植物科学学报 2013，31(3)：313～320
Plant Science Journal

DOI:10.3724/SP.J.1142.2013.30313

油茶芽苗砧嫁接口愈合过程解剖学研究

杨志坚，冯金玲，陈 辉*

（福建农林大学林学院，福建省油茶工程技术研究中心，福州 350002）

摘 要：采用石蜡切片法对油茶(*Camellia oleifera*)芽苗砧嫁接口的愈合过程进行组织解剖学研究。观察结果表明：(1)在嫁接后的第4天，嫁接口产生隔离层；在嫁接后的第8天，嫁接口的砧木产生愈伤组织；在嫁接后的第16天，嫁接口的接穗产生愈伤组织；在嫁接后的第22天，嫁接口的砧木与接穗连接；在嫁接后的第29天，嫁接口的形成层分化形成；在嫁接后的第35天，嫁接口的愈伤组织维管束形成，接穗连接成功。(2)油茶芽苗砧嫁接部位愈伤组织形成前，芽苗砧木的解剖结构在短时间内加速发育，逐渐与接穗的组织结构相似。(3)嫁接口的形成层和其它薄壁细胞组织均能产生愈伤组织，但形成层是其主要来源。

关键词：油茶；芽苗砧嫁接；愈合；解剖结构

中图分类号：S794.4　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2095-0837(2013)03-0313-08

Study on the Anatomical Structures in Development of the Nurse Seed Grafted Union of *Camellia oleifera*

YANG Zhi-Jian, FENG Jin-Ling, CHEN Hui*

(*Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University*, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Conventional paraffin sectioning was adopted to conduct anatomical examination of the nurse seed grafted *Camellia oleifera* union during development. Results showed that at day 4 after grafting, the nurse seed grafting union became the isolation layer; at day 8, the callus in the root stock was observed; at day 16, the callus was found in the scion; at day 22, the root stock connected the scion; at day 29, the nurse seed grafting union formed the vascular cambium; at day 35, vascular bundles was formed, which indicated that the nurse seed grafted seedling survived. Before induction of callus in the nurse seed grafted *C. oleifera* union, the primary organization structure of the stock accelerated growth and development, and gradually became similar to the structure of the scion. The cambium and other parenchyma cells in the grafted union could all be induced to produce callus, but the cambium was the principal source.

Key words: *Camellia oleifera*; Nurse seed grafting; Healing; Anatomical structure

油茶(*Camellia oleifera*)属于山茶科(Theaceae)，为我国特有的木本油料植物。茶油是世界公认的最佳食用保健油，油脂中不饱和脂肪酸含量高达94%以上，比橄榄油高1%，不含芥酸、黄曲霉素。油茶芽苗砧嫁接技术的应用和推广使优良的无性系得以大批量繁殖，为油茶产业化工程的启动奠定了优质苗木的基础[1]。目前油茶苗木培育以芽苗砧嫁接技术为主。

芽苗砧嫁接是用未展叶或展叶尚未木质化的幼嫩芽苗作砧木，嫁接胚芽、嫩枝或成熟枝条的一项新嫁接方法[2]。由于芽苗砧嫁接极大缩短嫁接砧木的培育时间，因此其在嫁接快繁方面具有重要意义。芽苗砧嫁接技术从1963年Moore提出至今，国外在柑桔(*Citrus reticulata*)[3]、樱桃(*Cerasus*

收稿日期：2012-08-27，修回日期：2012-10-28。
基金项目：福建省科技平台建设项目(2010N2001)；福建省农业科技重大项目(2010N5006)；高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20123515110010)；福建省教育基金项目(JA12115)。
作者简介：杨志坚(1978－)，男，硕士，讲师，从事森林培育和水土保持研究(E-mail：yzj1208@163.com)。
* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail：zjchchenh@163.com)。

pseudocerasus)[4]、猕猴桃(*Actinidia chinensis*)[5]、阿月浑子(*Pistacia vera*)[6]、苹果(*Malus domestica*)[7]、葡萄(*Vitis vinifera*)[8]、落叶松(*Larix gmelinii*)[9]和云杉(*Picea asperata*)[10]等植物上做过研究。我国则是在20世纪70年代引进此项技术，至今，主要对油茶[11]、银杏(*Ginkgo biloba*)[12]、板栗(*Castanea mollissima*)[13]、核桃(*Juglans regia*)[14]等植物展开过研究。目前在嫁接法[14]、接穗的选择[15]、嫁接时间[16]、栽培基质[17]等方面进行过初步探讨，尚未采用石蜡切片法对芽苗砧嫁接口愈合过程中组织解剖学进行研究。

本研究通过对油茶芽苗砧嫁接愈合过程进行解剖观察，以期全面了解芽苗砧嫁接愈合过程中的内部组织机理，判断嫁接愈合的关键期，从而为进一步研究油茶芽苗砧嫁接的生理生化、分子以及蛋白质组学等机理提供基础；另外一方面可以为油茶芽苗砧嫁接苗实施科学的管理措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2009年6月2日在实验室进行芽苗砧嫁接。砧木为油茶(*Camellia oleifera*)，其种子来源于福建省桐口林场的优良无性系。在嫁接前2~3月，筛选出籽粒饱满、健康的大粒种，在0.5%高锰酸钾溶液中浸泡0.5 h，清水漂洗干净，播种于深约20 cm的沙床内，铺平压紧，再覆5 cm左右的沙，浇透水，表面盖一层遮荫物保温保湿。待胚芽长到3~5 cm左右取出作砧木。砧木的茎段截留1.5 cm，根部留6 cm左右；接穗取同一株优树上健壮的半木质化的当年生枝条，长2~3 cm，留一芽一叶。嫁接后立即栽植于预先整好的苗床。株行距3 cm×10 cm。栽植时压实土壤，籽粒露在畦面，浇透水，盖上白色透明塑料薄膜。棚内的温度保持在28~30℃。

移栽后第4天至第26天每2 d取样一次，共取12次；至第35天每3 d取一次，共3次；至第45天每5 d取一次，共2次；至第55天最后取一次样，共取样18次。每次取样采用完全随机方法进行。取样得到的植株在流水中清洗干净，截取油茶芽苗砧嫁接苗嫁接结合部1~1.5 cm的茎段。解剖材料用FAA液固定保存，固定保存不少于48 h。

1.2 方法

材料转入50%的丙酮进行软化处理24 d。切取0.5 cm长的段块，分别浸渍在改良卡诺固定液(70%酒精3份+冰醋酸1份)中，抽气处理20 min，固定24 h后用水洗净余酸，用20%硫酸亚铁铵媒染30 min，冲洗后用爱氏苏木精浸染，2%碱性品红套染，24 h后洗去余色，氨水强化5 min。再经洗涤，用4%铁矾分色。采用常规石蜡切片法制片[18]，切片厚度10 μm，optec BDS200-FL倒置生物显微镜观察，佳能A650拍照[18-21]。

2 观察结果

2.1 嫁接时油茶茎结构

2.1.1 芽苗砧木茎结构

油茶芽苗砧木断面(见图1：A)，由外及里，分为表皮、皮层和维管柱(韧皮部、形成层、木质部及髓部)三部分。表皮组成部分有表皮毛及气孔器，表皮细胞排列整齐而紧密，外壁角质化。皮层由5~7层的薄壁细胞组成。维管柱由维管束、髓和髓射线组成；维管束由韧皮部、形成层和木质部组成。韧皮部由4层左右的细胞组成，筛管口径较大，伴胞口径小且深色，筛管与伴胞间隔排列。木质部由6层细胞壁被染成浅红色的细胞构成。木质部与韧皮部之间有2~3层排列整齐、扁平的、具有强烈而旺盛分裂能力的形成层细胞。髓射线为维管束间的薄壁组织，是中央的髓部作辐射状向外引伸的部分，内连髓部，外通皮层，横断面上呈放射状。木质部以内为髓部，含有大量的大型薄壁细胞、淀粉细胞、单宁小细胞与石细胞。淀粉细胞环绕在髓部外侧，由外向内细胞逐渐变大。髓部的面积是横切面总面积的2/3。

2.1.2 接穗茎结构

接穗茎结构也由表皮、皮层和维管柱三部分组成(见图1：B)。横切面上最外面的1~2层细胞的外壁角化，形成角质膜，可防止茎内水分过度散失和病虫侵入。皮层由厚角组织和皮层薄壁组织构成。靠近表皮有2~3层细胞，排列紧密，体积相对较小，为厚角组织。向内有4~5层、体积较大、排列疏松、有明显细胞间隙的薄壁组织。维管柱由次生维管组织和髓构成。次生维管组织由木质部、

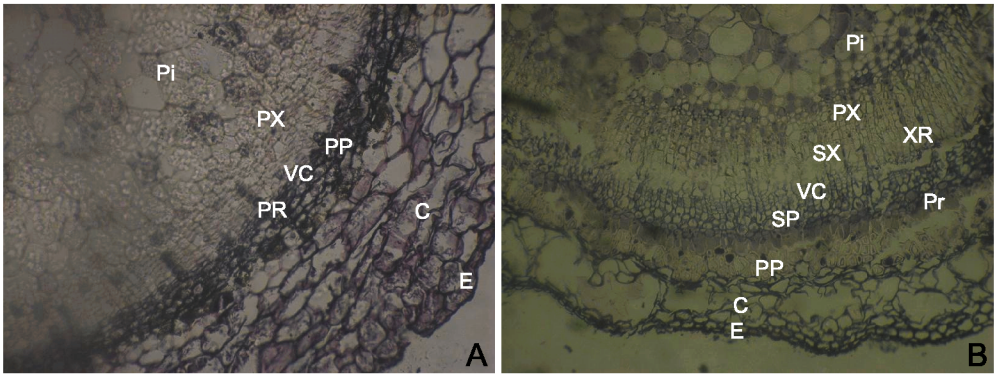
形成层和韧皮部组成。初生韧皮部在生长过程中，筛分子被挤压成狭细的 2~3 层细胞，无伴胞，具有厚的木质化次生壁的厚薄组织。次生韧皮部是含有筛管、伴胞和韧皮薄壁细胞的 3~4 层组织，筛管与伴胞间隔排列。维管形成层由 3~4 层的环状排列、扁平的细胞组成。木质部也分为初生木质部和次生木质部。随着砧木的发育，木质部的比例逐渐加大。靠近维管束形成层的次生木质部是由10 ~ 11 层染成浅红色的、壁不同程度增厚的细胞组成，包括导管与木纤维等。靠近茎中心的初生木质部细胞直径较小，3~4 层。维管射线由韧皮射线和木射线组成。在韧皮部内径向方向扩展呈喇叭状的薄壁细胞为韧皮射线。在初生木质部与次生木质之间存在由一列细胞径向方向排列的细胞带为木射线。初生木质部以内为髓部，含有大量的大型薄壁细胞、单宁小细胞与散生的石细胞。髓部的面积是横切面总面积的 1/2 左右。随着砧木的发育，其面积比例逐渐减少。

2.2　不同发育阶段嫁接口结构变化

油茶芽苗砧嫁接口从嫁接后的第 4 天至第 55 天进行连续切片表明，嫁接口经历了 5 个阶段，分别为隔离层产生期、愈伤组织分化形成期、愈伤组织连接期、形成层分化形成期和维管束分化形成期。

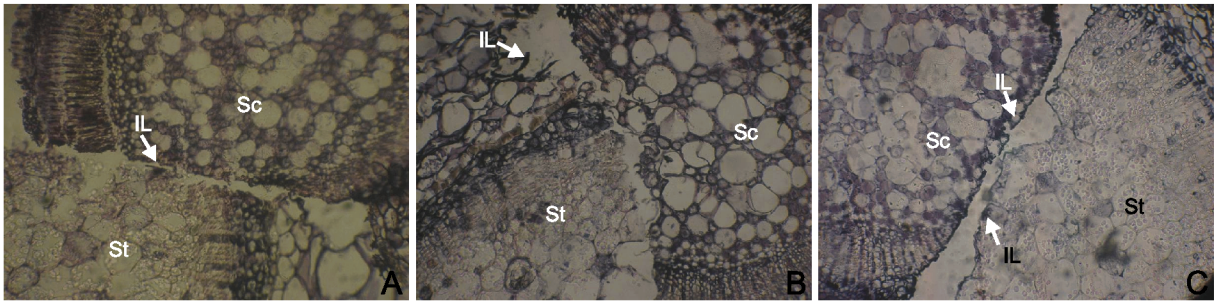
2.2.1　隔离层产生期

嫁接后第 4 天，嫁接口出现隔离层。切口细胞由于机械损伤，释放出细胞内含物，与残壁在酶的作用下被氧化，产生氧化缩合反应，形成高分子物质，并在伤口表面凝聚成一层深色的坏死组织，即为隔离层(图 2)。其在嫁接口愈合早期具有防止水分蒸发，保护伤口不被异物侵染的作用。接穗切口



A：初生结构；B：过渡结构。E：表皮；C：皮层；PP：初生韧皮部；VC：维管束形成层；PX：初生木质部；Pi：髓部；PR：髓射线；SP：次生韧皮部；SX：次生木质部；Pr：韧皮部射线；XR：木质部射线。
A：Primary structure；B：Transition structure. E：Ermis；C：Cortex；PP：Primary phloem；VC：Vascular cambium；PX：Primary xylem；Pi：Pith；PR：Pith ray；SP：Secondary phloem；SX：Secondary xylem；Pr：Phloem ray；XR：Xylem ray.

图 1　油茶茎的结构
Fig. 1　Structure of stem in *Camellia oleifera*



A：嫁接后 4 d 的横切图；B：嫁接后 6 d 的横切图；C：嫁接后 8 d 的横切图。Sc：接穗；St：砧木；IL：隔离层。
A：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 4 d；B：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 6 d；C：Anatomical transverse section in the nursinggraft union of *C. oleifera* after grafted 8 d. Sc：Scion；St：Stock；IL：Isolated layer.

图 2　隔离层产生期解剖学观察
Fig. 2　Anatomical observation on the isolation layer formation stage

处的深色坏组织比砧木的厚，有可能是接穗细胞的内含物中的单宁高于砧木。随着嫁接口的发育，砧木茎的结构加速发育，向接穗结构靠近(图2)。砧木茎中靠近表皮的细胞厚角化；皮层中的薄壁组织慢慢变为厚壁组织，薄壁组织层数减少；有明显的次生木质部和次生韧皮部的分化；木质部所占的比例越来越大，髓比例逐渐减小。在整个发育过程中木质部比例不断升高，髓部、皮层的比例不断下降。

2.2.2 愈伤组织分化形成期

2.2.2.1 砧木愈伤组织分化形成期

从嫁接后第8天开始，在隔离层产生的同时，砧木伤口附近的薄壁细胞、形成层与维管鞘脱分化，形成愈伤组织(图3：A，B)。在嫁接后第12天，砧木形成层的愈伤组织块明显大于其它形式产生的愈伤组织，说明形成层是愈伤组织产生的主要组织(图3：C)。在嫁接后第14天，砧木的愈伤组织无丝分裂迅速，在砧穗紧密结合处充满愈伤组织(图3：D)。

2.2.2.2 接穗愈伤组织分化形成期

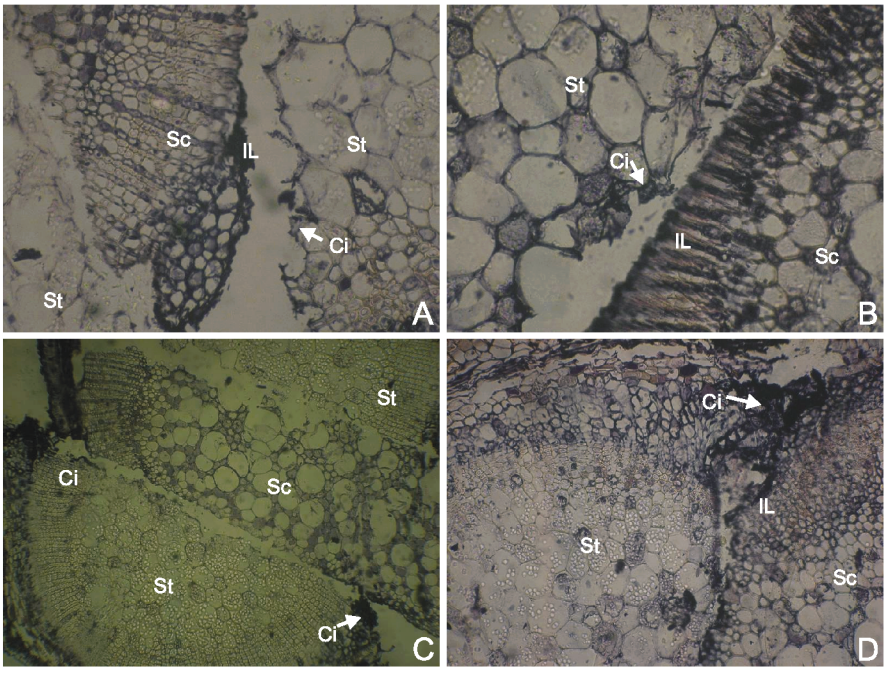
嫁接后16 d接穗伤口在隔离层下的薄壁细胞分化出愈伤组织(图4：A)。嫁接后18 d，接穗产生愈伤组织块与砧木产生的愈伤组织共同填充小接合缝(图4：B，C)。嫁接后20 d，接穗在形成层和维管束鞘处皆出现大量的愈伤组织(图4：D)。

2.2.3 愈伤组织连接期

在嫁接后22~26 d期间，愈伤组织不断分裂，体积不断扩大，填满了砧木与接穗之间的结合处，使砧穗的愈伤组织相互连接，成为一体，在砧木与接穗之间构建起了一个愈伤组织桥(图5：A，B，D，E)。这些愈伤组织慢慢填充了整个切口(图5：C，F)。在维管束形成之前，接穗对水分与养分的需求主要靠这个桥来运输。

2.2.4 形成层分化形成期

当砧穗愈伤组织连接不久(图6)，即嫁接后29 d，在新形成的愈伤组织边缘，与砧穗形成层相接触的薄壁细胞分化出新的形成层细胞，穿过砧穗形成层间的愈伤组织，使两者的形成层连接起来。

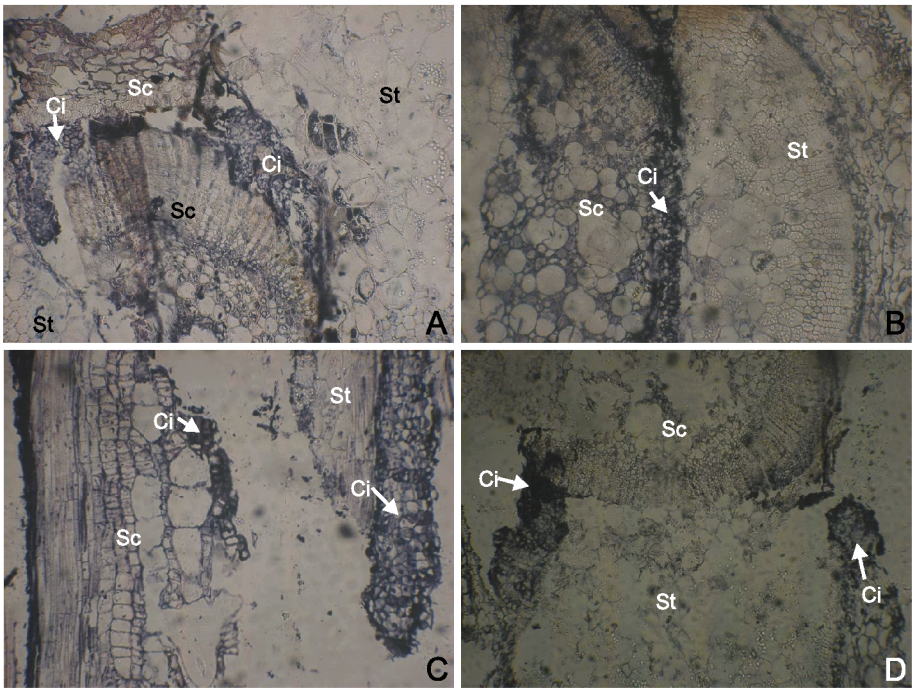


A：嫁接后8 d的横切图；B：嫁接后10 d的横切图；C：嫁接后12 d的横切图；D：嫁接后14 d的横切图。Sc：接穗；St：砧木；Ci：愈伤组织；IL：隔离层。

A：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 8 d；B：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 10 d；C：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 12 d；D：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 14 d. Sc：Scion；St：Stock；Ci：Callus；IL：Isolated layer.

图3 砧木愈伤组织分化形成期解剖学观察

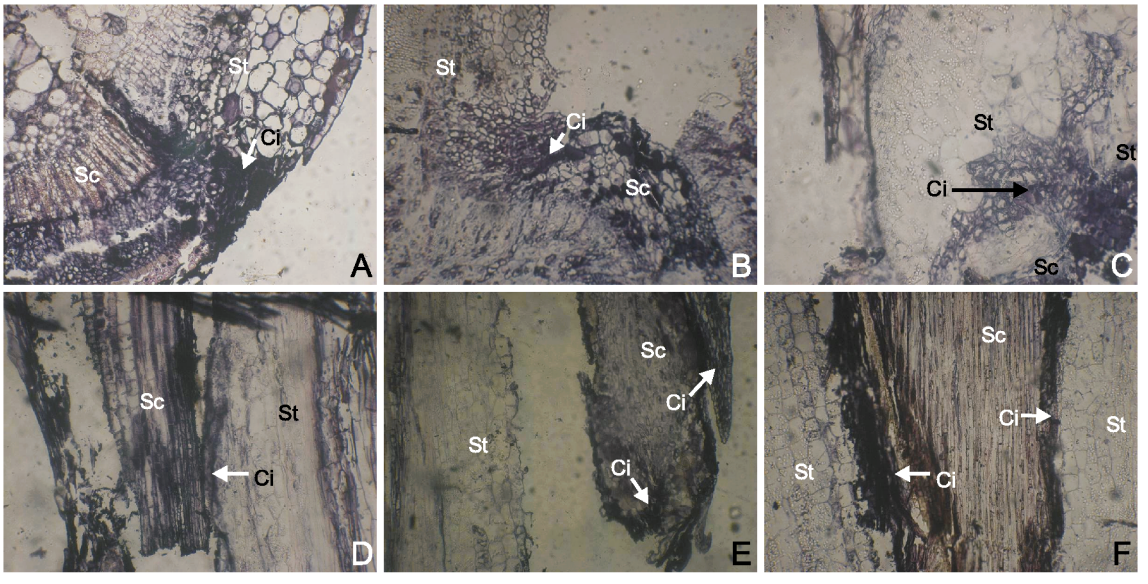
Fig. 3 Anatomical observation on callus differentiation and formation stage of the stock



A：嫁接后 16 d 的横切图；B：嫁接后 18 d 的横切图；C：嫁接后 18 d 的纵切图；D：嫁接后 20 d 的横切图。Sc：接穗；St：砧木；Ci：愈伤组织。
A：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 16 d；B：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 18 d；C：Anatomical longitudinal section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 18 d；D：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 20 d. Sc：Scion；St：Stock；Ci：Callus.

图 4　接穗愈伤组织分化形成期解剖学观察

Fig. 4　Aanatomical observation on callus differentiation and formation stage of the scion



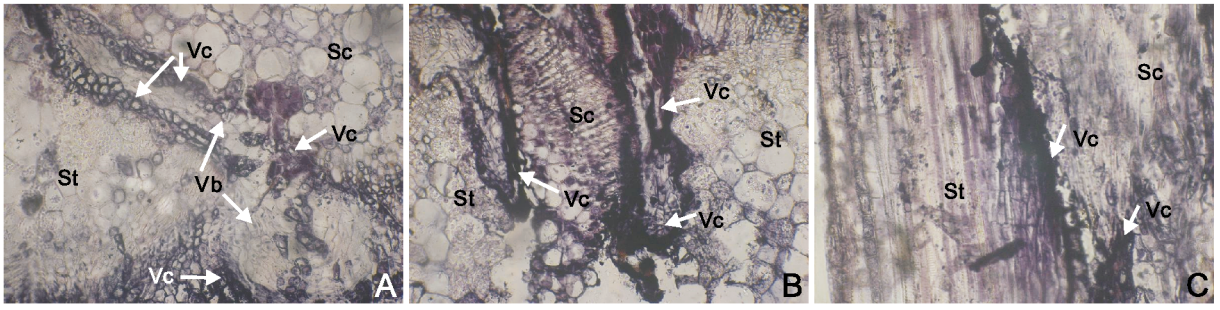
A：嫁接后 22 d 的横切图；B：嫁接后 24 d 的横切图；C：嫁接后 26 d 的横切图；D：嫁接后 22 d 的纵切图；E：嫁接后 24 d 的纵切图；F：嫁接后 26 d 的纵切图。Sc：接穗；St：砧木；Ci：愈伤组织。
A：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 22 d；B：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 24 d；C：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 26 d；D：Anatomical longitudinal section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 22 d；E：Anatomical longitudinal section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 24 d；F：Anatomical longitudinal section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 26 d. Sc：Scion；St：Stock；Ci：Callus.

图 5　愈伤组织连接期解剖学观察

Fig. 5　Anatomical observation on callus connection stage

2.2.5 维管束分化形成期

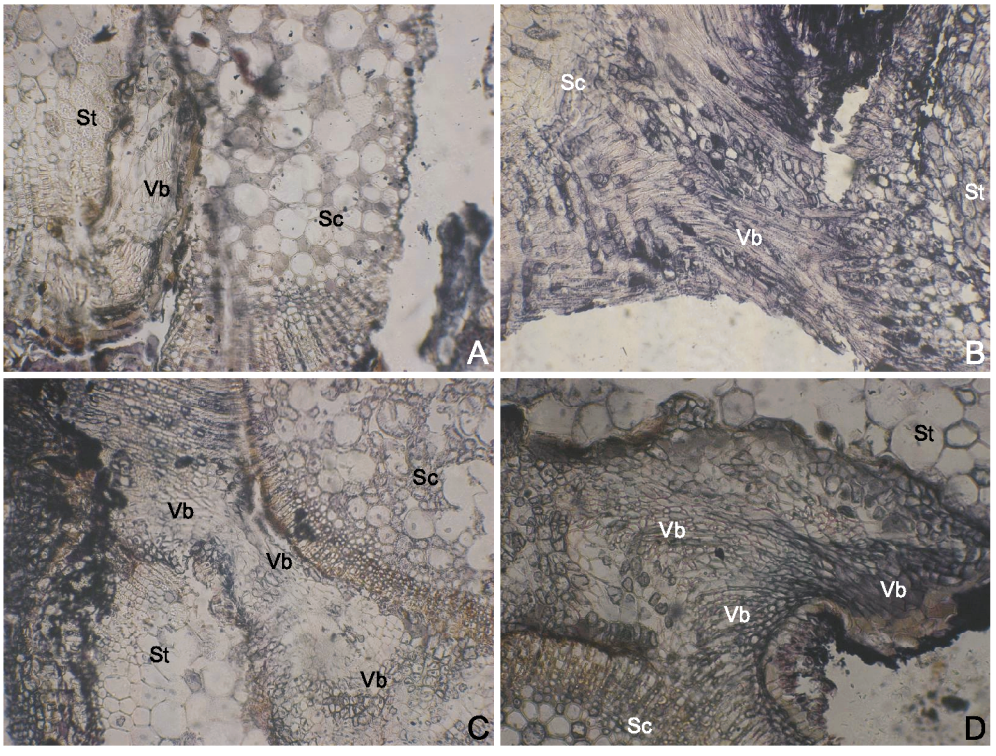
嫁接后第35天，形成层或某些薄壁细胞分化出新的导管和筛管来接通被切断的导管和筛管（图7）。砧木和接穗对新生维管束的分化彼此都具诱导作用，但以接穗的新生维管束的分化更突出。随着嫁接口的发育，新分化出的维管束扩大分化，小维管束变成大维管束，使输导组织范围扩大。接穗中的维管束分布发生变化，由规则排列变成不规则排列，呈现紊乱状态，形成维管束混合群体（图7）。



A：嫁接后29 d的横切图；B：嫁接后32 d的横切图；C：嫁接后32 d的纵切图。Sc：接穗；St：砧木；Vc：维管形成层；Vb：维管束。
A：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 29 d；B：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 32 d；C：Anatomical longitudinal section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 32 d. Sc：Scion；St：Stock；Vc：Vascular cambium；Vb：Vascular bundle.

图6 形成层分化形成期解剖学观察

Fig. 6 Anatomical observation on cambium differentiation and formation stage



A：嫁接后35 d的横切图；B：嫁接后40 d的横切图；C：嫁接后45 d的横切图；D：嫁接后55 d的横切图。Sc：接穗；St：砧木；Vb：维管束。
A：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 35 d；B：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 40 d；C：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 45 d；D：Anatomical transverse section in the nursing graft union of *C. oleifera* after grafted 55 d. Sc：Scion；St：Stock；Vb：Vascular bundle.

图7 维管束分化形成期解剖学观察

Fig. 7 Anatomical observation on the vascular cambium differentiation and formation stage

3　讨论

本实验结果表明，在嫁接后的第 4 天，嫁接口产生隔离层；在嫁接后的第 8 天，嫁接口的砧木产生愈伤组织；在嫁接后的第 16 天，嫁接口的接穗产生愈伤组织；在嫁接后的第 22 天，嫁接口的砧木与接穗连接；在嫁接后的第 29 天，嫁接口的形成层形成；在嫁接后的第 35 天，嫁接口的愈伤组织维管束形成，接穗连接成功。说明嫁接后的前 35 d 是在油茶芽苗砧嫁接苗成活的重要时期，尤其是在嫁接后的前 15 d 左右是决定油茶芽苗砧嫁接体能否形成的关键期。

嫁接口砧穗间的愈合过程基本都经历过隔离层的形成、愈伤组织的形成、连接、分化以及输导组织连接这几个阶段，但嫁接愈合所需时间却依植物种类、年龄、嫁接方法及时期的不同而有所差异。南瓜嫁接体在嫁接 8 d 后，接穗与砧木可以相互输导物质[22]；黄瓜苗嫁接体 12 d 完成愈合[23]；梨树嫁接体 20 d 分化出维管束[24]；山核桃嫁接体在接后 24 d 维管束桥形成[25]；银杏嫁接体 30 d 完成愈合[26]；而葡萄整个嫁接愈合过程却经历 40 d[27]。本实验得出油茶芽苗砧嫁接体在嫁接后第 35 d 维管束桥形成，说明嫁接体的成活时间与嫁接材料木质化程度有关。

王中英等[28]认为砧穗解剖结构相似度越大，亲和性越好。高志红等[29]在不同品种的甜柿嫁接体接合部的解剖研究中却得出解剖结构的相似度并不能预测嫁接亲和性。本实验的油茶芽苗砧嫁接的研究结果与王中英等的相似。油茶芽苗砧嫁接部位愈伤组织形成前，芽苗砧的解剖结构在短时间内由初生组织结构转化成次生组织结构，逐渐与接穗的次生组织结构相似。说明油茶芽苗砧嫁接时，接穗应选择相对较嫩的半木质化材料，以缩短嫁接愈合时间。

植物在年生长周期中，形成层细胞始终保持着旺盛的分裂能力，因而认为在嫁接中形成层的细胞分裂是产生愈伤组织的唯一来源[27]。但随着嫁接研究的深入，认为嫁接愈合过程除形成层外，皮层、韧皮部薄壁细胞、木质部薄壁细胞、髓部均能产生愈伤组织。但木本植物仍强调形成层在愈合过程中的作用[24,26,30,31]，嫁接时砧穗二者的形成层尽可能密接是愈合成活的必要条件。本实验也得到同样的结果，在愈伤组织形成初期，砧木与接穗的薄壁细胞都能产生愈伤组织，但到了愈伤组织连接分化时，则由砧木与接穗的形成层产生的愈伤组织迅速增长，充满整个接合缝，起主导作用。因此形成层是油茶芽苗砧嫁接体产生愈伤组织的主要来源，因此在嫁接操作时仍应尽量做到形成层对齐、密接，以提高嫁接成活率。

参考文献：

[1] 倪穗. 芽苗砧嫁接及在我国的研究现状与展望[J]. 宁波大学学报：理工版，2006，19(4)：451-456.

[2] 韩宁林. 芽苗砧嫁接[M]. 北京：中国林业出版社，1991：122.

[3] Abousalim A, Mantell S H. Micrografting of pistachio(*Pistacia vera* L. cv. Mateur)[J]. *Plant Cell Tissue Organ Cul*, 1992, 29: 231-234.

[4] Ewald D, Kretzschmar U. The influence of micrografting '*in vitro*' on tissue culture behaviour and vegetative propagation of old European larch trees [J]. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 1996, 44: 249-252.

[5] Jonard R, Soedharma I, Villemur P. Analysis of the influence of various factors on the improvement of successful micrografts in citrus[J]. *C R Acad Sci*, 1987, 305: 45-49.

[6] Ke S, Cai O, Skirvin R M. Micrografting speeds growth and fruiting of protoplast derived clones of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) [J]. *J Hortic Sci*, 1993, 68: 837-840.

[7] Martino L. *In vitro* micrografting of grapevine[J]. *Petria*, 1992, 2(Supp. 1): 17-25.

[8] Moore R. Graft formation in *Solarium penneliii* (Solannaceae)[J]. *Plant Cell Rpts*, 1984, 3: 172-175.

[9] Obeidy A A, Smith M A L. A versatile new tactic for fruit tree micrografting[J]. *Hort-Technology*, 1991, 1: 91-5.

[10] Oiyama I. Studies on polyploidy breeding in citrus with special reference to the production of tetraploid reeding[J]. *Bull Fruit Tree Res Stn*, 1992, 3: 68-72.

[11] 马德标，张天祥，马晟皓. 核桃芽苗砧嫁接育苗技

术[J]. 云南农业科技，2010(1)：38-40.

[12] 江德安. 银杏芽苗砧嫁接育苗研究[J]. 湖北农业科学，2002(3)：54-56.

[13] 吕井，杨乾洪. 板栗芽苗砧嫁接育苗技术成果初报[J]. 经济林研究，1999，17(1)：34-35.

[14] 范成民，董丽芬，朱帜，贾彩霞，王丽萍，程钰. 核桃芽苗砧嫁接方法研究[J]. 西北林学院学报，2008，23(4)：109-111.

[15] 王白坡，钱银才. 板栗芽苗砧嫁接育苗的研究[J]. 浙江林学院学报，1997，4(4)：320-323.

[16] 奚声珂，杨彬. 核桃微枝嫁接技术的研究[J]. 林业科学研究，1992，5(5)：531-535.

[17] 姚群，丁永电，黄良辉. 不同基质不同营养液对油茶芽苗砧木嫁接苗生长的影响[J]. 江苏农业科学，2009，5：177-178.

[18] 李正理. 植物组织制片学[M]. 北京：北京大学出版社，1996.

[19] 段瑞，封玲玲，王艾，苏雪慧，李同德. 泰山四叶参石蜡制片的实验研究[J]. 中国医药导报，2009，6(10)：41-43.

[20] 谭玲玲，蔡霞，胡正海. 狭叶柴胡各器官结构与其分泌道的分布规律[J]. 广西植物，2011，31(1)：20-24.

[21] 杨虎彪，李晓霞，罗丽娟. 植物石蜡制片中透明和脱蜡技术的改良[J]. 植物学报，2009，44(2)：230-235.

[22] 王幼群，杜中，韩静. 南瓜属植物离体茎段嫁接维管组织的发育过程[J]. 西北植物学报，2000，20(1)：54-58.

[23] 胡艳青，苏媛，韩风叶，苏敏莉，崔世茂. 嫁接黄瓜在愈合过程中的解剖观察和抗氧化酶活性的变化研究[J]. 内蒙古农业大学学报，2007，28(3)：224-230.

[24] 初庆刚，张长胜. 梨树嫁接愈合的解剖观察[J]. 莱阳农学院学报，1992，9(4)：256-259.

[25] 黄坚钦，章滨森，陆建伟，付敢伟. 山核桃嫁接愈合过程的解剖学观察[J]. 浙江林学院学报，2001，18(2)：111-114.

[26] 杨雄，李正理，沈雪珍，刘昌迎，马连宝. 银杏雌雄株间嫁接的愈伤组织发生[J]. 植物学报，1995，37(11)：909-912.

[27] 王淑英，石雪晖，谷继成. 葡萄嫁接愈合过程[J]. 葡萄栽培与酿酒，1998(4)：12-14.

[28] 王中英. 杏树砧穗解剖构造的研究[J]. 山西农业大学学报，1985(3)：38-42.

[29] 高志红，章镇，段锋. 甜柿砧、穗及其接合部解剖结构观察[J]. 江苏林业科技，1996，23(3)：21-24.

[30] 尹增芳，樊汝汶，甘习华，黄国兵. 美洲黑杨维管形成层发生发育的解剖学观察[J]. 南京林业大学学报，1999，23(6)：56-60.

[31] 张瑛，李鸿莉，彭宏祥. 毛葡萄与其杂种后代196砧穗组合的解剖结构观察[J]. 福建果树，2008，145 (2)：9-11.

（责任编辑：王豫鄂）