎秆作外植体时,容易发生褐化且不易分化,因此只需截取有小花的部分幼嫩茎段为外植体,而花瓣和雌、雄蕊较难分化,可弃之不用。二是要合理调整配方培养基的成分。有研究表明,吸附剂聚乙烯吡咯烷酮(PVP)和结冷胶(Phytigel)能够有效缓解褐化,可预防褐化现象的发生^[11];在培养基中加入适量的活性炭,也可以降低外植体的褐化率^[12]。

在愈伤组织和再生芽的继代培养中,随着继代次数的增多,玻璃化现象也会越来越明显。一般可以从以下几个方面来预防和控制玻璃化现象的发生:一是培养条件的改善。在组培苗培养过程中,光照、温度、湿度、pH 值均间接影响着玻璃化的发生^[13]。有研究表明,光强在 10~20 klx 时,随着光强的提高,玻璃化苗显著减少^[14],因此适当增加光强和光照时间、降低培养温度和相对湿度(用一种透气的封瓶薄膜代替不透气的薄膜)、提高 pH 值,均可有效防止玻璃化苗的发生。二是培养材料的选择。有研究证明,不同品种及同一品种的不同外植体部位对组培苗的玻璃化现象有显著影响^[15]。同样条件下,花柄和花托较附小花的那节花茎更容易形成玻璃苗。因此,本研究选择第 1 朵小花以上的花茎作外植体,诱导培养效果最佳。三是培养基成分的确定。固体培养时,增加琼脂使用浓度,降低培养基中的水势,可以有效降低玻璃化苗的发生频率^[16]。另外,培养基中的激素种类和激素质量浓度,对组培苗的玻璃化有很大影响^[17]。适当降低培养基中 6-BA 和 NAA 的质量浓度,用添加不同梯度质量浓度激素的培养基替换培养,可使玻璃化苗逐步恢复正常。

[参考文献]

- [1] 唐 蓉,王有庆,王晋民,等.唐菖蒲愈伤组织的诱导及植株再生[J].青海农业科技,2004(2):1-3.
Tang R, Wang Y Q, Wang J M, et al. Callus induction and plant regeneration of gladiolus [J]. Qinghai Agricultural Science and Technology, 2004(2):1-3. (in Chinese)
- [2] 张 健.植物组培技术的发展历程[J].中国花卉园艺,2002(5):24-25.
Zhang J. The development process of plant tissue culture technology [J]. China Flower & Horticulture, 2002(5):24-25. (in

- Chinese)
- [3] 邵宏波,初立业,历彩虹.花卉园艺植物快速繁殖研究现状[J].植物,1994(2):20-21.
Shao H B, Chu L Y, Li C H. The research status of garden flower plants rapid propagation [J]. Plants, 1994(2):20-21. (in Chinese)
- [4] 马国华,张启明.多效唑在唐菖蒲组织培养中的作用[J].园艺学报,1994,21(3):288-292.
Ma G H, Zhang Q M. The effect of paclobutrazol on gladiolus in tissue culture [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1994, 21(3):288-292. (in Chinese)
- [5] 周斯建,义鸣放.唐菖蒲[M].北京:中国林业出版社,2004:38-43.
Zhou S J, Yi M F. Gladiolus [M]. Beijing: China Forestry Press, 2004:38-43. (in Chinese)
- [6] 薛寒青.球根花卉组织培养前预处理技术[J].河北林业科技,2004(6):37-38.
Xue H Q. The pretreatment technology of tissue culture of flower bulbs [J]. Hebei Forestry Science and Technology, 2004(6):37-38. (in Chinese)
- [7] 艾丽皎,李名扬.唐菖蒲球茎芽高频再生体系的建立[J].西南农业大学学报,2005,27(6):844-846.
Ai L J, Li M Y. Establishment of a high frequency regeneration system of gladiolus corm buds [J]. Southwest Agricultural University Journal, 2005, 27(6):844-846. (in Chinese)
- [8] 廖林楠,孙 萍,徐香玲.唐菖蒲组织培养初探[J].哈尔滨师范大学自然科学学报,2005,21(2):84-86.
Liao L N, Sun P, Xu X L. Researching the culture of gladiolus tissue [J]. Natural Sciences Journal of Harbin Normal University, 2005, 21(2):84-86. (in Chinese)
- [9] 崔月花,张 彪,高红明,等.唐菖蒲茎尖培养脱病毒的研究[J].江苏农业研究,2000,21(4):88-89.
Cui Y H, Zhang B, Gao H M, et al. Study of gladiolus shoot tip culture from the virus [J]. Jiangsu Agricultural Research, 2000, 21(4):88-89. (in Chinese)
- [10] 张继渊.植物生理学[M].西安:世界图书出版公司,1999:219-257.
Zhang J S. Plant Physiology [M]. Xi'an: World Book Publishing Company, 1999:219-257. (in Chinese)
- [11] 张俊琦,罗晓芳.牡丹组织培养中褐化的发生原因与防止方法的研究[J].沈阳农业大学学报,2006,37(5):720-724.
Zhang J Q, Luo X F. Occurrence and prevention method of brown turning in tissue culture of *Peonia suffruticosa* Andr [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2006, 37(5):720-724. (in Chinese)
- [12] 姚丽娟,林绍生,徐晓薇,等.蝴蝶兰防褐化技术探讨[J].广西热带农业,2003,92(3):12-13.
Yao L J, Lin S S, Xu X W, et al. Phalaenopsis anti-browning technology [J]. Guangxi Tropical Agriculture, 2003, 92(3):12-13. (in Chinese)
- [13] 巩 健.植物组织培养快繁中存在的主要问题及防止措施[J].科技信息,2008(3):214-215.

Gong J. Main problems and counterplans in plant tissue culture and rapid propagation [J]. Science & Technology Information, 2008(3):214-215. (in Chinese)

[14] 肖玉兰,仇明华,周永和. 克服香石竹试管苗玻璃化现象的研究 [J]. 云南农业大学学报,1997,12(3):188-193.

Xiao Y L, Qiu M H, Zhou Y H. A study on decrease in glass-like plantlet of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) in tissue culture [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 1997, 12(3):188-193. (in Chinese)

[15] 王爱勤,何龙飞,裴润梅,等. 组培条件对不同品种芦荟试管苗玻璃化的影响 [J]. 中国农学通报,2002,18(5):46-52.

Wang A Q, He L F, Pei R M, et al. Study on the vitrification of aloe varieties plantlet in tissue culture [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2002, 18(5):46-52. (in Chinese)

[16] 李娅莉,张健,潘远智. 观赏植物组织培养过程中玻璃化现象与解决措施进展 [J]. 四川农业大学学报,2004,22(3):278-282.

Li Y L, Zhang J, Pan Y Z. Vitrification of shoots in tissue culture and advances in its prevention and cure [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2004, 22(3):278-282. (in Chinese)

[17] 赵佐敏. 非洲菊组培苗玻璃化控制研究初报 [J]. 贵州农业科学, 2005, 33(3):77.

Zhao Z M. Preliminary results of tissue culture of *Gerbera jamesonii* Bolus [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2005, 33(3):77. (in Chinese)

(上接第 138 页)

[7] 吴国兴. 保护地生产实用技术手册 [M]. 北京:中国农业出版社,1996.

Wu G X. Practical technology handbook in greenhouse production [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1996. (in Chinese)

[8] 薛志成. 保护地蔬菜施肥特点及注意问题 [J]. 山西农业, 2008(2):41.

Xue Z C. Fertilization characteristic and noticed problems in green house vegetable production [J]. Shanxi Agriculture, 2008(2):41. (in Chinese)

[9] 赵秀红. 保护地黄瓜无公害栽培技术及蔬菜促销对策 [J]. 内蒙古农业科技, 2003(S2):106-107.

Zhao X H. No pollution cucumber cultivation techniques and vegetable sales promotion strategies in green house [J]. Inner Mongolia Agriculture Science and Technology, 2003(S2):106-107. (in Chinese)

[10] 陈琼贤,彭志平. 新型蔬菜专用肥在叶菜上的使用效果 [J]. 长江蔬菜, 2002(11):30-36.

Chen Q X, Peng Z P. Effects of the new-type specific fertilizers on leaf vegetables [J]. Changjiang Vegetable, 2002(11):30-36. (in Chinese)

[11] 项国栋,李荣,李夏. 腐植酸液体叶面肥在黄瓜上的适宜浓度 [J]. 中国农资, 2006(2):62-63.

Xiang G D, Li R, Li X. Fitting concentration of humic acid foliar fertilizer in cucumber [J]. China Agricultural Material, 2006(2):62-63. (in Chinese)

[12] 陆若辉,何青芳,周焱. 氨基酸注射液在黄瓜等作物上的使用效果 [J]. 浙江农业科学, 2007(1):21-23.

Lu R H, He Q F, Zhou Y. Effect of amino acid injection in cucumber and other crops [J]. Zhejiang Agriculture Science, 2007(1):21-23. (in Chinese)

[13] 翟丙年,尚浩博,杨岩荣,等. 蔬丰 97 叶肥对提高菠菜产量及改善品质的作用效果 [C]//李生秀. 土壤与植物营养研究文集. 西安:陕西科学技术出版社,1999:770-773.

Zhai B N, Shang H B, Yang Y R, et al. Effect of Shufeng 97 foliar fertilizer on yield and quality in spinach [G]// Li S X. Research corpus in soil and plant nutrition. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1999:770-773. (in Chinese)

[14] 杨岩荣,翟丙年,张明学,等. 蔬丰 97 叶肥对芹菜的喷施效果 [J]. 中国农学通报, 2004, 20(5):153-154.

Yang Y R, Zhai B N, Zhang M X, et al. Effect of Shufeng 97 foliar fertilizer on growth and development of celery [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2004, 20(5):153-154. (in Chinese)

[15] 赵丽英,赵伯善. 红苹果 2 号叶肥改善果实品质的作用机理 [C]//李生秀. 土壤与植物营养研究文集. 西安:陕西科学技术出版社,1999:400-405.

Zhao L Y, Zhao B S. Mechanism of Hongpinguo 2 foliar fertilizer in promoting fruit quality [C]// Li S X. Research corpus in soil and plant nutrition. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1999:400-405. (in Chinese)