

铁线莲品种‘Multi-Blue’不定根的诱导 培养及其发生过程的解剖学观察

张启香^{1,2}, 胡恒康³, 方炎明^{1,①}

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037;

2. 浙江林学院林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 3. 江西农业大学园林与艺术学院, 江西 南昌 330045)

摘要: 对适宜于铁线莲品种‘Multi-Blue’(*Clematis* ‘Multi-Blue’)不定芽生根培养的基本培养基进行了筛选, 并采用L9(3²)正交实验设计对生根培养基中NAA和IBA质量浓度进行了比较分析, 对不定根形成过程中解剖结构的变化也进行了观察。接种在1/2MS培养基上的铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽的生根率极显著高于改良1/2MS、MS和WPM培养基($P < 0.01$), 生根率达66.97%; 在1/2MS培养基中添加0.05 mg · L⁻¹ NAA, 不定芽的生根效果最好, 生根率达69.34%, 极显著高于其他处理组($P < 0.01$)。研究结果表明, 添加0.05 mg · L⁻¹ NAA的1/2MS培养基(含30 g · L⁻¹蔗糖和8 g · L⁻¹琼脂, pH 5.8)为铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽生根培养的最佳培养基。在不定芽的茎横切面上未见潜伏根原基存在; 而在接种约1周后, 不定芽基部皮层的薄壁细胞逐渐恢复分生能力, 出现胞质变浓、核质增加、液泡缩小及细胞排列紧密等变化, 细胞开始分裂并形成分生细胞团; 接种后约2周, 根原基发端细胞不断分裂并逐渐形成体积较小、染色较深的一群分生细胞, 并出现明显的分层结构; 接种后约3周, 细胞继续进行平周分裂和垂周分裂, 并分化出球形或楔形的不定根根原基; 根原基在皮层中常发生弯曲或分支, 且皮层处的不定根加粗生长, 最终突破皮孔并形成独立的不定根。观察结果表明, 铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽基部形成的不定根根原基为诱生根原基。

关键词: 铁线莲品种‘Multi-Blue’; 不定根; 基本培养基类型; NAA; 解剖结构

中图分类号: Q943.1; S685.99 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)01-0080-06

Induction culture and anatomical observation of organogenesis of adventitious root of *Clematis* ‘Multi-Blue’ ZHANG Qi-xiang^{1,2}, HU Heng-kang³, FANG Yan-ming^{1,①} (1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry University, Lin’an 311300, China; 3. College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, 19 (1): 80-85

Abstract: The suitable basic medium for rooting of adventitious buds of *Clematis* ‘Multi-Blue’ had been selected, and concentrations of NAA and IBA in rooting medium were comparatively analyzed by L9(3²) orthogonal experimental design. Also anatomical structure change of organogenesis of adventitious root was observed. Rooting rate of adventitious buds of *Clematis* ‘Multi-Blue’ inoculated in 1/2MS medium is very significantly higher, with a value of 66.97%, than that in modified 1/2MS, MS and WPM media ($P < 0.01$). Rooting effect of adventitious buds in 1/2MS medium added 0.05 mg · L⁻¹ NAA is the best, with a rooting rate of 69.34%, which is very significantly higher than that of other treatment groups ($P < 0.01$). It is suggested that the optimal medium for rooting of adventitious buds of *Clematis* ‘Multi-Blue’ is 1/2MS medium (containing 30 g · L⁻¹ sucrose and 8 g · L⁻¹ agar, pH 5.8) added 0.05 mg · L⁻¹ NAA. The observation result of anatomical structure shows that the latent root primordium is not found in transverse section of stem of adventitious bud. After inoculated about one week, the parenchyma cells in

收稿日期: 2009-08-10

基金项目: 浙江林学院博士启动基金项目(2008FR021); 南京林业大学“十·五”人才工程项目

作者简介: 张启香(1975—), 女, 江苏南京人, 博士, 讲师, 主要从事植物发育生物学的研究与教学工作。

①通信作者 E-mail: afang200202@yahoo.com.cn

cortex of stem base of adventitious bud recover meristematic ability gradually with some changes of cytoplasm thickening, nucleoplasm increasing, vacuole shrinking and cells arranging closely, and the cells begin devising and forming meristematic cell mass. After inoculated about two weeks, root primordium initial cells devise constantly to form a group of meristematic cells with small volume and staining deeper color, and also to form obvious layer structure. After inoculated about three weeks, the cells proceed periclinal division and anticlinal division, and differentiate to global or wedged adventitious root primordium. The root primordia often bend or branch in cortex, and adventitious roots in cortex begin thickening growth, finally break through lenticel and form to independent adventitious roots. It is concluded that adventitious root primordium in base of adventitious buds of *Clematis* ‘Multi-Blue’ is the induced root primordium.

Key words: *Clematis* ‘Multi-Blue’; adventitious root; basic medium type; NAA; anatomical structure

铁线莲属 (*Clematis* L.) 植物是世界著名的观赏植物,大多数种类具有攀援的特点,而且花色鲜艳丰富、花型多变。作为垂直绿化材料,铁线莲属植物在一百多年前就已被西方人喜爱并广泛使用,而其育种工作则更早。据记载,早在 1569 年人们就在南欧发现第 1 个铁线莲属种类 *Clematis viticella* L.,随后在欧洲又陆续发现许多种类,并在 1853 年通过对 *C. viticella* 和 *C. integrifolia* L. 的杂交育成第 1 个铁线莲杂交品种^[1]。铁线莲品种‘Multi-Blue’是铁线莲品种‘The president’的变异类型,于 1983 年在荷兰注册为正式品种,该品种的花蓝紫色、雄蕊瓣化,观赏价值较高。由于铁线莲品种‘Multi-Blue’难以结出可育种子,因而在实际生产栽培过程中通常以扦插或组织培养方式进行繁殖,但生根率较低,难以满足规模化生产的需要。

作者以铁线莲品种‘Multi-Blue’的健壮组培不定芽为供试材料进行生根培养研究,并对不定根发生过程进行详细的解剖学观察,以期对铁线莲品种‘Multi-Blue’组培苗不定根发生的培养时间和培养条件进行精准定位,进而为铁线莲品种‘Multi-Blue’的快繁研究和推广应用提供良好的技术支持。

1 材料和方法

1.1 材料

以铁线莲品种‘Multi-Blue’的茎尖为外植体进行增殖培养,继代 3 次(每月继代 1 次)后,取生长健壮的不定芽切成单苗接入不同生根培养基中进行生根培养。

1.2 方法

1.2.1 不定芽的生根培养 以 MS、1/2MS、改良 1/2MS 和 WPM 培养基为基本培养基,研究不同类型

基本培养基对铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽生根的影响。其中,改良 1/2MS 培养基中铁盐的添加量为 1/2MS 培养基的 2 倍,其余配方均与 1/2MS 培养基相同。培养过程:选择生长健壮的不定芽分别接种到不同的基本培养基(含 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA、 $30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖和 $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 琼脂, pH 5.8)上,然后置于温度 $(25 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 、光照时间 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 、光照度 2400 lx 的条件下进行生根培养,每瓶接种 5 个不定芽,每处理 5 瓶,各 3 次重复。接种 6 周后统计不定芽的生根率,培养期间注意观察不定芽的生根情况。

采用 $L_9(3^2)$ 正交实验设计研究培养基中 NAA 和 IBA 的质量浓度及对比对铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽生根的影响,其中, NAA 设置 0.00、0.05 和 $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 3 个质量浓度梯度, IBA 设置 0.00、0.05 和 $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 3 个质量浓度梯度。培养过程:选择生长健壮的不定芽接种在添加不同激素组合的 1/2MS 培养基(含 $30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖和 $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 琼脂, pH 5.8)上,然后置于温度 $(25 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 、光照时间 $16 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 、光照度 2400 lx 的条件下进行生根培养,每瓶接种 5 个不定芽,每处理 5 瓶,各 3 次重复。接种 6 周后统计不定芽的生根数和生根率,并测量根长。

1.2.2 不定根发生的解剖学观察 从接种当天开始直至肉眼能看到不定根为止,每隔 3 日均于同一时间在试管苗茎基部约 0.5 cm 处取样,每次取 3 个样,立即用 FAA(用体积分数 50% 乙醇配制)固定液^[2]固定。采用常规石蜡切片法制片,使用 Leica 全自动轮转切片器切片后,置于 Olympus BX51 显微镜下进行观察和拍照。

1.3 数据处理

生根率和平均生根数的计算公式为:生根率 = (生根的不定芽数/接种的不定芽数) $\times 100\%$; 平均生

根数 = 不定芽的生根总数 / 接种的不定芽数。

采用 Excel 统计分析程序和 Sigma Plot 8.0 系统软件对实验数据进行统计和分析, 实验数据均为 3 次重复的平均值。

2 结果和分析

2.1 铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽生根培养的影响因素分析

2.1.1 不同类型基本培养基对不定芽生根的影响
在不同类型的基本培养基上培养 6 周后铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根率见表 1, 根的生长状况见图 1。

表 1 的数据显示, 在 1/2MS 培养基中, 铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根率最高, 平均达到 66.97%, 且生根速度较快, 直接从不定芽的基部生根, 根的数目较多, 根健壮, 移栽成活率高 (图 1-2)。在 MS、改良 1/2MS 和 WPM 培养基中, 不定芽的生根率均较低, 分别仅有 35.63%、30.20% 和 24.40%, 且生根所需时间较长; 在改良 1/2MS 培养基中, 大多数不定芽的基部产生白色愈伤组织 (图 1-3, 4); 在 MS

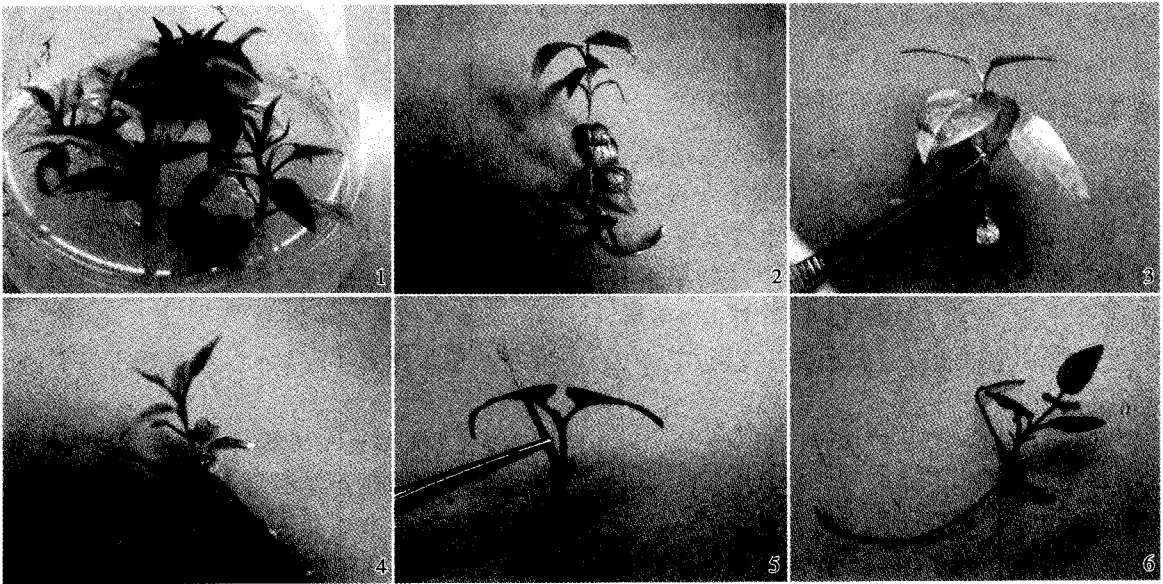
培养基中不定芽的基部有少量褐色愈伤组织产生 (图 1-5), 部分不定芽生根后不久就出现褐化现象; 在 WPM 培养基中, 不定芽的基部产生褐色的不定根 (图 1-6), 移栽成活率较低。

方差分析和多重比较结果显示, 接种在 1/2MS 培养基上的铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根率最高, 与其他培养基间存在极显著差异 ($P < 0.01$), 因而, 适宜于铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽生根培养的基本培养基是 1/2MS 培养基。

表 1 在不同基本培养基上铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽生根率的比较 ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾
Table 1 Comparison of rooting rate of adventitious buds of *Clematis* 'Multi-Blue' in different basic media ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

基本培养基 Basic medium	生根率/% Rooting rate
MS	35.63 ± 1.41 Bb
1/2MS	66.97 ± 3.41 Aa
Modified 1/2MS	30.20 ± 0.91 BCbc
WPM	24.40 ± 1.99 Cc

¹⁾ 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Different capitals and small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively.



1. 示接入生根培养基的不定芽 Showing adventitious buds inoculated in rooting medium; 2. 示直接从不定芽基部长出的不定根 (1/2MS 培养基) Showing adventitious roots developed from the base of adventitious bud (1/2MS medium); 3. 示不定芽基部长出的白色愈伤组织 (改良 1/2MS 培养基) Showing white callus developed from the base of adventitious bud (modified 1/2MS medium); 4. 示从愈伤组织中长出的不定根 (改良 1/2MS 培养基) Showing adventitious roots developed from callus (modified 1/2MS medium); 5. 示不定芽基部形成的褐色愈伤组织 (MS 培养基) Showing brown callus developed from the base of adventitious bud (MS medium); 6. 示不定芽基部长出的褐色不定根 (WPM 培养基) Showing brown adventitious roots developed from the base of adventitious bud (WPM medium).

图 1 在不同类型基本培养基上铁线莲品种 'Multi-Blue' 的生根状况
Fig. 1 Rooting status of *Clematis* 'Multi-Blue' in different types of basic media

2.1.2 不同质量浓度 NAA 和 IBA 对不定芽生根的影响 在基本培养基优化筛选的基础上, 采用 L9 (3²) 正交实验设计研究了 1/2MS 培养基中添加不同质量浓度 NAA 和 IBA 对铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽生根的影响, 实验结果见表 2。结果表明, 在仅添加 0.05 mg · L⁻¹ NAA 的 1/2MS 培养基上, 铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根效果最好, 生根率最高, 达到 69.34%, 而且根数和根长都优于其他处理组, 且与其他处理组间存在极显著差异 ($P < 0.01$)。

方差分析和多重比较结果显示, 在添加不同质量浓度 NAA 的培养基中铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根率存在极显著差异 ($P < 0.01$)。在添加 0.05 mg · L⁻¹ NAA 的 3 组培养基上, 不定芽的平均生根率最高, 达到 65.97%; 培养基中 NAA 质量浓度较高 (0.10 mg · L⁻¹) 时, 不定芽基部易产生愈伤组织。方差分析结果还表明, 在添加不同质量浓度 IBA 的培养基中, 铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根率差异不显著。因此, 在 1/2MS 培养基中添加 0.05 mg · L⁻¹ NAA 对铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根培养是较为适宜的。

表 2 在添加不同质量浓度 NAA 和 IBA 的 1/2MS 培养基上铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽生根状况的比较¹⁾

Table 2 Comparison of rooting status of adventitious buds of *Clematis* 'Multi-Blue' in 1/2MS medium added different concentrations of NAA and IBA¹⁾

编号 No.	质量浓度/mg · L ⁻¹ Concentration		根长/cm Root length	平均生根数 Average number of root	生根率/% Rooting rate
	NAA	IBA			
1	0.00	0.00	0.12	1.30	0.97Df
2	0.00	0.05	0.13	1.20	1.10Df
3	0.00	0.10	0.10	1.20	0.92Df
4	0.05	0.00	2.24	4.04	69.34Aa
5	0.05	0.05	2.06	3.82	65.76Bb
6	0.05	0.10	2.00	3.74	62.80Bc
7	0.10	0.00	1.08	2.48	44.42Cd
8	0.10	0.05	1.00	2.00	42.36Cde
9	0.10	0.10	0.86	1.86	40.78Ce

¹⁾ 同列中不同的大写和小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著 Different capitals and small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

2.2 铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定根形成过程中的解剖学特征

2.2.1 茎横切面的解剖结构特征 铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽茎横切面的解剖结构见图 2-1。在不定芽茎横切面上未见潜伏根原基存在, 茎的初生

结构从外至内由表皮、皮层和维管柱 3 个部分组成。维管柱包括中柱鞘、初生木质部、初生韧皮部和髓, 初生木质部属六原型。表皮外被角质层, 表皮以内是皮层, 由数层薄壁细胞组成, 皮层细胞排列较疏松, 细胞间有较大的空隙, 并且细胞大多呈圆形, 含有大量可见的晶体。在皮层的薄壁组织中, 有时能观察到枝迹或叶迹维管组织, 通过连续切片可观察到与髓相连的部分维管组织在茎中与原维管组织发生移位, 并形成独立的维管系统。皮层以内为维管柱, 初生韧皮纤维细胞呈束状排列, 细胞体积小、壁厚, 细胞腔狭小; 初生木质部主要由大的螺旋导管分子、木薄壁细胞和木纤维分子组成。髓位于茎的中心部位, 形状不规则, 由薄壁组织构成, 细胞呈多角形、大小不一、排列紧密, 无细胞间隙, 染色较浅。

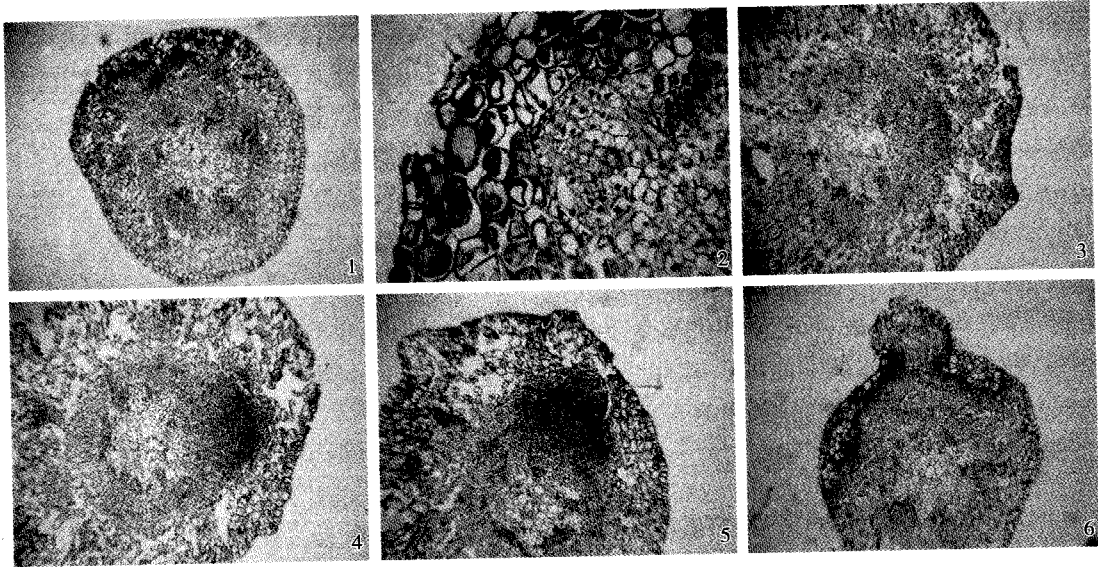
2.2.2 不定根发生的解剖结构特征 在铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定根形成过程中, 部分不定芽茎基部的皮层或初生韧皮部的部分细胞恢复分裂能力并产生愈伤组织, 这些愈伤组织由薄壁细胞组成, 细胞呈圆形、排列较疏松, 细胞核不明显。愈伤组织最初起源于不定芽基部斜切面附近的皮层细胞, 随着愈伤组织的发展, 部分韧皮薄壁细胞也可参与形成愈伤组织。通过大量的切片观察, 未发现从愈伤组织中分化出根原基。

不同培养条件对铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根有较明显的影响。在没有添加 NAA 的培养基中, 细胞脱分化时间较晚; 而在 NAA 质量浓度为 0.10 mg · L⁻¹ 的培养基中, 根原基与愈伤组织相连, 但多数不定根的维管组织不能与茎直接相连, 导致再生植株出现假活现象。

在添加 0.05 mg · L⁻¹ NAA 的 1/2MS 培养基中, 铁线莲品种 'Multi-Blue' 不定芽的生根状况较好。从茎基部的横切面看, 接种约 1 周, 皮层的薄壁细胞就逐渐恢复分生能力, 细胞出现胞质变浓、核质增加、液泡缩小及细胞排列紧密等变化, 并开始进行细胞分裂, 形成细胞核较大、排列紧密并与周围细胞有明显区别的分生细胞团 (图 2-2)。通过对连续切片的观察, 发现该分生细胞团从先端开始不断分裂, 并向根发端细胞发育方向伸展, 分化出几个细胞核较大、细胞质较浓、染色质红色的根原基发端细胞或根原基位点细胞; 木质部细胞没有脱分化; 根原基发端细胞及其附近的部分韧皮部细胞表现出较强的分裂能力, 细胞染色较深。随着培养时间的持续 (约为接种后 2

周),根原基发端细胞不断分裂,逐渐形成体积较小、染色较深的一群分生细胞,形成分生组织团块,且分生组织团块分裂区逐渐被推向顶端,形成较明显的分层结构(图2-3)。此后(约为接种后3周),细胞继续进行平周分裂和垂周分裂,逐渐分化出原始的生长点,其中位于最先端的几层细胞包裹在生长点的外面,成为类似根冠功能的结构,进而分化出呈球形或楔形的不定根根原基(图2-4,5)。根原基在形成及

发育过程中,很少能够顺利通过韧皮部,在通过韧皮部时,有的根原基在皮层中发生弯曲或分支。穿过韧皮部的不定根部位较窄,而在皮层处的不定根则加粗生长并突破皮孔,最终形成独立的不定根。在不定根突破表皮之前,根原基内部已出现明显的分层现象,分化成具有根冠区、分生区及伸长区的不定根。不定根突出表皮后,维管系统分化完成,根部的维管组织与茎的维管组织相连(图2-6)。



1. 示不定芽的茎横切面结构 Showing structure of stem transection of adventitious bud; 2. 示起源于皮层薄壁细胞的根原基原始细胞 Showing root primordium initial cells originated from cortex parenchyma cells; 3. 示分生组织团块 Showing conglomeration of meristem; 4. 示球形根原基 Showing global root primordium; 5. 示楔形根原基 Showing wedged root primordium; 6. 示不定根伸出皮孔且结构发生分化 Showing adventitious root extending from lenticel and having a structural differentiation.

图2 铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽茎和不定根的解剖结构
Fig. 2 Anatomical structure of stem of adventitious bud and adventitious root of *Clematis* ‘Multi-Blue’

3 讨论和结论

在植物的组织培养过程中,生根培养是建立植物快繁体系的重要步骤之一,其中基本培养基类型的选择至关重要,不同植物的生根过程对基本培养基的要求存在较大差异。研究结果显示:MS培养基为孝顺竹(*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeuschel ex J. A. et J. H. Schult.)植株再生过程中生根培养的最佳基本培养基^[3];核桃(*Juglans regia* L.)品种试管嫩茎生根的最佳基本培养基为DKW培养基^[4];对樟子松(*Pinus sylvestris* L. var. *mongolica* Litv.)不定根诱导的最佳基本培养基为1/4MS培养基^[5];西洋杜鹃(*Rhododendron hybridum* Hort.)生根的最佳基本培养

基为Read培养基^[6];姜洪波等^[7]认为,以1/2MS培养基为基本培养基对威灵仙(*Clematis chinensis* Osbeck)增殖苗进行生根培养,培养20 d左右生根率达100%;Leifert等^[8]也认为,对绣球藤(*Clematis montana* ‘Rubens’)进行培养,应以1/2MS培养基为基本培养基。作者的研究结果显示,与MS培养基、改良1/2MS培养基和WPM培养基相比,以1/2MS培养基为基本培养基,铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽的生根效果最佳,生根率达到66.97%,并且该条件下形成的不定根色泽淡黄、幼茎基部无愈伤组织产生。表明盐分浓度较低的培养基有利于铁线莲品种‘Multi-Blue’不定根的形成。

生长调节物质可改变植物体内源激素的水平,通过调节内源激素水平进而对细胞分化和发育产生作

用;生长素具有调节细胞分裂周期、实现细胞有序分裂的作用,与根原基发端密切相关,通常用于不定根诱导的生长素类物质有 NAA 和 IBA 等。本研究结果表明,不同生长素类物质对铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽生根的效应不同,较低质量浓度($0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)的 NAA 和 IBA 有利于铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽的生根,且作者前期的研究结果也表明,在铁线莲不定芽生根过程中,NAA 对不定芽的诱导效应是 IBA 的 2 倍;而 NAA 和 IBA 质量浓度较高则易引起不定芽基部形成愈伤组织,且 NAA 的诱导效应是 IBA 的 2~4 倍。这一研究结果与李明军等^[9]的研究结果较一致。

不同植物种类的不定根根原基的起源部位不尽相同,在木射线薄壁细胞、维管形成层、皮层、髓薄壁组织及愈伤组织等处均可形成根原基^[10-11]。不定根是由根原基发育而来的,一般插穗的不定根根原基按形成时间可分为潜伏根原基(或先生根原基)和诱生根原基,其中,潜伏根原基是在原株发育早期产生的,形成后一直处于休眠状态,直至扦插到适宜环境条件下才继续发育形成不定根;而诱生根原基是在扦插后形成的。在不定根发生过程中,根原基的形成至关重要,其中包括薄壁细胞脱分化、细胞再分化、分裂及扩大形成分生组织、不定根形成等过程^[12]。在铁线莲品种‘Multi-Blue’的不定芽生根过程中,不定芽幼茎中不存在根原基;接种约 1 周后细胞开始脱分化,位于皮层或初生韧皮部某一位置的薄壁细胞的细胞核变大、细胞质浓缩,并恢复分裂能力直接形成根原基,继而发育成不定根,且形成的不定根通过皮孔伸出茎外,该过程与柃木(*Eurya japonica* Thunb.)^[13]扦插生根的过程较相似。因此,可以认为铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽形成的不定根根原基为诱生根原基。

铁线莲品种‘Multi-Blue’不定根诱导培养与不定根发生的解剖观察结果具有高度的一致性。在添加 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA 的 1/2MS 培养基中,生长 1 周的铁线莲品种‘Multi-Blue’不定芽幼茎基部皮层的薄壁

细胞恢复分裂能力,2 周后根原基发端细胞不断分裂并形成较明显的分层结构,3 周左右分化出球形或楔形的不定根根原基,且不定芽的生根率最高(达到 69.34%),而且根数和根长等指标也都优于其他培养基,因此,添加了 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA 的 1/2MS 培养基(含 $30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖和 $8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 琼脂, pH 5.8)是铁线莲品种‘Multi-Blue’茎尖不定芽生根培养的最佳培养基。

参考文献:

- [1] Mary T, Everett L. An Illustrated Encyclopedia of *Clematis* [M]. Portland: Timber Press, 2001: 19-22.
- [2] 李正理, 张新英. 植物解剖学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1983: 112-295.
- [3] 袁金玲, 顾小平, 李璐滨, 等. 孝顺竹愈伤组织诱导及植株再生 [J]. 林业科学, 2009, 45(3): 35-39, 172.
- [4] 裴东, 袁丽钗, 奚声珂. 核桃品种试管嫩茎生根的研究 [J]. 林业科学, 2002, 38(2): 32-37, T001.
- [5] 彭丽萍, 董丽芬. 樟子松组织培养不定根诱导的研究 [J]. 西北林学院学报, 2008, 23(1): 100-103.
- [6] 刘燕, 陈训. 西洋杜鹃叶片离体培养及植株再生 [J]. 种子, 2008, 27(11): 46-49.
- [7] 姜洪波, 贾桂霞, 丁琼. 草本威灵仙的组织培养与快速繁殖 [J]. 园艺学报, 2004, 31(3): 400-402.
- [8] Leifert C, Camotta H, Waites W M. Effect of combinations of antibiotics on micropropagated *Clematis*, *Delphinium*, *Hosta*, *Iris* and *Photinia* [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1992, 29(2): 153-160.
- [9] 李明军, 陈明霞, 洪森荣, 等. NAA、IBA 和 PP₃₃₃ 对怀山药试管苗生长发育的影响 [J]. 广西植物, 2004, 24(4): 376-379.
- [10] 张晓平, 方炎明. 杂种鹅掌楸插穗不定根发生与发育的解剖学观察 [J]. 植物资源与环境学报, 2003, 12(1): 10-15.
- [11] 邵顺流, 钱华, 金贞福, 等. 百山祖冷杉插穗生根促进和不定根形成 [J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(5): 47-48.
- [12] 李小方, 汤章城, 何玉科. 不定根的形态发生与调节机制 [J]. 细胞生物学杂志, 2001, 23(3): 130-136.
- [13] 潘健, 夏日红, 程家寿, 等. 柃木插条生根的解剖学研究 [J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(1): 62-65.