

# 党参根的形态发生及组织化学研究

夏 丹, 刘文哲<sup>\* \*</sup>

(西北大学生命科学学院, 陕西 西安 710069)

**摘 要:**目的 揭示党参根的发生发育规律及储藏物质和主要药用成分在根中的积累部位。方法 应用石蜡切片法研究党参根的形态发生, PAS反应和苏丹Ⅲ染色显示根中储藏物质, 等量的5%香草醛-冰醋酸和高氯酸混合试剂对党参萜类及甾类物质显色。结果 党参根发育过程包括原分生组织、初生分生组织、初生结构和次生结构4个阶段。党参根中存在大量乳汁管, 在原生木质部导管出现时, 韧皮部中已产生乳汁管细胞, 而后一直与韧皮部分子相伴产生。党参根中积累了大量淀粉粒。萜类和甾类物质积累在根的薄壁细胞和乳汁管中。结论 党参根中大量薄壁细胞和乳汁管是储藏物质和主要药用成分的积累部位。

**关键词:** 党参根; 形态发生; 组织化学; 乳汁管

中图分类号: R282.2

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2009)02-0289-04

## Morphogenesis and histochemistry of roots in *Codonopsis pilosula*

XIA Dan, LIU Wen-zhe

(College of Life Science, Northwest University, Xi'an 710069, China)

**Abstract: Objective** To study the process of the root development of *Codonopsis pilosula* as well as the accumulating locations of the main medicinal composition and storage nutrition in the root. **Methods** The development process of the roots was studied by paraffin section methods. Storage nutrition was localized by PAS reaction and Sudan III reaction. The medicinal composition of *C. pilosula*, terpene and steroid were stained with mix reagent of 5% vanillin-acetic acid and perchloric acid. **Results** The development process of the root is shown as four stages: promeristem, primary meristem, primary structure, and secondary growth. Abundant laticifers exist in mature root and the prime laticifers could be found in phloem as early as the first vessel of primary xylem appears. Then, the laticifers exist in phloem at all time. Starch granule accumulated in mature root as reserved substance. Terpene and steroid accumulated in parenchyma and laticifer. **Conclusion** Parenchyma and laticifer in the roots of *C. pilosula* are the main parts of the roots to store medicinal composition and storage nutrition.

**Key words:** the roots of *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.; morphogenesis; histochemistry

党参是桔梗科(Campanulaceae)党参属 *Codonopsis* Wall. 多年生草质藤本植物。其根为常用中药, 味甘性平, 具有补中益气, 和脾胃, 除烦渴之功效, 可用于治疗脾肺虚弱, 气短心悸, 食少便溏, 虚喘咳嗽, 内热消渴等症状。现代药理研究表明, 党参具有调节血糖, 促进造血机能, 降压, 抗缺氧, 耐疲劳, 增强机体免疫力, 调节胃肠收缩及抗溃疡多种作用<sup>[1]</sup>。《中国药典》2005年版一部收载党参来源于党参 *C. pilosula* (Franch.) Nannf.、素花党参 *C. pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen 和川党参 *C. tangshen* Oliv. 3种植物的干燥

根<sup>[2]</sup>。本实验对党参根发生和发育过程进行研究, 以揭示党参根的形成和发育规律。同时, 应用组织化学方法对党参储藏物和有效药用成分进行定位, 并对党参结构与功能关系进行探讨, 为党参规范化栽培和管理提供技术资料, 并为党参生药鉴定提供理论依据。

### 1 材料和方法

1.1 材料来源: 党参分别采自陕西省长安县(秦岭北坡)和杨凌西北农林科技大学药材种植园, 并移栽于西北大学植物园中, 种子为当年秋季采收, 样品经西北大学生命科学院刘文哲教授鉴定为党参 *C. pi-*

\* 收稿日期: 2008-04-14

基金项目: 陕西省教育厅专项基金(06JK180)

作者简介: 夏 丹(1984—), 女, 陕西省西安市人, 西北大学生命科学学院在读硕士, 从事药用植物学研究。

\* 通讯作者 刘文哲 E-mail: lwenzhe@nwu.edu.cn

losula (Franch.) Nannf.。

1.2 石蜡切片:选择生长健壮的植株,取不同发育时期根分割成0.5~1 cm长的段,FAA固定液固定,常规石蜡制片法连续切片,厚度为6~8  $\mu\text{m}$ ,番红-固绿染色或Ehrlich苏木精染色,中性树胶封片,Leica-DMLB显微镜观察并照相。

1.3 组织化学:常规石蜡切片,厚度8~10  $\mu\text{m}$ ,高碘酸-希夫反应(PAS反应)染色鉴定淀粉及多糖,苏丹II染色鉴定脂类,中性树胶封片;新鲜材料徒手切片,放置于载玻片上滴加以等量的5%香草醛-冰醋酸和高氯酸混合试剂,对党参萜类及甾类物质显色。用70%酒精浸泡党参根72 h以溶去党参萜类及甾类物质,作为对照样品,进行同样的组织化学显色,Leica-DMLB显微镜观察并照相。

## 2 结果

### 2.1 根的发育

2.1.1 根尖结构及其组织分化:从纵切面观察,根尖可分为根冠、分生区(生长点)、伸长区和根毛区4个部分。根冠位于生长点前端,由多层不规则排列的薄壁组织细胞构成,包被于分生区外侧。分生区是位于根冠内方的顶端分生组织,包括原分生组织和初生分生组织。原分生组织分为3个细胞群:根冠原-表皮原的原始细胞群、皮层原的原始细胞群和中柱原的原始细胞群(图1-1)。原分生组织所衍生的细胞发生一定程度分化,由外向内依次分化为原表皮层、基本分生组织和原形成层,它们共同组成初生分生组织。

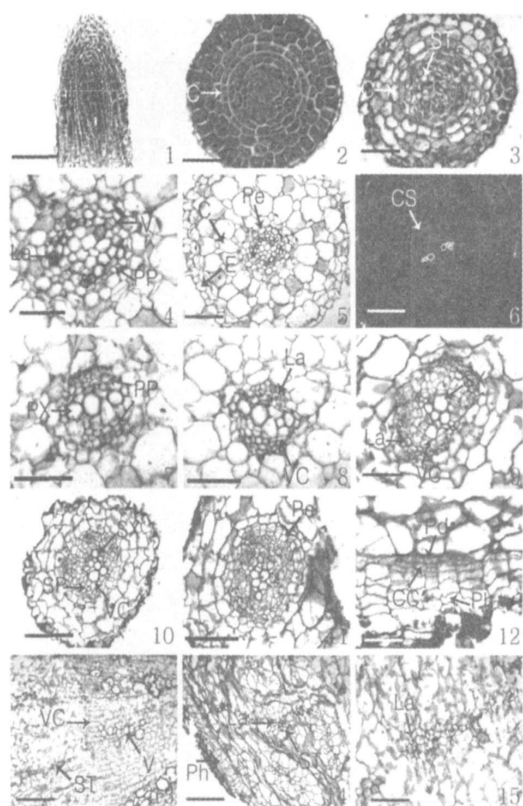
从根尖横切面上观察,原分生组织细胞表现出典型的分生组织细胞学特点。细胞呈等径多边形,细胞壁薄,细胞质浓厚,细胞核大,细胞排列整齐而紧密。初生分生组织的细胞已经开始了初步分化,形态和排列方式开始出现不同。根冠原和表皮原各由一层细胞组成,表皮原在横切面上为切向引长的长方形或长方楔形,其细胞质较浓,细胞核大且靠近根的近轴面,细胞排列整齐紧密;皮层原位于表皮原以内,由3~5层细胞构成,细胞体积较大,排列疏松,有明显细胞间隙,细胞质相对较稀薄;中央的6~7层细胞组成了中柱原,其细胞体积较小,细胞质浓厚,核质比大,细胞排列紧密(图1-2)。

2.1.2 根的初生生长:党参根的初生生长是通过其初生分生组织细胞分裂及其衍生细胞的分化来完成的。这些衍生细胞分化,形成了根的初生结构。其中,根冠原、表皮原、皮层原和中柱原的衍生细胞则分别分化为根冠、表皮、皮层和中柱(图1-5)。

在根的初生结构分化中,皮层细胞最早分化,然后是中柱和表皮。在中柱分化前,皮层原始细胞的体积先增大,细胞开始液泡化(图1-3);在中柱分化过程中,中柱鞘最先分化,接着在其内侧相对的两处分化出原生韧皮部筛管,以后在2个原生韧皮部束间,紧邻中柱鞘处分化出原生木质部导管(图1-4)。原生韧皮部筛管出现以后,在邻近筛管的内侧开始出现初生乳汁管细胞,随着原生韧皮部的增大,5~7个乳汁管细胞在韧皮部内侧连成一排,乳汁管细胞较筛管细胞大,其内部在乳汁存在(图1-4)。此时,维管柱外围的表皮和皮层已分化。表皮为一层细胞,排列紧密;皮层由4~6层薄壁细胞组成,其中内皮层的细胞的体积较小,排列紧密,细胞壁上出现凯氏带(图1-6)。其后,在原生韧皮部内侧分化出筛管、伴胞和韧皮薄壁细胞,组成后生韧皮部。此时,初生乳汁管的数目增加,分散在韧皮部中。在原生木质部导管分化成熟后,其内侧分化出多个大口径的导管和木薄壁细胞组成的后生木质部。以后,2个初生木质部束的导管群在根中央连接(图1-7)。在党参根初生结构中,木质部以二原型为主,偶见三原型,发生过程为外始式。至此,由表皮、皮层和中柱构成的党参根初生结构已分化完成。

2.1.3 根的次生生长:当初生结构中的后生木质部即将分化成熟时,在初生木质部和初生韧皮部之间的一些薄壁细胞首先恢复分生能力,进行平周分裂,形成2个弧形的形成层片断(图1-8),以后这两个形成层片断逐渐向两侧扩展,接着2条形成层弧之间,即初生木质部脊对着的中柱鞘细胞也转变为形成层细胞(图1-9),使2个形成层弧连接在一起,形成1个完整的形成层环(图1-10)。形成层环形成过程中,次生生长开始,在初生木质部和初生韧皮部之间的形成层细胞先开始切向分裂,向内产生次生木质部,向外产生次生韧皮部。新形成的次生木质部附加在初生木质部的两侧,新形成的次生韧皮部附加在初生韧皮部的内方。在维管形成层扩展成圆形的同时,中柱鞘细胞恢复分裂能力,进行平周和垂周分裂,形成2~3层扁平的细胞(图1-11),外层的细胞形成木栓形成层,木栓形成层向内产生栓内层,向外产生木栓层,最终形成次生保护组织周皮(图1-12)。至此,党参根的次生结构从外到内分别由周皮、次生韧皮部、维管形成层、次生木质部组成。

在多年生党参根的次生韧皮部中,筛管群和次生乳汁管群相伴而生,分散在薄壁细胞中,作径向排列(图1-13、15)。另一方面,由于维管形成层不断



G-皮层 CG-木栓形成层 CS-凯氏带 E-表皮 La-乳汁管  
Pa-薄壁组织 Pd-栓内层 Pe-中柱鞘 Ph-木栓层 PP-初生韧皮部 PX-初生木质部 SG-淀粉粒 SP-次生韧皮部  
ST-筛管

SX-次生木质部 V-导管 VG-维管形成层 (下图同)  
G-cortex CG-cork cambium CS-casparian strip E-epidermis  
La-laticifer Pa-parenchyma Pd-phelloderm Pe-pericycle Ph-phellem PP-primary phloem PX-primary xylem  
SG-starch granule SP-secondary phloem ST-sieve tube  
SX-secondary xylem V-vessel VG-vascular cambium  
(Following figure is same)

1-根尖纵切图 2-根尖横切面, 示初生生分组织 3~11-一年生主根横切 3-皮层和筛管的分化 4-原生木质部导管的分化 5-初生结构, 示皮层和中柱鞘 6-荧光显微照片, 示凯氏带 7-根的初生结构 8-成熟的后生木质部导管, 维管形成层在初生木质部和初生韧皮部间产生 9-维管形成层平周分裂 10-近圆形形成层 11-中柱鞘形成木栓形成层 12~15-多年生主根横切 12-木栓形成层平周分裂形成周皮 13-次生木质部, 维管形成层和次生韧皮部 14-外围的次生韧皮部与周皮 15-次生韧皮部的筛管与乳汁管。

1-Longitudinal section of root tip 2-cross section of primary meristem 3-11-cross section of one-year-old main root 3-differentiation of cortex and sieve tube 4-differentiation of protoxylem vessels 5-cortex and pericycle in primary structure 6-fluorescence micrograph, showing casparian strip 7-primary structure 8-mature metaxylem vessels, and origin of vascular cambium between primary xylem and primary phloem

9-periclinial division of cambium 10-circular cambium 11-cork cambium comes from pericycle 12-15-portion of cross section of perennial root 12-periclinial division of cork cambium to form periderm 13-secondary xylem, vascular cambium and secondary phloem 14-external phloem and periderm 15-sieve tube and laticifer in secondary phloem

图1 党参根的形态发生

Fig 1 Morphogenesis of *C. pilosula* root

形成新的次生韧皮部, 使得外围较早生成的次生韧皮部受挤压, 从而导致外围的韧皮射线和薄壁组织常出现裂隙(图1-14)。

2.2 根中储藏物: 通过PAS反应检测, 成熟党参根中存在大量淀粉粒, 其中靠近维管形成层的韧皮部薄壁细胞和韧皮射线淀粉粒的量最多, 外围被挤毁的细胞中淀粉粒的量较少, 木质部薄壁细胞和木射线中也有淀粉粒, 但较韧皮部少(图2-16~18)。苏丹II染色后, 未见明显的脂类物质在根中积累。

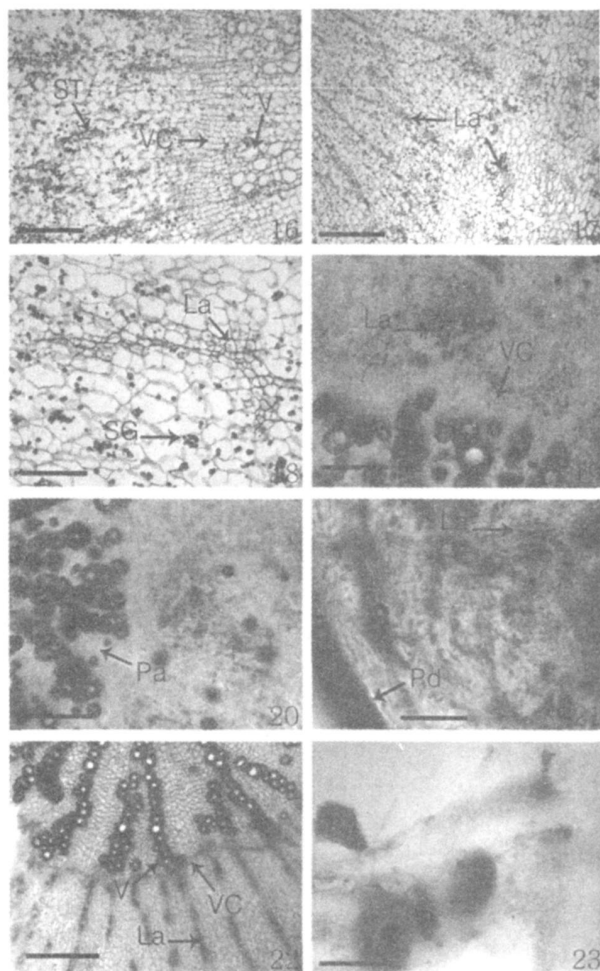
2.3 党参萜类、甾类成分的组织化学定位: 党参根中含有大量三萜类和甾醇类物质, 三萜类和甾类均能和显色试剂(5%香草醛-冰醋酸和高氯酸混合试剂)发生反应, 呈现出淡红→红→红褐色的颜色变化。在多年生根中, 木栓形成层、栓内层薄壁细胞及次生韧皮部均被染成红色, 维管形成层为淡红色, 次生木质部中薄壁细胞被染成红色, 其中次生韧皮部颜色最深, 而韧皮部中次生乳汁管存在部位又较之薄壁细胞部位颜色更深, 而木栓层和次生木质部的其他细胞不显色(图2-19~21)。同时, 经70%酒精浸泡72h的党参根对照材料中, 因溶去了萜类和甾类物质, 与显色剂不产生显色反应(图2-22)。

党参根新鲜材料中含有大量乳汁, 将乳汁涂抹于载玻片上, 滴加显色试剂(冰醋酸和高氯酸混合试剂), 乳汁呈现淡红→红→红褐色的颜色变化(图2-23), 未加显色剂的乳汁不显红色。

### 3 讨论

党参根的发育过程与一般多年生草本药用植物根的发育过程相似。从初生结构来看, 整个维管组织的直径仅占根横切面直径的1/4, 且初生木质部仅由7~10个口径很小的导管组成, 而皮层薄壁细胞在党参根的初生结构中占主导地位。成熟党参根以次生结构为主, 从根横截面直径上看, 次生韧皮部与次生木质部比例约为1:1, 而韧皮部中又存在大量的乳汁管和薄壁细胞。相比较其他药用植物, 在西洋参的根中, 薄壁细胞保持着很大比重<sup>[3]</sup>; 在地黄根中, 木栓形成层产生了多层栓内层薄壁细胞, 维管形成层产生了大量高度薄壁组织化的次生维管组织<sup>[4]</sup>; 在党参根的初生结构中, 皮层薄壁细胞占主导地位, 次生结构中, 次生维管组织占主导地位, 其中也以薄壁细胞为主, 维管分子分散在其中。因此薄壁细胞是党参根中的主要组成部分, 而薄壁细胞又是药用成分积累的主要部位。

乳汁管是桔梗科根中常见的分泌组织。沙参属植物的乳汁管除分布于韧皮部外, 在皮层与韧皮部



16~18 根横切面, PAS 反应显示根中淀粉粒 16 根次生结构中各部分的显色反应 17 根韧皮部的显色反应 18 16 的局部放大, 示淀粉粒和乳汁管 19~22 5% 香草醛-冰醋酸和高氯酸混合试剂对根中萜类、甾类物质的组织化学显色 19 根次生结构中各部分的显色反应 20 木质部薄壁细胞的显色反应 21 韧皮部及栓内层的显色反应 22 根横切面一部分, 除去萜类、甾类物质的对照 23 对乳汁的显色反应

16—18 cross-section of root with PAS reaction 16 histological coloration in perennial root 17 starch granule in phloem 18 amplification of Fig 16 19—22 cross-sections of root stained with 5% vanillin-acetic acid and perchloric acid, which is specific for terpene and steroid substance 19 histological coloration in perennial root 20 histochemistry reaction in parenchyma of xylem 21 histochemistry reaction in phloem and phelloderm 22 control study of terpene and steroid substance 23 histochemistry reaction of terpene and steroid substance in latex

图 2 党参根的组织化学

Fig 2 Histochemistry of *C. pilosula* root

交接处有断续成环的乳汁管群<sup>[5]</sup>。而其他科具有乳汁管的植物中, 乳汁管在韧皮部、栓内层、皮层或木质部薄壁细胞中均有存在。党参的乳汁管在筛管刚开始出现时就已经出现, 其位置在筛管内侧, 几乎是与筛管相伴而生, 在以后的发育过程中, 乳汁管一直存在于韧皮部中, 其数目随着韧皮部的增大而增加。在党参根的初生结构中, 乳汁管与筛管分子共同起

源于原形成层, 称之为初生乳汁管。在次生结构中, 乳汁管来源于维管形成层, 称之为次生乳汁管。党参根中的乳汁管与筛管分子具有同源性。

淀粉是地下营养器官常见的贮藏物质。党参根中也积累大量淀粉粒, 且淀粉粒在成熟根的次生韧皮部中的量最多, 次生木质部薄壁细胞中虽然也有积累, 但量低于韧皮部。

萜类和甾类物质是党参的主要药用成分<sup>[6]</sup>, 应用组织化学定位技术来确定有效药用成分在植物体中的分布和积累是一种有效的研究手段。在多年生党参根中, 木栓形成层、栓内层薄壁细胞、次生韧皮部及次生木质部的薄壁细胞中均含有萜类和甾类物质, 其中次生韧皮部量最多。在牛膝根中, 三生结构占成熟根的主要地位, 并且是三萜皂苷的主要储存场所<sup>[7]</sup>, 党参根次生结构是其成熟根的主要结构, 且次生结构中韧皮部宽广, 约占整个成熟根横截面直径的一半, 因而韧皮部是其药用成分的主要存在部位。另外, 韧皮部中又充满薄壁细胞和乳汁管, 乳汁量丰富, 对党参根的乳汁进行显色反应说明, 乳汁中也含有大量萜类和甾类物质。由此可见, 大量乳汁管的存在与党参药用成分的积累有密切关系。其他具有乳汁管的药用植物中, 乳汁管往往是药用成分积累的主要场所, 如罂粟碱积累在罂粟的乳汁管中<sup>[8]</sup>; 麻疯树的乳汁中含有多种药用成分<sup>[9]</sup>; 绿玉树乳汁中含有丰富的烯、萜、甾醇等物质<sup>[10]</sup>。党参的乳汁管也是其药用成分积累的主要部位, 乳汁管的数量可作为党参药材品质鉴别的主要依据之一。

#### 参考文献:

- [1] 张华容, 姜国辉. 党参药理与临床研究进展 [J]. 中医药信息, 1996(5): 17-21.
- [2] 中国药典 [S]. 一部. 2005
- [3] 苏红文, 胡正海. 西洋参根的发育解剖学研究 [J]. 西北植物学报, 1994, 14(2): 77-83
- [4] 肖玲, 赵先贵, 常思明. 地黄块根的发育解剖学研究 [J]. 西北植物学报, 1996, 16(5): 44-47.
- [5] 陈金铭, 王振月, 辛颖, 等. 8种沙参生药学研究 [J]. 时珍国医国药, 2006, 17(12): 2546-2548
- [6] 朱恩圆, 贺庆, 王峥涛, 等. 党参化学成分研究 [J]. 中国药科大学学报, 2001, 32(2): 94-95
- [7] 李金亭, 彭励, 胡正海, 等. 牛膝根的结构发育与三萜皂苷积累的关系 [J]. 分子细胞生物学报, 2007, 40(2): 121-129
- [8] Nerm K, Brian L, A study of the alkaloid in callusing plant tissues from a range of turkish cultivars of *Papaver somniferum* [J]. *Tr J Agri Forest*, 1999, 23: 377-381.
- [9] 刘焕芳, 廖景平, 唐源江. 麻疯树乳汁管的解剖学研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2006, 14(4): 294-300
- [10] 李政, 李凌. 二倍体与四倍体绿玉树乳汁管分布特征的比较 [J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(4): 333-337