



树莓茎尖组织培养体系的优化研究

陈 琦^{1,2}, 陈 瑜³, 黄庆文⁴, 尉亚辉^{1*}

(1 西北大学 西部资源生物与现代生物技术省部共建教育部重点实验室, 西安 710069; 2 宝鸡文理学院 化学化工系, 陕西宝鸡 721007; 3 陕西中医学院 基础课部, 陕西咸阳 712046; 4 沈阳农业大学, 沈阳 110161)

摘 要:以 5 个优良树莓栽培品种为试验材料, 建立了树莓茎尖组织培养体系。结果表明: 原初培养采用培养基 MS+0.35 mg/L BA+0.1 mg/L GA₃, 腋芽萌发率可达 85% 以上; 树莓品种‘早红’和‘美 22’增殖培养基采用 MS+0.3 mg/L GA₃+0.1 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.5%, ‘澳洲红’采用 MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.5%, ‘黄树莓’采用 MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.3%, ‘黑莓 A₄-17’采用 MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.35 mg/L BA+琼脂 0.5%, 其增殖系数可达 5~10; 生根培养基采用 1/2 MS+1.00 mg/L IBA, 生根率可达 70%~90%; 移栽适应性培养以河沙作为移栽基质最佳, 成活率可达 80% 以上, 但不同品种间有一定差异。

关键词: 树莓; 组织培养; 体系优化

中图分类号: Q813.1⁺2 **文献标识码:** A

Optimization of Shoot-tip Culture System for Raspberry

CHEN Qi^{1,2}, CHEN Yu³, HUANG Qing-wen⁴, WEI Ya-hui^{1*}

(1 Key Laboratory of Resource Biology and Biotechnology in Western China, Ministry of Education, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2 Department of Chem. & Chem. Engi., Baoji College of Arts and Science, Baoji, Shaanxi 721007, China; 3 The Basic Department, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang, Shaanxi 712046, China; 4 Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: In the present experiment, five raspberry varieties were employed as the experimental materials, the rapid propagation system based on shoot-tip culture had been established. It was found that: the most suitable cultural medium for germination is MS+0.35 mg/L BA+0.1 mg/L GA₃, germinating rate could reach more than 85% with the medium. The best media for multiplication are followings: ‘Early-ripening red’ raspberry and ‘American No. 22’ with MS+0.3 mg/L GA₃+0.1 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+agar 0.5%; ‘Australia red’ raspberry with MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+agar 0.5%; ‘Yellow raspberry’ with MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+agar 0.3%; ‘Blackberry A₄-17’ with MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.35 mg/L BA+agar 0.5%, propagation coefficient could reach 5~10 times. Rooting rate could reach 70%~90% with the medium of 1/2 MS+1.00 mg/L IBA. Transplanting surviving rate could reach more than 80% on the river sand.

Key words: raspberry; tissue culture; system optimization

树莓(*Rubus idaeus* L.) 又称木莓, 又名托盘、马林、覆盆子等, 为蔷薇科(Rosaceae) 悬钩子属

(*Rubus* L.) 多年生小灌木类落叶果树。树莓具有较高的经济价值和营养价值, 浆果除供鲜食外, 主要

收稿日期: 2007-03-19; 修改稿收到日期: 2007-08-06

基金项目: 陈 琦(1973—), 女(汉族), 在读博士研究生, 主要从事植物生物技术研究。E-mail: bjchq2005@163.com

作者简介: 尉亚辉, 博士, 教授, 博士生导师。从事植物生理与分子生物学研究。E-mail: weiyahuicn@yahoo.com.cn

用来加工制成各种食品,如果汁、果冻、果酱、果酒以及天然色素等。树莓具有降血脂、解热镇痛、养筋活血、消炎退肿等功效^[1]。其含有的维生素 E、SOD、氨基丁酸等抗衰老物质,特别是天然抗癌物质鞣化酸含量为水果之首,被称为“癌症克星”^[2]。因此,树莓是近年来世界上发展最为迅速的、集营养与保健于一身的第三代新兴水果。据联合国粮农组织统计,从 1995~1998 年世界树莓总产量提高了 2.8 倍^[1]。目前我国树莓栽培面积约为 2 667 hm²,而据专家预测,发展空间约为 5 万 hm²。由于现有树莓繁殖方式落后,苗木供应不足已成为目前发展树莓生产的主要限制因素。

国外自 20 世纪 70 年代开始进行树莓组织培养研究,Broome 等^[3]于 1978 年报道黑莓组织培养取得成功。Avitia 等^[4]以 MS 培养基对树莓 4 个栽培品种进行试管苗繁殖试验;Lankes 等^[5]以树莓的腋芽和顶端分生组织作为外植体进行研究,将接种后外植体随时间发生的变化称为“发展的动力学”;Kei 等^[6]报道用假单胞菌处理可减少在树莓组织培养过程中试管苗的过度含水及玻璃化现象,并且苗移栽后更能适应田间环境;Erig 等^[7]以黑莓为试验材料,研究发现培养基中含 2 mmol/L BA 而不含 IBA 时萌芽率最高。国内有关树莓组织培养的最早报道是胡建刚等^[8]以黑树莓的茎尖和带芽茎段为外植体进行的研究。关于树莓的茎尖组织培养国内已有一些报道^[9-13],但对多个树莓品种茎尖组织培养繁殖技术体系的优化研究尚未见报道。本研究对树莓的 5 个优良栽培品种:‘美国 22 号红树莓’、‘澳洲红树莓’、‘早熟红树莓’、‘黄树莓’、‘黑莓 A₄-17’组织培养过程中的几个主要环节进行系统研究,确立了一个较为完整的树莓茎尖组织培养快速繁殖体系,可为树莓的快速繁殖和产业化发展提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材 料

试验材料采自沈阳农业大学树莓园,选取生长健壮的一年生枝条。5 个树莓品种分别为‘美国 22 号红树莓’、‘澳洲红树莓’、‘早熟红树莓’(以下分别简称为‘美 22’、‘澳洲红’、‘早红’)、‘黄树莓’、‘黑莓 A₄-17’。

1.2 方 法

1.2.1 无菌材料的获得 将枝条剪成 2~3 cm 长带 1 个腋芽的茎段,流水冲洗 1 h。无菌条件下,将材料放入 70%酒精中浸 20 s,再用 0.1% HgCl₂ 消

毒 6 min,无菌水浸泡、冲洗。从消毒后的茎段上切取长度 3~5 mm 的茎尖接种于起始培养基上,诱导芽分化。30 d 后调查萌发情况。

1.2.2 培养条件 MS 基本培养基(生根培养 1/2 MS),蔗糖 30 g/L(生根培养 15 g/L),琼脂 7 g/L(增殖培养除外)。pH 5.6~5.8,培养温度(25±2)℃,光强 1 500~2 000 lx,光周期 12~14 h/d。

1.2.3 增殖培养 当外植体萌发叶分化成芽丛后,将丛生芽分成单株,转接到 MS 附加不同激素及琼脂浓度的继代培养基上进行增殖培养。在预备试验的基础上,采用正交试验设计研究 GA₃、IAA、BA、琼脂 4 因素不同浓度水平(表 1)对增殖的影响。转接 30 d 后调查增殖情况。

1.2.4 生根培养 芽苗继代培养到一定数量后,取颜色鲜绿、叶片展开、生长健壮、具 2~3 节、高 2~4 cm 的芽苗,从基部剪下,单个接种到 1/2MS 附加不同激素水平的生根培养基上培养。30 d 后调查生根情况。

1.2.5 移栽适应性培养 组培苗生根培养 30 d 后,在散射光下锻炼 3 d,去掉封口纸再锻炼 3 d。将苗从瓶内取出,用清水将基部培养基洗净,移栽至基质。采用珍珠岩、河沙、沙和土(1:1)3 种基质在大棚内进行试验,棚内温度平均 17.5℃(28~7℃),相对湿度为 85%~90%。30 d 后调查幼苗成活情况。

表 1 增殖试验因素与水平

Table 1 Factors and levels of multiplication experiment

水平 Level	因素 Factor			
	GA ₃ (mg/L)	IAA (mg/L)	BA (mg/L)	琼脂 Agar(%)
1	0.1	0.1	0.25	0.3
2	0.3	0.2	0.35	0.5
3	0.5	0.3	0.50	0.7

2 结果与分析

2.1 原初培养

2.1.1 茎尖接种培养的动态观察 接种在 MS+0.35 mg/L BA+0.1 mg/L GA₃ 培养基上的腋芽在接种后第 3~4 天开始转绿。经 4~5 d,芽体明显膨大;再经 2~3 d,小叶开始伸展;又经 4~6 d,露出小叶并有嫩茎发出,即为腋芽萌发(图版 I, A、B)。萌发后腋芽生长较快,经 1 周左右形成丛状嫩梢,1 个月后高度可达 1.0~2.0 cm。供试的 5 个树莓品种,从接种到萌发需要的时间不同。‘黑莓 A₄-17’和‘黄树莓’萌发速度最快,需 13 d。‘美 22’萌发速

度最慢,需 17 d。‘早红’、‘澳洲红’各需 15 d。

2.1.2 不同激素水平对腋芽萌发的影响 由表 2 可知,激素种类和浓度对腋芽萌发率有明显影响,4 种培养基的萌发率有极显著差异。I 号培养基的萌发率最高,可达 89.43%,与其它培养基的萌发率差异达到极显著水平($P < 0.01$);该培养基上萌发的腋芽生长速度快,长势较好。III 和 II 号培养基的萌发率次之(分别为 74.57%和 70.57%),且二者无显著差异。IV 号培养基的萌发率最低,仅为 57.14%,比 I 号培养基的萌发率下降 32%,与其它培养基萌发率差异均达到极显著水平;该培养基上的腋芽生长缓慢,长势弱。本研究中,树莓原初培养的最佳培养基为 MS+0.35 mg/L BA+0.10 mg/L GA₃。

2.2 增殖培养

为了提高增殖系数,研究了不同激素水平及琼脂浓度对 5 个树莓品种芽增殖的影响。结果(表 3)

表明:在正交实验设计的 9 组处理中,5 个品种均以处理 6 增殖系数最大,处理 3 增殖系数最小(‘黑莓 A₄-17’除外)。5 个品种之间,‘澳洲红’增殖系数最大(图版 I, E、F);‘早红’增殖系数最小;‘黄树莓’、‘黑莓 A₄-17’、‘美 22’(图版 I, C、D)居中。

依照 R 值的大小(表 4),4 因子对各品种增殖系数影响由大到小的顺序为:‘澳洲红’和‘黄树莓’是 BA>琼脂>GA₃>IAA;‘美 22’是琼脂>BA>GA₃>IAA;‘早红’是 GA₃>BA>琼脂、IAA;‘黑莓 A₄-17’是 GA₃>BA>琼脂>IAA。据此表明,4 因子对增殖的影响在品种间差异较大。BA 对‘澳洲红’和‘黄树莓’增殖影响大;GA₃ 对‘早红’和‘黑莓 A₄-17’增殖影响大;琼脂对‘美 22’增殖影响大。对 5 个品种增殖影响最小的因子均为 IAA。

从不同因子水平看,各品种芽增殖培养最佳处理组合为:‘早红’和‘美 22’采用 MS+0.3 mg/L GA₃

表 2 不同激素组合对腋芽萌发的影响

Table 2 Effect of different hormone combination on germination of axillary bud

培养基 Medium	接种数 No. inoculations	美 22 American No. 22		澳洲红 Australia red raspberry		早红 Early-ripening red raspberry		黄树莓 Yellow raspberry		黑莓 A ₄ -17 Blackberry A ₄ -17		平均萌发率 Mean of GR (%)
		GN	GR(%)	GN	GR(%)	GN	GR(%)	GN	GR(%)	GN	GR(%)	
I	70	62	88.57	63	90.00	60	85.71	61	87.14	67	95.71	89.43a A
II	70	49	70.00	55	78.57	49	70.00	50	71.43	44	62.86	70.57b B
III	70	52	74.29	55	78.57	48	68.57	57	81.43	49	70.00	74.57b B
IV	70	37	52.86	40	57.14	41	58.57	44	62.86	38	54.29	57.14 cC

注: I. MS+0.35 mg/L BA+0.10 mg/L GA₃; II. MS+0.35 mg/L BA+0.20 mg/L GA₃; III. MS+0.35 mg/L BA+0.30 mg/L GA₃; IV. MS+0.35 mg/L BA+0.40 mg/L GA₃; GN. 萌发数; GR. 萌发率; 不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。F=58.15, $F_{0.01}(7, 28)$ = 3.36。下同。

Note: I. MS+0.35 mg/L BA+0.10 mg/L GA₃; II. MS+0.35 mg/L BA+0.20 mg/L GA₃; III. MS+0.35 mg/L BA+0.30 mg/L GA₃; IV. MS+0.35 mg/L BA+0.40 mg/L GA₃. GN. Number of germinating; GR. Germination rate; The normal letters mean significant difference($P < 0.05$). The capital letters mean extremely significant difference($P < 0.01$). They mean the same as fellow.

表 3 不同处理组合下各品种的芽增殖系数

Table 3 The propagation coefficient of buds under different treatments

处理号 No. of treatment	因素 Factor				增殖系数 Propagation coefficient				
	GA ₃ (mg/L)	IAA (mg/L)	BA (mg/L)	琼脂 Agar (%)	美 22 American No. 22	澳洲红 Australia red raspberry	早红 Early-ripening red raspberry	黄树莓 Yellow raspberry	黑莓 A ₄ -17 Blackberry A ₄ -17
1	0.1	0.1	0.25	0.3	5.73	8.74	4.62	6.85	5.06
2	0.1	0.2	0.35	0.5	4.89	7.59	4.32	6.06	5.39
3	0.1	0.3	0.50	0.7	4.43	6.37	4.16	5.90	4.47
4	0.3	0.1	0.35	0.7	5.09	6.67	4.65	6.20	5.87
5	0.3	0.2	0.50	0.3	5.24	7.00	4.53	6.56	5.60
6	0.3	0.3	0.25	0.5	6.14	9.93	4.93	7.05	6.83
7	0.5	0.1	0.50	0.5	5.54	6.52	4.70	5.92	4.50
8	0.5	0.2	0.25	0.7	5.00	6.41	4.47	6.54	4.42
9	0.5	0.3	0.35	0.3	4.88	7.59	4.33	6.45	5.56

表 4 不同处理组合增殖系数极差分析

Table 4 Range analysis of the propagation coefficient with different treatments

品种 Variety	因素 Factor	K ₁	K ₂	K ₃	k ₁	k ₂	k ₃	R
美 22 American No. 22	GA ₃ (mg/L)	15.05	16.47	15.42	5.02	5.49	5.14	0.47
	IAA(mg/L)	16.36	15.13	15.45	5.45	5.04	5.15	0.41
	BA(mg/L)	16.87	14.86	15.21	5.62	4.95	5.07	0.67
	琼脂 Agar(%)	15.85	16.57	14.52	5.28	5.52	4.84	0.68
澳洲红 Australia red raspberry	GA ₃ (mg/L)	22.70	23.60	20.52	7.57	7.87	6.84	1.03
	IAA(mg/L)	21.93	21.00	23.89	7.31	7.00	7.96	0.96
	BA(mg/L)	25.08	21.85	19.89	8.36	7.28	6.63	1.73
	琼脂 Agar(%)	23.33	24.04	19.45	7.78	8.01	6.48	1.53
早红 Early-ripening red raspberry	GA ₃ (mg/L)	13.10	14.11	13.50	4.37	4.70	4.50	0.33
	IAA(mg/L)	13.97	13.32	13.42	4.66	4.44	4.47	0.22
	BA(mg/L)	14.02	13.30	13.39	4.67	4.43	4.46	0.24
	琼脂 Agar(%)	13.48	13.95	13.28	4.49	4.65	4.43	0.22
黄树莓 Yellow raspberry	GA ₃ (mg/L)	18.81	19.81	18.91	6.27	6.60	6.30	0.33
	IAA(mg/L)	18.97	19.16	19.40	6.32	6.39	6.47	0.15
	BA(mg/L)	20.44	18.71	18.38	6.81	6.24	6.13	0.68
	琼脂 Agar(%)	19.86	19.03	18.64	6.62	6.34	6.21	0.41
黑莓 A ₄ -17 Blackberry A ₄ -17	GA ₃ (mg/L)	14.92	18.30	14.48	4.97	6.10	4.83	1.27
	IAA(mg/L)	15.43	15.41	16.86	5.14	5.14	5.62	0.48
	BA(mg/L)	16.31	16.82	14.57	5.44	5.61	4.86	0.75
	琼脂 Agar(%)	16.22	16.72	14.76	5.41	5.57	4.92	0.65

表 5 不同激素对生根率的影响

Table 5 Effect of different plant growth regulators on rooting rate

品种 Variety	项目 Item	NAA (mg/L)				IBA (mg/L)			
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.25	0.50	0.75	1.00
美 22 American No. 22	处理株数 No. of treatments	28	28	28	30	28	28	27	28
	生根株数 No. of rooting	20	18	25	20	23	23	26	25
	生根率 Rooting rate(%)	71.43	64.29	89.29	66.67	82.14	82.14	96.43	89.29
澳洲红 Australia red raspberry	处理株数 No. of treatments	27	33	26	26	28	28	28	29
	生根株数 No. of rooting	16	16	7	12	18	18	20	17
	生根率 Rooting rate(%)	59.26	48.48	26.92	46.15	64.29	64.29	71.43	58.62
早红 Early-ripening red raspberry	处理株数 No. of treatments	28	26	28	28	28	30	28	29
	生根株数 No. of rooting	16	12	12	21	19	20	17	21
	生根率 Rooting rate(%)	57.14	46.15	42.86	75.00	67.86	66.67	60.71	72.41
黄树莓 Yellow raspberry	处理株数 No. of treatments	29	29	27	31	29	31	29	30
	生根株数 No. of rooting	17	14	9	21	18	19	14	21
	生根率 Rooting rate(%)	58.62	48.28	33.33	67.74	62.07	61.26	48.28	70.00
黑莓 A ₄ -17 Blackberry A ₄ -17	处理株数 No. of treatments	31	29	27	28	28	29	30	26
	生根株数 No. of rooting	30	28	27	26	27	29	29	26
	生根率 Rooting rate(%)	96.77	96.55	100.00	92.86	96.43	100.00	96.67	100.00
平均生根率 Mean rooting rate(%)		68.63ab	60.75b	58.48b	69.68ab	74.56a	74.87a	74.70a	78.06a

注: $F=2.68, F_{0.05}(7,28)=2.36$ 。

表 6 不同基质的移栽成活率

Table 6 Transplanting survival rate of different matrix

基质 Matrix	移栽数 No. of transplanting	成活率 Survival rate(%)					
		美 22 American No. 22	澳洲红 Australia red raspberry	早红 Early-ripening red raspberry	黄树莓 Yellow raspberry	黑莓 A ₄ -17 Blackberry A ₄ -17	平均 Mean (%)
珍珠岩 Perlite	100	61	68	70	89	85	74.6b
河沙 River sand	100	83	83	79	91	97	86.6a
沙土混(1:1) Sand and soil(1:1)	100	68	75	72	99	98	82.4a

注: $F=7.42 > F_{0.05}(2,8)=4.46$ 。

+0.1 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.5%; ‘澳洲红’采用 MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.5%; ‘黄树莓’采用 MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.3%; ‘黑莓 A₄-17’采用 MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.35 mg/L BA+琼脂 0.5%。5 个品种中,只有‘澳洲红’的最佳组合在 9 组设计中出现,而其余 4 个品种的最佳组合均未在实验设计中出现。这也正是正交实验设计的科学性、全面性,它可以通过部分实施而了解全面试验情况,从中找出最优的合理组合。

2.3 生根培养

不同水平的 NAA 和 IBA 对生根影响的结果(表 5)表明:(1)8 种处理间存在显著差异。1/2MS+1.00 mg/L IBA 处理生根率最高(78.06%),1/2MS+0.3 mg/L NAA 处理生根率最低(58.48%),后者生根率比前者减少近 20%。(2)8 种处理中生根率较高的前 4 种处理均为 IBA 处理,且 IBA 各处理与 0.2、0.3 mg/L NAA 处理的生根率差异显著,说明对于树莓的生根 IBA 好于 NAA。(3)树莓品种特性对生根率有一定影响。‘黑莓 A₄-17’在供试的 2 种激素 8 种浓度下,生根率均可达到 90%以上(图版 I, G); ‘美 22 号’的最高生根率为 96.43%(图版 I, D),而‘澳洲红’、‘早红’、‘黄树莓’的最高生根率均未达到 80%(图版 I, H)。

2.4 移栽适应性培养

不同基质对移栽成活率的影响结果(表 6)表明:以河沙作为移栽基质成活率最高(86.6%),以沙土为基质成活率次之但与以河沙为基质没有显著差异,以珍珠岩作为移栽基质的成活率最低并与其它处理成活率差异达显著水平;无论哪种移栽基质,‘黄树莓’、‘黑莓 A₄-17’的成活率明显较高,其余 3 品种相对较低。

3 结论与讨论

3.1 关于各培养阶段的最适培养基

本研究结果表明,树莓原初培养采用培养基 MS+0.35 mg/L BA+0.1 mg/L GA₃,萌发率可达 85%以上,较以 MS+0.25 mg/L BA+0.25 mg/L GA₃ 为起始培养基的萌发率高(萌发率最高为 67%)^[10]。目前,很多茎尖组织增殖培养工作的重点集中在各种生长调节剂的配比上^[11-13],但都没有同时研究 BA、GA₃、IAA 以及琼脂 4 因子在增殖培养中的配比。本研究通过正交试验,得出了 5 个树莓品种的最佳配比。需要指出,各品种最佳配比的琼脂浓度均不超过 0.5%,这对于在实际生产中降低成本有一定意义。本研究生根培养基最适为 1/2MS+1.00 mg/L IBA,这与无刺红树莓试管苗生根研究结果一致^[13]。

3.2 关于 GA₃ 和琼脂在增殖培养中的作用

GA₃ 在植物体内可以促进细胞伸长,如在柑橘组织培养中,GA₃ 在某些情况下可促进枝梢生长^[1]。本试验研究结果表明,在‘早红’和‘黑莓 A₄-17’的增殖培养中,GA₃ 作用明显。这可能是 GA₃ 本身的活性影响了植物体中其它激素的作用,从而改变了它在组织内的效应水平^[14]。此外,植物体对外源激素的要求取决于该植物系统中内源激素的水平,而内源激素的水平随组织、植物类型等因素而变化^[15]。因此 GA₃ 对‘早红’、‘黑莓 A₄-17’的这种特殊反应可能是自身内源激素水平与其它品种不同所致。

琼脂作为培养基的组成成分之一,在植物组织培养中并不仅仅起固定支持培养材料的作用。不同浓度的琼脂对植物生长的影响也不相同。曾有报道认为葡萄试管苗繁殖中,适当降低琼脂用量效果更好^[16]。本试验结果表明,琼脂浓度对‘美 22’增殖效果影响较大。因此,对于‘美 22’这个品种在培养基配制方面要特别注意琼脂浓度的选择。

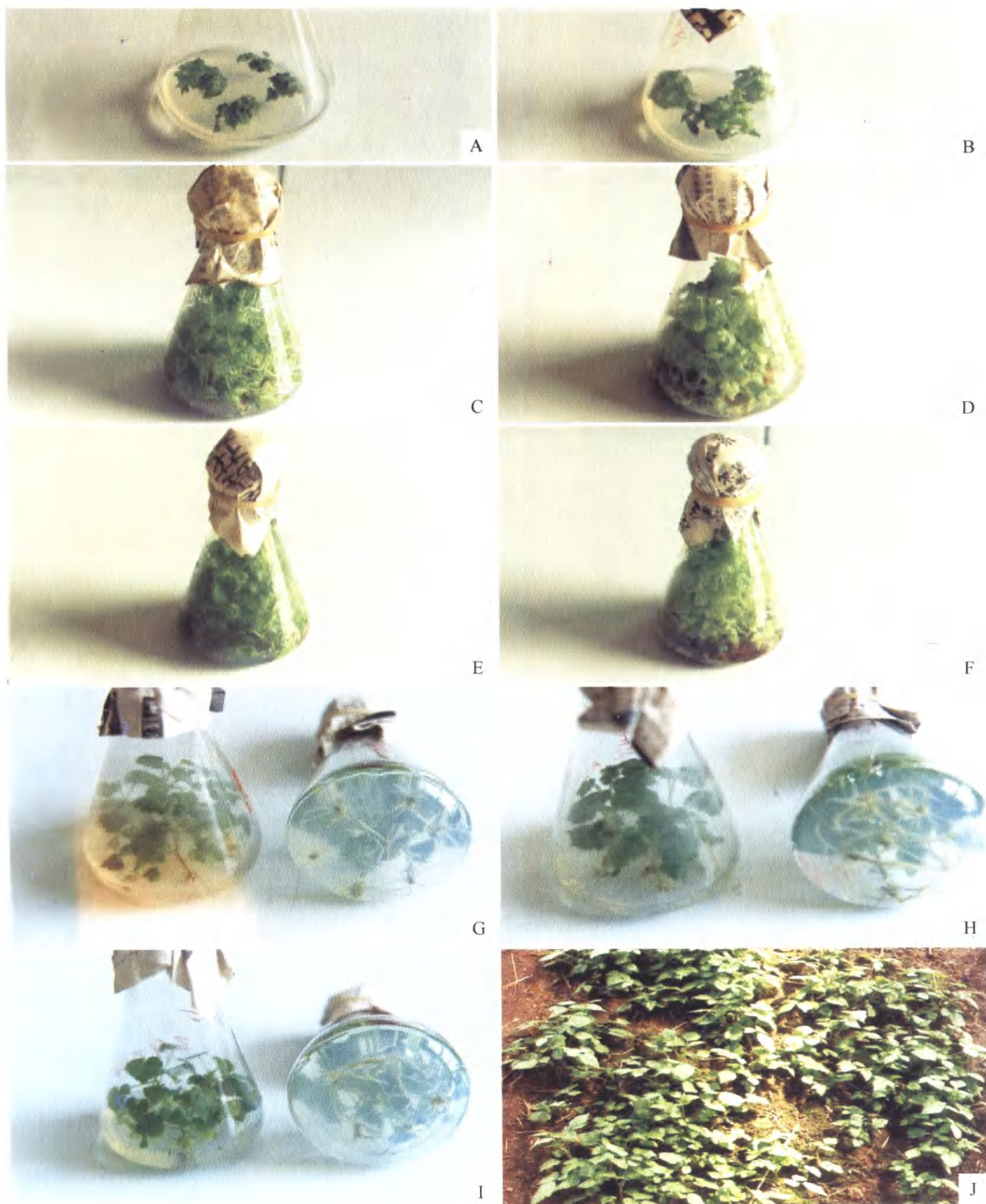
3.3 关于幼苗的移栽适应性培养

试验研究结果表明,已生根的各品种树莓组培苗用珍珠岩作为移栽基质效果均不好。珍珠岩透气性好,但保水性差,已生根的组培苗移入后,根部常处于缺水状态,影响幼苗的成活和生长。但试验结

果表明珍珠岩作为移栽基质幼苗成活率平均仍可达75%,所以若以珍珠岩作为移栽基质,必须加强田间管理,满足幼苗的水分需求。而河沙保水性比珍珠岩好,透气性也较好,因此树莓组培苗移栽成活率最高,所以在生产实践中最好选择河沙作为移栽基质。

参考文献:

- [1] 黄庆文. 树莓及其丰产栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 1—20.
- [2] LIU J H(刘建华), ZHANG ZH J(张志军), LI SH F(李淑芳). Discussion about development of efficacy components of raspberry[J]. *Food Science*(食品科学), 2004, **25**(10): 370—373(in Chinese).
- [3] BROOME O C, ZIMMERMAN R H. *In vitro* propagation of blackberry[J]. *Hortscience*, 1978, **13**(1): 151—153.
- [4] AVITIA G E, LOPEIBALTAIAR J. *In vitro* propagation of four raspberry (*Rubus* sp.) cultivars[J]. *Revista Chapingo*, 1991, **15**(3): 152—155.
- [5] LANKES C, MATTHIES A. Dynamics of *in vitro* development of pathogen-free raspberry cultures[J]. *Gartenbauwissenschaft*, 1994, **59**(3): 138—142.
- [6] KEI-ICHIRO U, SUSAN C, KALIDAS S. Reduced hyperhydricity and enhanced growth of tissue culture-generated raspberry (*Rubus* sp.) clonal lines by *Pseudomonas* sp. isolated from oregano[J]. *Process Biochemistry*, 1998, **33**(4): 441—445.
- [7] ERIG A C, ROSSI A, FORTES G R. 6-benzylamino purine and indol butyric acid on the *in vitro* multiplication of blackberry (*Rubus idaeus*), cv. Tupy[J]. *Ciencia Rural*, 2002, **32**(5): 765—770.
- [8] HU J G(胡建刚), HUANG Q X(黄巧兴), SHEN Q Y(沈秋云). Propagation of blackberry *in vitro*[J]. *Plant Physiology Communications*(植物生理学通讯), 1994, **30**(5): 356(in Chinese).
- [9] XIAO Y P(肖娅萍), WANG ZH ZH(王喆之), ZHANG ZH Q(张志勤), LIU Q H(刘全宏). Establishment of plantlet regeneration system of *Rubus idaeus*[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*(中草药), 2001, **32**(8): 738—741(in Chinese).
- [10] WANG H(王 宏), YU H(于 辉), HONG J Y(洪建源), DENG M Q(邓明琴), LIN L H(林丽华). Brief report of tissue culture of raspberry[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*(沈阳农业大学学报), 2002, **33**(4): 319—320(in Chinese).
- [11] WU CH H(吴春花), LI L H(李莲花). Stem top culture and quick reproduction of *R. idaeus* L. var. *ulgatus* Arrhen[J]. *Journal of Agricultural Science Yanbian University*(延边大学农学学报), 2003, **25**(4): 273—275(in Chinese).
- [12] XU E(徐 娥), LI Y(李 岩). Tissue culture and rapid propagation of *Rubus corchorifolius*[J]. *Chinese Wild Plant Resource*(中国野生植物资源), 2006, **25**(1): 64—65(in Chinese).
- [13] PIAO R Z(朴日子), CAO H N(曹后男), CHEN Y Q(陈艳秋), ZONG CH W(宗成文), CHEN L(陈 蕾). Study on tissue culture and rapid propagation of thornless red raspberry *idaeus*[J]. *Journal of Jilin Agricultural University*(吉林农业大学学报), 2006, **28**(4): 411—414(in Chinese).
- [14] YE M R(叶梅荣), ZHU CH H(朱昌华), GAN L J(甘立军), XIA K(夏 凯). Hormonal interactions in the control of plant stem elongation[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*(中国农学通报), 2007, (4): 228—231(in Chinese).
- [15] 陈振光. 果树组织培养[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 117—125.
- [16] JIA CH L(贾春兰), WANG J F(王纪芳), YANG J R(杨建荣), ZHANG L Y(张丽云), LIAN Y(连 勇), CAI L(蔡 林). Studies on a technique for propagation of grape plantlet *in vitro*[J]. *China Fruits*(中国果树), 1992, (1): 25—27(in Chinese).



图版 I 5 个树莓品种的茎尖组织培养过程

A. ‘黑莓 A₄-17’腋芽萌发; B. ‘澳洲红’腋芽萌发; C. ‘美 22’增殖(培养基: MS+0.3 mg/L GA₃+0.1 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.5%); D. ‘美 22’增殖(培养基: MS+0.1 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.50 mg/L BA+琼脂 0.7%); E. ‘澳洲红’增殖(培养基: MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+琼脂 0.5%); F. ‘澳洲红’增殖(培养基: MS+0.1 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.50 mg/L BA+琼脂 0.7%); G. ‘黑莓 A₄-17’生根; H. ‘早红’生根; I. ‘美 22’生根; J. 田间生长 2 个月后的组培苗。

Plate I Tissue culture process by shoot tip of 5 raspberry varieties

A. Axillary bud germination of ‘Blackberry A₄-17’; B. Axillary bud germination of ‘Australia red’ raspberry; C. Multiplication of ‘American No. 22’ (medium: MS+0.3 mg/L GA₃+0.1 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+agar 0.5%); D. Multiplication of ‘American No. 22’ (medium: MS+0.1 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.50 mg/L BA+agar 0.7%); E. Multiplication of ‘Australia red’ raspberry (medium: MS+0.3 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.25 mg/L BA+agar 0.5%); F. Multiplication of ‘Australia red’ raspberry (medium: MS+0.1 mg/L GA₃+0.3 mg/L IAA+0.50 mg/L BA+agar 0.7%); G. Rooting of ‘Blackberry A₄-17’; H. Rooting of ‘Early-ripening red’ raspberry; I. Rooting of ‘American No. 22’; J. Tissue culture seeding of ‘Yellow raspberry’ growing in field after 2 months.