

富士苹果高干开心形光照分布与产量品质的关系研究

魏钦平¹ 鲁韧强¹ 张显川² 王小伟¹ 高照全¹ 刘 军¹

(¹北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093; ²北京昌平日川果树研究中心, 北京 102200)

摘 要: 系统研究了富士苹果高干开心形和不同方法改良的高干开心形树冠内相对光照强度分布的差异、果实产量分布特征及树冠不同部位光照分布与果实品质因素的关系。结果表明, 高干开心形树冠大于 30% 的相对光照强度比例大, 且各层分布均匀一致, 呈平行排列; 高干开心形、两种不同方法改良的高干开心形和小冠疏层形小于 30% 的相对光照体积所占树冠总体积分别为 23.33%、25.95%、32.86%、40.24%; 产量分别为 47.4、46.6、44.9、39.5 t/hm²; 高干开心形比小冠疏层形低光区少 17%, 产量提高 20%, 果皮着色、可溶性固形物、可溶性糖、果形指数、糖酸比等均高于小冠疏层形。建立了品质因素与相对光照强度关系的回归方程, 求出了富士苹果优质生产的最适相对光照强度范围为 40%~80%。

关键词: 苹果; 树形; 相对光照强度; 产量; 品质

中图分类号: S 661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2004) 03-0291-06

Relationships between Distribution of Relative Light Intensity and Yield and Quality in Different Tree Canopy Shapes for 'Fuji' Apple

Wei Qinqing¹, Lu Renqiang¹, Zhang Xianchuan², Wang Xiaowei¹, Gao Zhaoquan¹, and Liu Jun¹

(¹Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093, China; ²Fruit Study Center of Beijing Changping, Beijing 102200, China)

Abstract: The difference of distribution in relative light intensity, characteristic of canopy space in fruit yield and quality, and their relationships were studied with the four different tree canopy shapes in the 'Fuji' apple orchards. The results showed that the relative light intensity in excess 30% was high and the light distribution in every layers were uniform and parallel arrangement in open center shape. The canopy volume ratio of relative light intensity insufficient to 30% were 23.33%, 25.95%, 32.86%, 40.24% and output were 47.4, 46.6, 44.9, 39.5 t/hm² in open center shape, the reform open center from small canopy shape by one year, the reform open center from small canopy shape by two years and small canopy shape respectively. The open center shape were lower 17% in useless light space, higher 20% in output and greater in fruit coloration, solubility solid matter, solubility sugar, fruit shape index and ratio of sugar and acid than small canopy shape. The regression equations in relationships between factors of quality and relative light intensity were set up to obtain optimum range of relative light intensity for good quality in 'Fuji' apple.

Key words: Apple; Tree canopy shapes; Relative light intensity; Yield; Quality

据 2001 年世界粮农组织统计, 我国的苹果栽培面积、总产量居世界首位, 分别占世界总量的 42.91% 和 35.79%, 而出口量仅占我国苹果总产量的 5.66%, 世界总产量的 1.38%。中国加入 WTO 后, 世界经济发展趋向一体化, 苹果业已面临着国外水果竞争的问题。富士是我国主要栽培的苹果品种, 随着栽植面积的扩大、产量的增加和栽培技术的不断进步, 富士苹果生产阶段性供大于求的问题十分突出。因此, 提高富士苹果品质, 增加出口数量, 获取更大的经济效益, 是富士苹果生产中迫切需要解决的核心问题。适宜的栽植密度, 合理的群体结构和个体空间分布, 良好的光照体系等是实现

优质丰产的关键^[1~4]。近 20 年来, 为了提早结果、增加产量, 苹果生产中多采用高种植密度, 应用小冠疏层形、自然纺锤形、改良纺锤形、细长纺锤形和轻剪长放多留枝等方法, 致使树体出现枝量偏多、树冠郁闭, 内膛光照恶化, 管理困难, 果实品质下降^[2,5~7]等问题。苹果高干开心形起源于日本, 1992 年引入北京, 经多年的试验探索, 在北京昌平建成了中日友好观光示范园, 显著地提高了富士苹果的品质。高干开心形的树体结构特点是, 干高 1.5 m 以上, 无主干头, 主枝 3~5 个, 螺旋排列, 呈开心形分布^[6]。本研究是针对我国苹果生产中应用最多的小冠疏层形和纺锤形, 探讨富士苹果小冠疏层形运用不同方法改造成高干开心形的树体光照分布状况, 光照分布与果实产量品质的关系, 为乔化密植果园的树形改造、群体结构调整、提高果实品质、保持果园连续优质丰产等技术措施提供理论依据和指导性意见。

1 材料与方法

试验于 1992~2002 年在北京市昌平区中日友好、真顺等果园进行, 品种为宫藤富士 (*Malus domestica* Borkh cv. Red Fuji), 砧木为八楞海棠 (*M. micromalus* Makino), 树龄 12 年生, 以新红星为授粉品种, 株行距为 3 m×5 m。土壤为沙壤土, 灌水条件较好, 管理水平较高, 全部采用了套袋和覆反光膜的措施。设以下 4 个处理: I. 定植后按日本高干开心形树形整形, 选留主枝 3~5 个, 当树高长到 2.5~3 m 左右时去头开心, 每公顷枝量 80~100 万。II. 定植后按小冠疏层形整形, 于 2001 年春一次性改为高干开心形, 选留主枝 3~5 个, 落头开心, 主干提高到 1.5 m 以上, 每公顷留枝量 80~100 万。III. 定植后按小冠疏层形整形, 分别在 2001 和 2002 年春两次改为开心形, 第 1 次落头开心, 留主枝 4~6 个, 主干提高到 1.0 m 以上, 每公顷留枝量 100~120 万; 第 2 次选留主枝 3~5 个, 主干提高到 1.5 m 以上, 每公顷留枝量 80~100 万条。IV. 小冠疏层形整形为对照, 主枝 6~8 个, 每公顷留枝量为 150~180 万。

每处理 30 株以上, 从中选择树体大小基本一致树 5 株为试材。以树干为中心, 用竹竿将树冠分成 0.5 m×0.5 m×0.5 m 的立方体。2002 年 9 月下旬, 选择典型晴天, 利用 XZ1 型相对照度计, 按魏钦平等^[3]的方法测量不同部位和不同层次立方体的相对光照强度、枝类组成, CI-110 冠层分析仪测量冠层结构参数。于 2002 年 10 月 22 日采收各个处理的果实, 在每个立方体 (0.125 m³) 内统计果实个数, 选择有代表性的果实 1~3 个 (根据立方内果实数量) 测量每个果实的直径、硬度 (GY-1 型果实硬度计)、可溶性固形物 (PR-100 型数字糖度计)、单果质量、可溶性糖 (蒽酮法)^[8], 可滴定酸 (NaOH 中和滴定法)^[9]和着色面积。

2 结果与分析

2.1 不同树形相对光照强度的分布

树冠内的光照分布状况与树冠的形状、枝叶数量、枝叶密度和不同枝类的空间分布有密切关系, 并直接影响花芽形成、开花、坐果、果实发育及果实品质。不同树冠的光照分布状况如图 1。几种树形的相对光照强度分布均呈现出自下而上逐渐增高的规律, 其冠层外围最高, 靠近树干的下层最低; 不同树形的光照分布各异, 处理 I 大于 30% 相对光照强度所占比例大, 各层分布均匀一致, 呈平行排列; 而处理 IV 大于 30% 相对光照强度所占比例小, 各层分布不均匀, 呈现出内膛低, 外围高趋势。不同树形相对光照强度所占的比例如表 1。一般认为相对光照低于 30% 为低效光区^[2,7], 从表 1 看出各处理的低效光区占其树冠体积的比例: 处理 I 为 23.33%、处理 II 为 25.95%、处理 III 为 32.86%、处理 IV 为 40.24%。这说明高干开心树

表 1 不同处理的相对光照比例

Table 1 The proportion of relative radiation of different treatment (%)

处理 Treatment	<30%	30%~59%	60%~80%	>80%
I	23.33	44.29	19.05	13.33
II	25.95	37.86	13.33	22.86
III	32.86	32.62	18.81	15.71
IV	40.24	29.29	13.81	16.67

注: I、II、III、IV 见图 1。 Note: I、II、III、IV see Fig. 1.

形的光照条件优于小冠疏层形, 而一次性大枝量改成高干开心形的光照也优于逐步改造成的高干开心形。

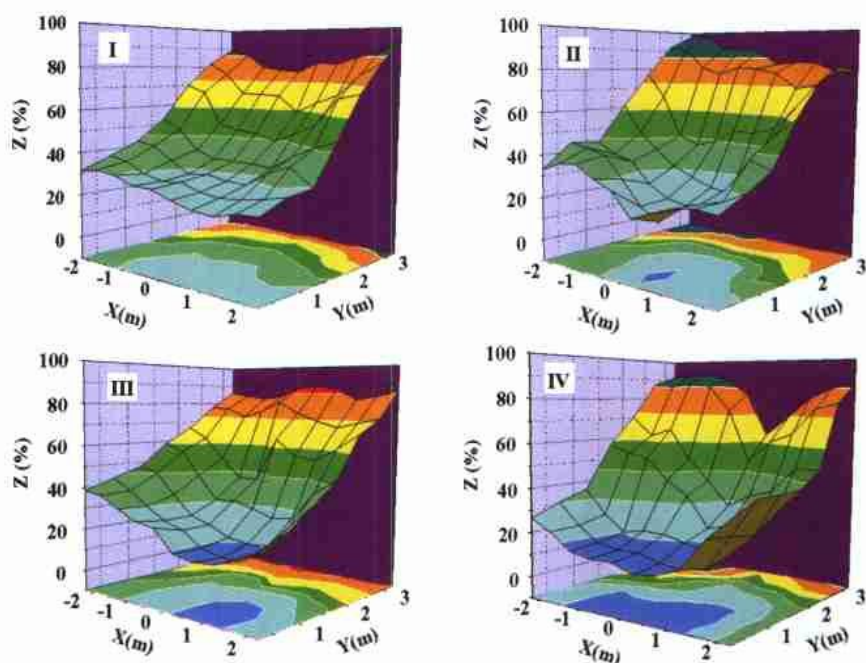


图1 不同树形的相对光照分布

X轴是树冠内某点到树干的距离, Y轴是树冠离地面的距离, Z轴是相对光照。

I. 高干开心形; II. 小冠疏层形一次改为开心形; III. 小冠疏层形逐步改为开心形; IV. 小冠疏层形。

Fig. 1 The distribution of relative radiation in different tree shape

X axis is the distance from canopy point to center. Y axis is the distance from canopy to ground. Z axis is the relative radiation.

I. Standard open center shape; II. The reform open center from small canopy shape by one year; III. The reform open center from small canopy shape by two years; IV. Small canopy shape.

2.2 不同树形果实产量在树冠内的空间分布

相对光照强度影响苹果的成花、坐果和果实发育, 不同树形的单位面积产量和果实在树冠内的分布情况如图2。其产量分别为: 处理I, 47.4 t/hm^2 , 处理II, 46.6 t/hm^2 , 处理III, 44.9 t/hm^2 , 处理IV, 39.5 t/hm^2 。从图2可看出果实在树冠内的分布情况, 处理I的果实集中分布在 $1.0 \sim 2.5 \text{ m}$ 的高度间, 且分布均匀, 高产量区集中分布在离地面 $1.5 \sim 2.5 \text{ m}$ 间; 而处理IV果实主要分布在 $0.75 \sim 2.0 \text{ m}$ 间, 其高产量区分布在 $1.0 \sim 1.5 \text{ m}$ 左右的下层, 正处在树冠的低光区。以上可以看出高干开心树形能提高苹果的产量, 并且使果实主要分布在光照充足的中上部。

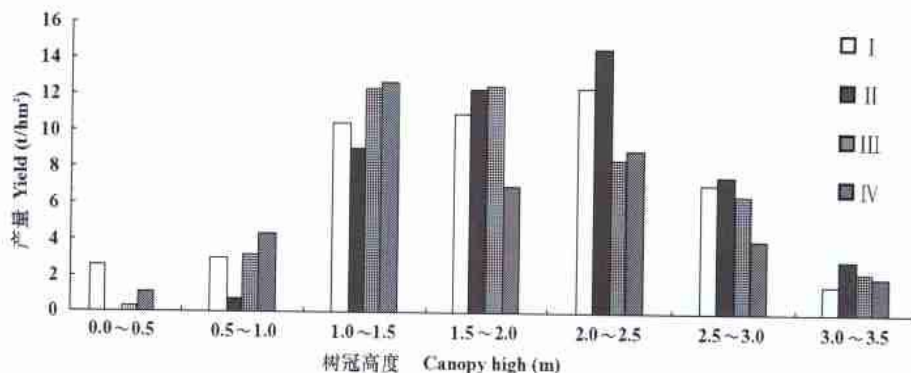


图2 2002年不同树形果实产量在树冠内的分布

I、II、III、IV见图1

Fig. 2 The yield distribution of different treatment in 2002

I、II、III、IV see Fig. 1

2.3 不同树形不同层次果实品质的差异

不同树形不同层次的果实品质因素如表 2。从表 2 看出, 不同树形不同层次的平均单果质量均在 200 ~ 300 g 之间, 达到了优质果品的要求, 说明在一定范围内, 光照状况不是果实质量的限制因子; 处理 I 树冠各层果实的果形指数均高于其它处理, 且与处理 IV 达到极显著的差异水平; 不同树形各层次的果实可溶性固形物、着色面积差异明显, 处理 I 与处理 IV 均达到极显著的差异水平; 其它各项指标也有明显的差异, 说明光照状况对果实可溶性固形物、果实着色影响较大。同时, 处理 II 与处理 III 的品质大都优于处理 IV 而又略低于处理 I, 说明将小冠疏层形改造为开心形有利于提高果实的品质。处理 II 与处理 III 相比, 处理 II 的可溶性糖、可溶性固形物一般高于处理 III。纵观各层次间的果实品质指标, 可以看出果实硬度、可溶性固形物、可溶性糖和糖酸比等一般是树冠上部高于下部。平均单果质量一般是中部最大, 只有小冠疏层形的树冠是下部果实大于上部。平均着色面积是树冠上部和下部的较好, 中间稍差, 这与上部枝量少, 光照条件好及地面铺反光膜有关。

表 2 不同处理不同冠层果实的品质差异

Table 2 The difference of fruit quality of different treatment in different layer of tree canopy

树冠离地面高度 Canopy height above ground (m)	处理 Treat- ment	单果质量 Mean fruit mass (g)	果形指数 Fruit shape index	硬度 Firmness (kg/cm ²)	可溶性固形物 Soluble solids (%)	可溶性糖 Soluble sugar (%)	可滴定酸 Titratable acidity (%)	糖/酸 Sugar/ Acid	着色面积 Surface blush (%)
0.5 ~ 1.0	I	237.86B	0.95A	8.96B	14.13A	11.11A	0.29BC	39.63A	96.53A
	II	241.85B	0.92B	10.51A	13.21B	10.71B	0.32A	33.86B	89.15B
	III	297.04A	0.88C	10.37A	12.48C	9.98C	0.30B	34.04B	69.00D
	IV	287.23A	0.88C	8.60C	12.33C	10.04C	0.27C	38.34A	75.70C
1.0 ~ 1.5	I	252.33B	0.93A	9.46B	13.77A	11.14A	0.28B	39.82A	87.25B
	II	277.06B	0.92A	9.33B	13.39A	10.75B	0.29AB	37.52A	98.00A
	III	302.67A	0.90B	10.38A	13.03B	10.05C	0.30A	34.78B	80.63C
	IV	267.12B	0.89B	8.70C	13.04B	10.50C	0.27B	39.40A	73.75D
1.5 ~ 2.0	I	245.39D	0.92A	9.39B	14.62A	11.65A	0.28A	42.30A	91.13A
	II	265.31C	0.92AB	9.50B	13.61B	11.21B	0.28A	41.61AB	92.00A
	III	306.86A	0.91B	9.97A	14.19A	11.06B	0.28A	39.71B	82.88B
	IV	286.84B	0.85B	8.62C	13.68B	10.91B	0.27A	41.05AB	69.63C
2.0 ~ 2.5	I	269.29B	0.93A	9.93B	15.27A	12.15A	0.25B	48.89A	88.13A
	II	307.76A	0.87C	9.59C	14.50B	11.45B	0.26B	43.91B	90.88A
	III	296.91A	0.89B	10.37A	14.47B	11.24B	0.29A	40.31C	77.38B
	IV	244.22C	0.88B	9.04D	14.02B	11.35B	0.25B	46.26B	67.50C
2.5 ~ 3.0	I	251.13B	0.93A	9.62B	15.49A	12.18A	0.26B	46.81C	90.80A
	II	262.54B	0.87C	9.47B	15.07A	11.84B	0.25C	49.43B	86.75B
	III	334.30A	0.90B	10.12A	14.61B	11.79B	0.30A	40.59D	78.38C
	IV	242.63C	0.89B	9.09C	14.14C	11.17C	0.21D	55.24A	74.50C
3.0 ~ 3.5	I	234.65B	0.94A	10.18B	14.43C	11.55C	0.24C	48.57A	93.00A
	II	241.59B	0.85C	9.81C	16.32A	12.69A	0.28A	45.48B	83.50B
	III	321.61A	0.90B	10.67A	14.21C	11.14B	0.27B	42.80C	81.00B
	IV	244.20B	0.90B	8.99D	15.06B	11.58B	0.26B	44.36BC	75.50C

注: I、II、III、IV 见图 1。 Note: I、II、III、IV see Fig. 1.

2.4 相对光照强度与果实品质的关系

为了探讨出光照与果实品质的定量关系, 我们以品质指标为目标函数, 相对光辐射为自变量, 建立了果实品质指标与相对光照强度的回归方程, 并结合试验结果求出了各优质品质指标的适宜相对光照强度取值 (表 3)。从表 3 看出, 各项品质指标的回归方程均达到极显著差异水平, 表明建立的方程是可靠稳定的; 果实品质因素不同, 对相对光照强度的要求各异, 除果形指数和果实可滴定酸的相对光强度的最小取值小于 30% 外, 其它各品质因素的最小值均在 30% 以上。为了获得果实品质因素最大的相对光照强度, 根据二次方程求极值原理, 对方程求二阶导数, 获得了品质因素最大时的相对

光照强度,果实着色、果实可溶性固形物和可溶性糖的最适取值均在 80% 以上,而果形指数的相对光照强度值要求较低,这与生产实际和前人的研究基本一致。Wagenmakers 等^[10]认为着色的最佳光照在 80% 左右。当相对光照强度太高时,不仅果形指数下降,果实的光洁度也下降,还容易受灼伤^[11,3],并且当相对光照大于 85% 时,果皮花青苷的含量不再随光强的增加而增加^[12]。综合分析可知,40%~80% 的相对光照强度是实现优质的最适取值。

表 3 苹果品质与相对光照的多项式拟合

Table 3 The fit polynomial of quality and relative radiation in apple

品质因素 Quality factors	回归方程 Regression equation	方程 F 值 Value of F	约束范围 Limits range	光强取值范围 Value range of light (%)	最佳光强取值 Optimum value of light (%)
单果质量 Mean fruit mass	$\hat{y} = 278.89 - 0.4392x + 0.00606x^2$	101.31 **	> 270 g	31 ~ 100	36.24
硬度 Firmness	$\hat{y} = 9.24 - 0.0079x + 0.000054x^2$	26.52 **	> 9.5 kg/cm ²	31 ~ 100	73.15
果形指数 Fruit shape index	$\hat{y} = 0.893 - 0.0007x + 0.000009x^2$	1.65 **	> 0.9	13 ~ 65	38.89
可溶性固形物 Soluble solids	$\hat{y} = 12.41 - 0.0589x + 0.00036x^2$	1.48 **	> 14%	34 ~ 100	81.81
着色面积 Surface blush	$\hat{y} = 83.31 - 0.023x + 0.000142x^2$	2784.53 **	> 80%	40 ~ 100	82.14
可滴定酸 Titration acidity	$\hat{y} = 0.205 - 0.00068x + 0.000011x^2$	157.98 **	< 0.28%	21 ~ 100	30.91
可溶性糖 Soluble sugar	$\hat{y} = 10.21 - 0.0376x + 0.00023x^2$	0.98 *	> 12%	39 ~ 100	81.74
糖酸比 Sugar/Acid	$\hat{y} = 11.51 - 0.0152x + 0.00011x^2$	1.78 **	> 12.5	37 ~ 100	69.09

3 讨论

在苹果生产由产量向质量转化的阶段,提高苹果品质、增强在国内外市场的竞争力是苹果生产的首要任务。本研究是在引进日本苹果高干开心形树形管理技术的基础上,探索对我国生产上大面积应用的小冠疏层形和纺锤形树形进行改造的方法,研究结果表明,高干开心形改变了树体结构、减少了总枝量、调节了枝类组成、显著的改善了树冠内的光照条件和光照分布状况,使果实品质达到优质果品的要求,优质果比率极显著的高于小冠疏层形,一次性改造处理优于逐步改良的处理。Widmer 和 Krebs^[1], Buler 等^[5]均认为高干开心树形苹果的光分布和品质优于主干形;研究表明,小冠疏层形和纺锤形改造的当年,其产量有所降低,果个明显增大,果实品质显著提高,与前人的研究结果基本一致。Weber^[13]认为合理的种植密度是果园管理的关键因子,其次是树形结构,并且通过试验证实细长纺锤形和“V”字形果树的品质优于改良纺锤形,而产量则低于改良纺锤形;本研究认为,在我国乔砧密植的情况下,栽植密度和树形是决定苹果早期产量的关键因素,达到一定的覆盖率、总枝量和树体高度后,其苹果产量、品质主要受总枝量、枝类组成和枝叶空间分布的影响。在成龄果园管理中,树体的动态生长与果园的静态群体结构、枝叶空间分布等保持一个协调的关系是优质丰产的关键。关于苹果优质丰产的稳定的群体结构参数、枝叶在树冠内的空间分布和枝类组成等与果实产量、品质的关系,我们将做进一步研究报道。

参考文献:

- Widmer A, Krebs C. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of 'Golden Delicious' and 'Royal Gala' apples. *Acta Horticulturae*, 2001, 557: 235 ~ 241
- Wertheim S J, Wagenmakers P S, Bootsma J H, et al. Orchard systems for apple and pear: conditions for success. *Acta Horticulturae*, 2001, 557: 209 ~ 227
- 魏钦平, 王丽琴, 杨德勋, 等. 相对光照强度对富士苹果品质的影响. *中国农业气象*, 1997, 18 (5): 12 ~ 14
- Caruso T, Giovannini D, Marra F P, et al. Planting density, above-ground dry-matter partitioning and fruit quality in greenhouse grown 'Floridaprince' peach (*Prunus persica* L. Batsch) trees trained to 'Free-standing Tatura'. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 1999, 74: 547 ~ 552
- Buler Z, Mika A, Treder W, et al. Influence of new training systems of dwarf and semidwarf apple trees on yield, its quality and canopy illu-

- mination. *Acta Horticulturae*, 2001, 557: 253 ~ 259
- 6 张显川, 张文和, 牛自勉. 从引入开心树形谈苹果优质栽培. *山西果树*, 1999, 77 (3): 6 ~ 8
- 7 李绍华, 李明, 刘国杰, 等. 直立中央领导干树形条件下幼年苹果树体生长特性的研究. *中国农业科学*, 2002, 35 (7): 826 ~ 830
- 8 全月澳, 周厚基. 果树营养诊断法. 北京: 农业出版社, 1982. 122 ~ 125
- 9 西北农业大学. 基础生物化学实验指导. 西安: 陕西科技出版社, 1985. 16 ~ 18
- 10 Wagemakers P S. Effects of light and temperature on potential apple production. *Acta Horticulturae*, 1996, 416: 191 ~ 197
- 11 徐胜利, 李新民, 陈小青, 等. 篱壁形红富士苹果叶幕光照分布特性与产量品质关系研究. *山西果树*, 2000, 80 (2): 3 ~ 5
- 12 孙建设, 马宝焜, 章文才. 富士苹果果皮色泽形成的需光特性研究. *园艺学报*, 2000, 27 (3): 213 ~ 215
- 13 Weber M S. Optimizing the tree density in apple orchards on dwarf rootstocks. *Acta Horticulturae*, 2001, 557: 229 ~ 234

红蝉花离体培养的初步研究

李永红 曾大兴 谢利娟 (深圳职业技术学院生物应用工程系, 深圳 518055)

The Studies of the Tissue Culture of *Mandevilla sanderi*

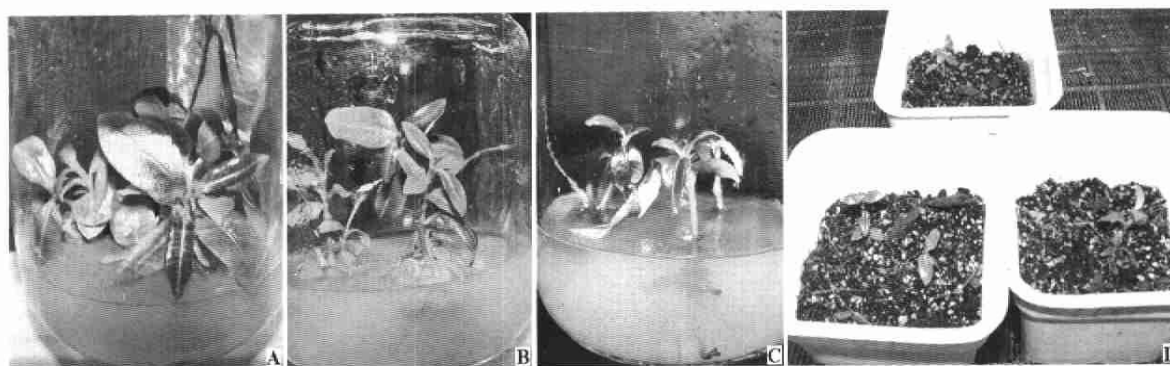
Li Yonghong, Zeng Daxing, and Xie Lijuan (Department of Applied Biological Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China)

关键词: 红蝉花; 离体培养

中图分类号: S 68 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2004) 03-0296-01

选取红蝉花 [*Mandevilla sanderi* (Hemsl.) Woodsom] 带腋芽的成熟茎段 (顶芽以下第 3 ~ 5 节)、幼嫩茎段 (顶芽以下第 1 ~ 2 节) 和顶芽作为外植体, 用自来水冲洗 3 ~ 5 次, 洗去伤口流出的白色乳浆, 在无菌条件下先用 70% 的酒精浸泡 20 s, 然后置于 0.1% HgCl₂ 溶液 (加 3 ~ 5 滴吐温 - 80) 处理一定时间 (成熟茎段 8 ~ 9 min, 幼嫩茎段和顶芽 4 ~ 5 min), 用无菌水冲洗 6 ~ 8 次, 每次 3 min. 消毒后的外植体接种于添加不同植物生长调节剂的 MS 培养基上进行光照培养. 接着进行继代培养和生根培养试验. 培养基 pH 值 5.8 ~ 6.0, 培养温度 (24 ± 1) °C, 光照 16 h/d, 1500 ~ 2000 lx.

试验结果表明: MS + BA 2.0 ~ 4.0 mg/L + NAA 0.1 mg/L 培养基最有利于外植体芽的萌发, 茎尖平均萌发芽数多于幼嫩茎段和成熟茎段. 芽的增殖培养 MS + BA 4.0 mg/L + NAA 0.01 mg/L 诱导的丛芽长势最好, 增殖倍数最高 (4.3 倍); 其次是 MS + BA 2.0 mg/L + NAA 0.01 mg/L, 增殖倍数为 3.1 倍. BA 比 KT 对芽的增殖作用更明显, 但两者同时使用没有增效作用. 红蝉花在培养基上的生根较困难, 生根率最高的培养基为 MS + NAA 2.0 mg/L + 0.2 C mg/L, 生根率也仅 76%, 有待进一步研究提高. 一定浓度的活性炭有利于生根, 但 1/2MS 培养基对红蝉花的生根不利, 这与多数植物的生根培养是不同的, 其原因有待深入研究. 当试管苗长高至 4 cm 左右并有数条根时进行炼苗 2 ~ 3 d, 洗净根部的培养基, 移栽入已灭菌的基质 (珍珠岩: 泥炭: 椰糠 = 4: 3: 3) 里, 然后用 1000 倍的甲基托布津浇灌, 保持温度在 25 ~ 28 °C, 湿度 85% 左右, 小苗成活率达 95% 左右.



图版说明: A. 茎尖芽萌发诱导; B. 丛芽诱导; C. 组培苗不定根诱导; D. 盆栽的组培植株。

Explanation of plates: A. Sprouting of terminal bud; B. Propagation of bud; C. Rooting of tissue culture bud; D. Pot-grown regeneration plants.