

墨兰试管苗植株的发育解剖学研究

李爱民^{1,2,3} 叶秀麟^{2*} 陈泽濂²

(1. 怀化学院生物系, 湖南 怀化 418008; 2. 中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650;
3. 华南农业大学生命科学学院, 广东 广州 510642)

摘要: 用石蜡切片和扫描电镜对墨兰试管苗植株的生长发育进行了研究。发现幼叶中脉附近的叶肉细胞类似栅栏组织, 随着叶片的不断成熟, 叶片基部中脉附近的叶肉细胞逐渐变为近圆形或椭圆形, 而叶尖部和叶中部中脉附近的叶肉细胞仍似栅栏组织。茎的发育经历了原球茎、根状茎和假鳞茎 3 个阶段。原球茎的大部分细胞都含有淀粉粒, 根状茎的皮层细胞含淀粉粒, 而假鳞茎几乎不含淀粉粒。幼根没有髓, 皮层细胞含淀粉粒; 成熟根具含淀粉粒的髓。出瓶苗上即带有 4 个芽, 一般只有最外侧叶腋的 1 个花芽和最内侧叶腋的 1 个叶芽发育。

关键词: 墨兰; 试管苗; 个体发育; 解剖

中图分类号: Q949.718.430.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3395 (2003) 02-0161-05

Developmental Anatomy of *Cymbidium sinense* in vitro

LI Ai-min^{1,2,3} YE Xiu-lin^{2*} CHEN Ze-lian²

(1. Department of Biology, Huaihua College, Huaihua 418008, China; 2. South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 3. Faculty of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The growth and development of *Cymbidium sinense* in vitro were observed under scanning electron microscopy. The cells in mesophyll near midrib are often elongated as palisade-like tissue in young leaves. With the development of the plantlets, cells in mesophyll near midrib of leaf base are found to be gradually rounded or elliptic, but those in leaf apex and near midrib are still arranged as palisade-like tissue. The development of the stem goes through protocorm, rhizome and pseudobulb stages. There are a large number of starch grains in most cells of protocorm and in cells of cortex parenchyma of rhizome, but almost no starch grain is found in pseudobulb. In young roots, medullas are absent and starch grains scatter in cortex parenchyma. In mature roots, there are medullas with starch grains. Generally, of the four axillary buds, only the outmost floral bud and the innermost leaf bud are developmental.

Key words: *Cymbidium sinense*; Plantlet in vitro; Ontogeny; Anatomy

墨兰 (*Cymbidium sinense* (Andr.) Willd) 栽培历史悠久, 是人们喜爱的观赏花卉。其花期主要在春节期间, 因而又称报岁兰, 颇具经济价值。但兰属植物种子的自然繁殖力极低, 而园艺上常采用的分株繁殖法远远不能满足人们的需求。自从 Morel 用茎尖作外植体, 在试管中培养出兰花植株后, 目前采用组织培养方法来快速繁殖兰花, 产生了巨大

的商业效应, 实现了兰花生产的工厂化和商品化^[1]。但国外商品化生产的兰花主要是气生兰, 而我国地生兰仍采用传统的分株繁殖^[2,3]。近年来墨兰组织培养工作进展很快, 取得了一定的成绩^[4-6], 并对墨兰的矿质营养^[7-11]、光合作用^[12-14]以及胚胎学^[15-18]等方面都进行了研究, 但是对试管苗植株的生长发育情况仍知之甚少, 这不利于墨兰的栽培管理和生产。本文对墨兰试管苗植株从幼苗至开花结实整个生长发育过程中的各器官进行系统的形态解剖学观察, 为墨兰的系统研究提供新资料, 并为栽培管理提供一定的理论依据。

收稿日期: 2002-07-02 接受日期: 2002-12-06

基金项目: 中国科学院院长基金 (767); 广东省科技计划项目 (C20304)

* 通讯作者 Corresponding author

1 材料和方法

供试材料 1997 年 1 月至 1998 年 1 月对茎尖诱导的墨兰根状茎进行大量繁殖,并使之分化形成幼苗,幼苗从培养基移至土壤中生长,直至开花结实。各阶段植株均按常规管理,定期观察其生长,并对各阶段的植株分别选取 10 株进行测量。

显微结构样品的制备 分别采集不同发育时期的根、茎、叶、花等器官,FAA 固定,Ehrlich 苏木精整体染色,常规石蜡切片法制片,切片厚 10 μm ,OLYMPUS Vanox 光学显微镜观察并照相。

叶表皮的制备 选取不含中脉的叶片,切成 0.5 cm \times 0.5 cm 大小,Jeffrey 解离液中解离,1%甲基绿染色,甘油胶封片,OLYMPUS Vanox 光学显微镜观察并照相。

扫描电镜样品的制备 选取不含中脉的叶片,切成 0.5 cm \times 0.5 cm 大小,戊二醛和锇酸双固定,乙醇系列脱水,临界点干燥,离子溅射镀金膜,JSM-T300 型扫描电镜观察并照相。

2 结果

2.1 生长过程

根状茎在分化培养基上生长出芽,然后生根。根据生长情况将瓶苗分为两个时期,即 I 期瓶苗(图版 I:1)和 II 期瓶苗(图版 I:2)。I 期瓶苗根状茎上只着生 2-3 片叶,II 期瓶苗叶片数目为 3-4 片,且叶片长度伸长。当叶片数目达到 4 片或更多,此时即可出瓶移栽,移栽的苗称出瓶苗。以后出瓶苗在常规管理下生长。一般叶片数目达到 6-8 片时即不再增加,叶片只伸长和加宽。其中最外侧的 2 枚叶片常短小。出瓶以后,根状茎顶端逐渐膨大后,称为假鳞茎。带状叶片在假鳞茎上互生,叶鞘常包茎,经 2-3 a 后即可开花(图版 I:3)。各时期的形态比较见表 1。

2.2 形态结构变化

2.2.1 叶

叶表面观:上、下表皮细胞均多为长方形,细胞排列紧密,细胞大小为 56-58 μm \times 12-20 μm (表 2)。气孔在下表皮常成行排列(图版 II:13)。扫描电镜观察发现,上、下表皮细胞表面均具瘤状突起。气孔表面被厚的角质层覆盖,气孔器具明显的孔缘(图版 I:4)。发育过程中,细胞形态无明显变化。

叶横切面观:I 期瓶苗上、下表皮细胞均一层,近方形,细胞排列紧密(图版 II:1)。角质层薄。紧靠上、下表皮内方均有较多纤维束散布(图版 II:9)。叶肉细胞近圆形至椭圆形,一般没有海绵组织和栅栏组织的分化(图版 II:2)。叶绿体一般沿细胞壁分布(图版 II:3)。有时可见到含晶细胞。维管束为外韧型,具维管束鞘。同一叶片不同部位中脉的横切面表明中脉附近近轴面的部分叶肉细胞略有伸长,细胞长轴垂直于叶表面(图版 II:1-3)。以后叶基部中脉明显增大,中脉附近近轴面的叶肉细胞逐渐变为近圆形或椭圆形(图版 II:6,9,11),而叶中部(图版 II:4,8,12)和叶尖部(图版 II:5,7,10)中脉附近的叶肉细胞已明显伸长而且排列紧密,细胞长轴垂直于叶表面,类似于栅栏组织。叶片中维管束逐渐增大,叶肉细胞所含叶绿体数量也逐渐增多。其结构特征见表 2。

2.2.2 根

根横切面观可明显分为根被、皮层和维管柱。最外方为根被,约 4-8 层细胞,多呈不规则的长六边形,细胞壁木质化。外皮层一层,细胞多径向伸长(图版 I:10)。皮层细胞圆形至椭圆形,体积大,胞间隙小,细胞内含淀粉粒。中柱鞘细胞一层,明显。木质部与韧皮部交替排列。原生木质部 6-7 原型,维管柱中央为后生木质部(图版 I:8)。随着根的生长,根维管柱内有髓出现,髓中含淀粉粒。维管柱内有大量厚壁组织细胞出现。木质部与韧皮部相间

表 1 墨兰各发育时期的形态比较

Table 1 Morphological comparison of different development stages of *C. sinense* plantlets

发育期 Developmental stages	叶片数目 No. of leaves	叶片长度 * Leaf length (cm)	根数目 No. of roots	根长度 Root length (cm)
I 期瓶苗 Phase I	2-3	0.5-1.0, 2.8-4.1, 4.4-6.2	2-3	1.1-3.2, 2.4-3.5, 3.3-4.6
II 期瓶苗 Phase II	3-4	0.8-1.4, 3.2-5.1, 4.8-7.4, 6.9-9.2	2-3	2.1-3.0, 3.2-4.5, 3.3-5.4
出瓶苗 Transplanted plantlet	3-4	1.2-2.5, 3.8-5.3, 6.3-7.2, 9.6-11.5	3-4	1.3-3.5, 3.4-4.7, 3.6-5.9, 4.1-6.4
成熟株 Mature individual	6-8	3.0-6.4, 7.1-9.3, 16.8-20.6, 20.5-24.2, 38.5-42.1, 38.3-46.6, 39.2-46.1, 38.4-46.0	3-5	3.2-5.0, 6.3-9.4, 9.6-13.2, 10.4-14.1, 12.5-15.6

* 测量顺序为由外向内,测量 10 株。The leaves of ten individuals were measured. Values of leaf length are arranged in order of the outermost leaf to the innermost one.

表 2 墨兰各发育时期叶片中脉横切面特征
Table 2 Characters of cross section of midrib in *C. sinense* at different developmental stages

发育时期 Developmental stages	叶片部位 Part of leaf	表皮细胞大小 Size of epidermic cells (μm)	中脉形状 Outline of midrib	中脉处叶肉细胞特点 Shape of cells in mesophyll near midrib	中脉占叶片厚度 Ratio of midrib to the leaf in thickness
I 期瓶苗 Phase I	叶尖 Apex	58×20	圆形 Rounded	个别细胞伸长 A few cells elongated	2/3
	叶中 Middle	58×18	圆形 Rounded	个别细胞伸长 A few cells elongated	2/3
	叶基 Base	56×15	圆形 Rounded	个别细胞伸长 A few cells elongated	2/3
II 期瓶苗 Phase II	叶尖 Apex	58×20	圆形 Rounded	明显伸长 Obviously elongated	1/3
	叶中 Middle	58×18	圆形 Rounded	明显伸长 Obviously elongated	1/3
	叶基 Base	56×15	近圆形 Nearly rounded	明显伸长 Obviously elongated	1/3
出瓶苗 Transplanted plantlet	叶尖 Apex	60×20	圆形 Round	明显伸长 Obviously elongated	1/3
	叶中 Middle	58×19	近圆形 Nearly rounded	明显伸长 Obviously elongated	1/3
	叶基 Base	56×18	纺锤形 Spindle	不伸长 Not elongated	2/3
成熟株 Mature individual	叶尖 Apex	60×20	圆形 Rounded	明显伸长 Obviously elongated	1/2
	叶中 Middle	60×20	近圆形 Nearly rounded	明显伸长 Obviously elongated	1/2
	叶基 Base	60×19	楔形 Cuneate	不伸长 Not elongated	1/2

排列。厚壁组织细胞、木质部、韧皮部共同围绕着髓(图版 I: 7)。

2.2.3 根状茎

I 期瓶苗根状茎较短,随着生长,其顶端逐渐膨大,称为假鳞茎。假鳞茎横切面观表皮细胞一层,细胞略切向延长。角质层不明显。基本组织细胞近圆形至椭圆形,胞间隙小。有些细胞圆形,较大,为贮水细胞。外韧型维管束散生在基本组织中(图版 I: 9)。

2.2.4 花

出瓶苗移植至培养基中后,其最外侧的叶片逐渐枯萎脱落,同时假鳞茎顶部仍不断长出新叶。整株植物叶片数目一般在 6-8 片左右,最外侧的 1-2 片叶较短小。一般说来,出瓶苗移植后 2-3 a 即可开花,同时还可形成新的小植株(图版 I: 3)。成熟株常有 4 个芽,均位于叶腋(图版 I: 11)。初期这 4 个芽的外形均相似,随着植株发育,这 4 个芽开始分化。由外向内,位于第一、二叶腋的芽发育为花芽,而位于第三、四片叶腋的芽发育为叶芽,由此叶芽形成新的植株。花芽瘦长,苞片疏松,花芽实为花序芽。在 8-9 月,苞片腋内形成花原基,同时花序轴逐渐伸长。至 11 月,花序已从叶腋中伸出,上有小花排列为总状花序。至第二年 1 月,小花在花序轴上由下往上次第开放。两个花序芽一般只一个发育,另一个不发育。因而一个植株往往只形成一个花序。

花原基产生于苞片腋内,通过平周及垂周分裂,向外隆起,形成花原基。在花原基顶端分生组织的周围产生 3 个萼片原基,其生长速度大致相同。在萼片内基部产生 3 个花瓣原基(图版 I: 6)。其中有 2 个花瓣原基生长速度一致,成为侧瓣,而另一个原基生长速度快,成为唇瓣。在花瓣内侧形成雄蕊原基。雄蕊原基分化时,其基部的分生组织经居间生长后形成花丝,而雄蕊原基顶部膨大后形成 2 个药室,每室 2 个花粉囊(图版 I: 5)。雄蕊原基形成后,在雄蕊和唇瓣基部,早先形成的 3 个心皮原基迅速生长,边缘互相愈合形成子房。雌蕊与雄蕊互相愈合,位于雄蕊基部的柱头不育,成为蕊喙。

位于内方的叶芽短,鳞片紧密,在鳞片腋内有叶芽原基形成,一般每个叶芽中有 4 个叶芽原基。随着叶芽的不断发育,在来年春天可与母体分离,形成一个新植株,栽培上常用此进行分株繁殖。叶芽一般是最内侧的 1 个发育。

3 讨论

墨兰试管苗发育中,各器官均表现出了一定的规律性。叶片细胞的体积随着生长而不断增大;在同一叶片中,幼叶叶尖部的表皮细胞略大于叶基部的细胞,而成熟后各部位表皮细胞大小差别不大。随着生长发育的推进,表皮细胞上的瘤状突起越来越明显,同一叶片下表皮的瘤状突起要比上表皮的明显。从内部结构来看,叶肉中的纤维束数量和大

小均会随着发育而增加。中脉附近的叶肉细胞随发育发生形态变化。幼叶叶尖部和叶中部中脉附近的叶肉细胞伸长,类似栅栏组织,叶基部中脉附近的叶肉细胞也伸长。但是随着发育,叶尖部和叶中部中脉附近的叶肉细胞形态上没有多大变化,仍然明显伸长,类似于栅栏组织,而叶基部中脉附近的叶肉细胞则变为近圆形或椭圆形,与其他叶肉细胞形态相似。此外在发育过程中,叶绿体的长径会增加,但短径却变化不大^[14]。叶绿素含量也随叶龄的增加而增加^[14]。

茎在发育过程中,外部形态有明显变化,内部结构变化不大。当茎尖在培养基上培养膨大后,形成原球茎,此时没有明显的维管组织分化,原球茎的大部分细胞均含有淀粉粒^[6]。原球茎逐渐伸长,成为根状茎,根状茎尚可区分出表皮、皮层和维管柱。根状茎中只有皮层细胞才含有淀粉粒。当根状茎顶端极度膨大后,则成为假鳞茎^[19],此时皮层与维管柱的界限不明显。在假鳞茎中几乎不含淀粉粒。

早期幼嫩的根维管柱中没有髓,而是后生木质部,此时皮层中含淀粉粒。随着发育的进行,维管柱中出现了髓,髓细胞中含淀粉粒,而皮层细胞中没有淀粉粒。根被细胞壁也由薄壁而逐渐木质化,垂周壁常网状增厚。

值得注意的是,从根状茎刚分化形成的小植株上即已带有芽,这与王熊^[20]报道的建兰(*Cymbidium ensifolium*)相似。在墨兰的个体发育中,最外侧叶腋内的芽为花芽,内侧叶腋内的芽为叶芽,由叶芽形成新的小植株。然而 4 个芽同时都发育的情况较少见,往往只有 1 个花芽和 1 个叶芽发育,因而成熟的墨兰植株每年只抽出 1 个花序和形成 1 个新植株,这一新植株着生在母株的假鳞茎上,它本身也已带有 4 个芽。但此时若将新植株分开,新株往往不能成活,需待长出 3-4 个植株后,才能进行分株繁殖,因而墨兰的营养繁殖速度很慢。王熊等^[21]认为盆栽兰花的丛生株中,每株兰花的腋芽可以发育成只长叶不开花的个体,而在合适的条件下,某些营养芽的顶端分生组织可以分化出花芽。潘瑞炽等^[8]发现低浓度和中等浓度的硝酸盐和铵盐对墨兰叶芽和叶片生长都有促进作用,而铵盐处理不能形成花芽,硝酸盐处理能形成花芽。另外,他们还报道对缺磷的墨兰进行磷处理后,花芽出现早,而且每株的花数多^[7]。但他们所指的花芽实际上是指花序上的花芽,而非叶腋内的花芽。通过观察,我们认为墨兰的花芽只从叶腋内形成,加强管理和供应营养,有时

可使 2 个花芽均发育,形成 2 个花序,每个花序上着生的花的数目可能会增加,但一般不会出现一株墨兰上着生 2 个以上花序的现象。

参考文献

- [1] Wang X (王熊), Chen J C (陈季楚), Liu G Y (刘桂云), et al. Clonal propagation of orchids by means of tissue culture [J]. Acta Phytophysiol Sin (植物生理学报), 1981, 7 (2): 203-207. (in Chinese)
- [2] Wang X (王熊). Studies on the orchid clonal propagation and floral bud differentiation by means of tissue culture [J]. Acta Phytophysiol Sin (植物生理学报), 1984, 10 (4): 391-396. (in Chinese)
- [3] Wang X (王熊), Zhang J Y (张菊野), Liang H K (连宏坤), et al. Studies on *Cymbidium ensifolium* Susin clonal propagation and floral bud differentiation by means of tissue culture [J]. Acta Horticult Sin (园艺学报), 1988, 15 (3): 205-208. (in Chinese)
- [4] Zhang Z S (张志胜), Ou X J (欧秀娟). Tissue culture of *Cymbidium sinense* [J]. Acta Horticult Sin (园艺学报), 1995, 22 (3): 303-304. (in Chinese)
- [5] Zeng S J (曾宋君), Cheng S J (程式君), Zhang J L (张京丽), et al. A study on tissue culture and rapid propagation of *Cymbidium sinense* and its hybrids *in vitro* [J]. Guihaia (广西植物), 1998, 18 (2): 153-156. (in Chinese)
- [6] Zee S Y, Ye X L. *In vitro* propagation and studies on the changes of the immature seed of *Cymbidium sinense* [A]. In: Loh C S, Lee S K, Tim L, et al. Proceedings of the international conference on agrotechnology in the commonwealth: focus for the 21st century [C]. Singapore, Singapore Institute of Biology, 1994. 103-107.
- [7] Pan R C (潘瑞炽), Liang X Y (梁旭野). Effects of different phosphorus levels on growth, development and some physiological characteristics in *Cymbidium sinense* following phosphorus starvation [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 1993, 1 (1): 71-77. (in Chinese)
- [8] Pan R C (潘瑞炽), Chen J X (陈俊贤). Effects of nitrate-nitrogen and ammonium-nitrogen on growth and development in *Cymbidium sinense* [J]. Acta Bot Yunnan (云南植物研究), 1994, 16 (3): 285-290. (in Chinese)
- [9] Liang X Y (梁旭野), Pan R C (潘瑞炽). Influence of different phosphorus levels on some biochemical characteristics in *Cymbidium sinense* following phosphorus starvation [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 1994, 2 (2): 65-70. (in Chinese)
- [10] Liang X Y (梁旭野), Pan R C (潘瑞炽). Absorption and distribution of phosphorus in *Cymbidium sinense* following phosphorus starvation [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 1994, 2 (2): 108-110. (in Chinese)
- [11] Chen J Y (陈健源), Pan R C (潘瑞炽), Wen Z Q (温兆清). Influence of different potassium levels on contents of carbohydrate and protein in *Cymbidium sinense* following potassium starvation [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 1994, 2 (3): 70-76. (in Chinese)

- [12] Ye Q S (叶庆生), Pan R C (潘瑞焯), Qiu C X (丘才新). Study on leaf anatomy and photosynthesis of *Cymbidium sinense* [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1992, 34 (10): 771-776. (in Chinese)
- [13] Ye Q S (叶庆生), Pan R C (潘瑞焯), Hew C S (丘才新). Study on the photosynthetic pathway of *Cymbidium sinense* [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1993, 35 (6): 441-446. (in Chinese)
- [14] Li A M (李爱民), Chen Z L (陈泽濂), Ye X L (叶秀麟). Ultrastructure of chloroplasts and photosynthesis in different sections of young and mature leaves of *Cymbidium sinense* (Andr.) Willd [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 2000, 8 (3): 225-228. (in Chinese)
- [15] Yeung E C, Zee S Y, Ye X L. Embryology of *Cymbidium sinense*: ovule development [J]. Phytomorphology, 1994, 44: 55-63.
- [16] Ye X L (叶秀麟), Guo J Y (郭俊彦). Female gametophyte development and embryogeny in *Cymbidium sinense* (Andr.) Willd [J]. J Trop Subtrop Bot (热带亚热带植物学报), 1995, 3 (1): 54-58. (in Chinese)
- [17] Yeung E C, Zee S Y, Ye X L. Embryology of *Cymbidium sinense*: embryo development [J]. Ann Bot, 1996, 78: 105-110.
- [18] Huang B Q, Ye X L, Yeung E C, et al. Embryology of *Cymbidium sinense*: the microtubule organization of early embryos [J]. Ann Bot, 1998, 81: 741-750.
- [19] Wang G X (王国兴). Preliminary study on stems of *Cymbidium* plants [J]. Acta Horticult Sin (园艺学报), 1989, 16(4): 314-315. (in Chinese)
- [20] Wang X (王熊). Studies on the ontogenesis of terrestrial *Cymbidium in vitro* [J]. Acta Phytophysiol Sin (植物生理学报), 1990, 16 (3): 264-270. (in Chinese)

图版说明

A: 花粉囊; Ca: 心皮原基; Co: 皮层; E: 外皮层; L: 唇瓣; M: 后生木质部; Pe: 花瓣原基; Pi: 髓; S: 萼片; Vc: 维管柱; Ve: 根被。

图版 I

1. I 期瓶苗, $\times 0.30$; 2. II 期瓶苗, $\times 0.30$; 3. 成熟株, $\times 0.12$; 4. I 期瓶苗叶下表皮, $\times 500$; 5. 花芽纵切, $\times 50$; 6. 花芽纵切, 示花瓣原基, $\times 40$; 7. 成熟根横切面, $\times 40$; 8. 幼根横切面, $\times 40$; 9. 假鳞茎横切面, $\times 50$; 10. 幼根横切面, 示根被及外皮层, $\times 50$; 11. 幼株, 示花芽(箭头), $\times 2$ 。

图版 II

1-3. I 期瓶苗叶过中脉横切面, 1. 叶尖部, $\times 10$; 2. 叶中部, $\times 10$; 3. 叶基部, $\times 10$; 4-6. II 期瓶苗叶过中脉横切面, 4. 叶中部, $\times 10$; 5. 叶尖部, $\times 10$; 6. 叶基部, $\times 10$; 7-9. 出瓶苗叶过中脉横切面, 7. 叶尖部, $\times 10$; 8. 叶中部, $\times 4$; 9. 叶基部, $\times 4$; 10-12. 成熟株叶过中脉横切面, 10. 叶尖部, $\times 4$; 11. 叶基部, $\times 4$; 12. 叶中部, $\times 4$; 13. I 期瓶苗叶下表皮, $\times 4$ 。

Explanation of plates

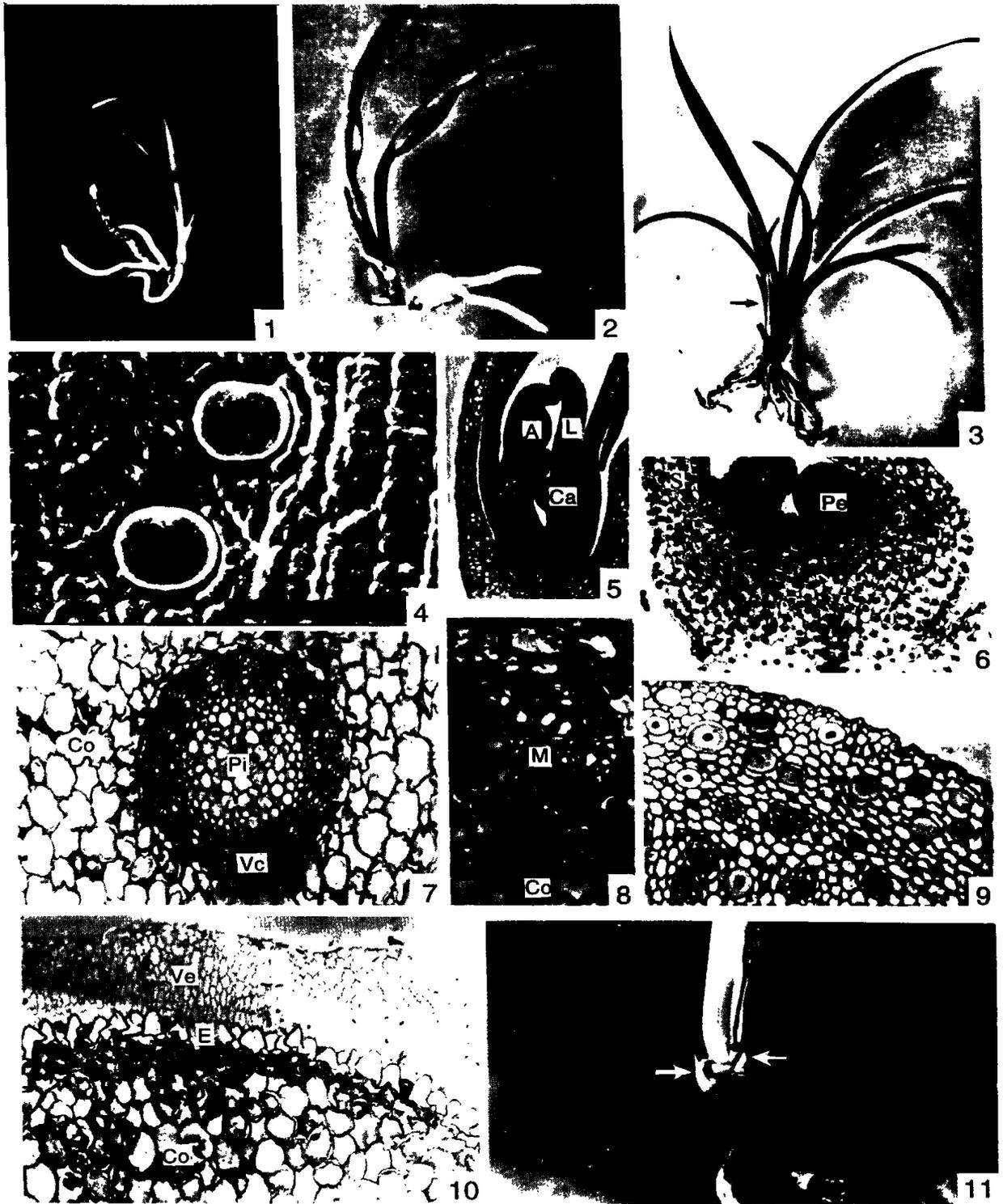
A: Anther sac; Ca: Carpel primordium; Co: Cortex; E: Exodermis; L: Lip; M: Metaxylem; Pe: Petal primordium; Pi: Pith; S: Sepal; Vc: Vascular cylinder; Ve: Velamen.

Plate I

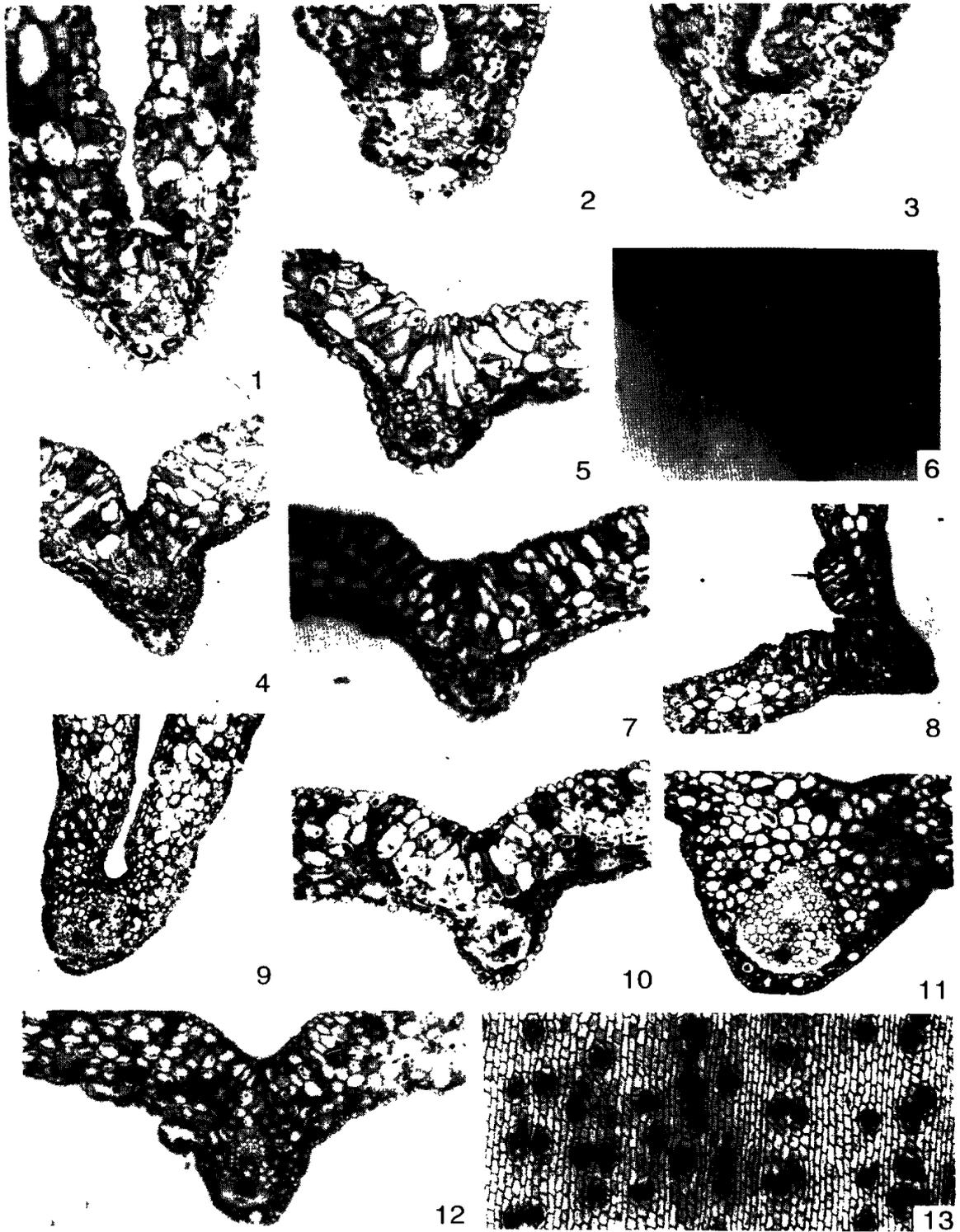
1. Plantlet phase I, $\times 0.30$; 2. Plantlet phase II, $\times 0.30$; 3. Mature plant, $\times 0.12$; 4. Surface view of abaxial epidermis at phase I, $\times 500$; 5. Floral bud in longitudinal section (LS), $\times 50$; 6. Floral bud in LS, showing carpel primordia, $\times 40$; 7. Mature root in transverse section (TS), $\times 40$; 8. Young root in TS, $\times 40$; 9. Pseudobulb in TS, $\times 50$; 10. Young root in TS, showing velamen and exodermis, $\times 50$; 11. Young plant with floral buds (arrows), $\times 2$.

Plate II

1-3. TS of midrib at phase I. 1. Leaf apex, $\times 10$; 2. Middle part, $\times 10$; 3. Leaf base, $\times 10$; 4-6. TS of midrib at phase II. 4. Middle part, $\times 10$; 5. Leaf apex, $\times 10$; 6. Leaf base, $\times 10$; 7-9. TS of midrib of transplanted plantlet. 7. Leaf apex, $\times 10$; 8. Middle part, $\times 4$; 9. Leaf base, $\times 4$; 10-12. TS of midrib in mature plant. 10. Leaf apex, $\times 4$; 11. Leaf base, $\times 4$; 12. Middle part, $\times 4$; 13. Surface view of abaxial epidermis at phase I, $\times 4$.



See explanation at the text



See explanation at the text