

桑树栽培生理

任迎虹 主编



四川大学出版社



桑树栽培生理

主	编	任迎虹		
编	委	任迎虹	湛晓芳	余前媛
		陈伟	单成海	

四川大学出版社

责任编辑:黄文龙
责任校对:佟瑞雪 潘 欣
封面设计:罗 光
责任印制:曹 琳

图书在版编目(CIP)数据

桑树栽培生理 / 任迎虹主编. —成都: 四川大学出版社, 2003.6

ISBN 7-5614-2696-8

I. 桑... II. 任... III. 桑树-栽培 IV. S888.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 086980 号

书名 桑树栽培生理

主 编 任迎虹
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
印 刷 郫县犀浦印刷厂
发 行 四川大学出版社
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 10
字 数 229 千字
版 次 2003 年 6 月第 1 版
印 次 2003 年 6 月第 1 次印刷
印 数 0 001~1 000 册
定 价 28.00 元

版权所有◆侵权必究

◆ 读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065

◆ 本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆ 网址:www.scupress.com.cn

内容简介

本书包含了桑树的形态特征与器官功能、生长发育与环境、光合生理、采伐生理、水分生理、矿质营养、生殖生理、叶质生理及攀西桑配套栽培技术等章节。本书结合攀西地区蚕桑生产实际，在编写中大量融入了作者近年来的试验研究成果，并参考了国内外近年来有关桑树生理生态和栽培技术等方面的研究论文，力求阐明桑树生长发育规律及其与栽培技术之间的关系，做到在理论上有所创新，对生产有所指导。本书是一本较为系统阐述桑树生理生态及栽培技术的专著，在一定程度上反映了我国桑树生理生态的研究水平，既可作为大专院校相关专业的教材，也可作为专业技术人员的参考书。

前 言

我国有五千多年的栽桑养蚕历史，桑蚕丝绸创造了中国古代闻名于世的“丝绸之路”的辉煌；如今中国作为世界最大的蚕茧、生丝、丝绸织物和服饰出口国，在世界蚕丝业占有举足轻重的地位。跨入 21 世纪，人类更加崇尚自然，蚕丝作为“绿色、环保”产品的代表之一，成为国际服饰消费的主流，由此积极推动着世界蚕丝业的发展。

随着科学技术的不断发展，蚕桑作为传统的劳动密集型产业，其科技含量也不断提高。西部大开发战略的实施，给西部地区蚕桑生产带来了新的发展机遇，而四川的优质蚕桑基地攀西地区在全国蚕桑生产中的地位亦更加突出。作者曾于 1997 年及 2000 年得到四川省教育厅和凉山州人民政府专项资金的资助，对攀西地区优良桑品种及配套技术进行了深入研究。该研究至今已历时 7 年，筛选出优良桑品种，制定了相应的配套措施，在攀西地区大力推广，作者还公开发表多篇桑树生理生态和高产优质栽培技术方面的研究论文。

《桑树栽培生理》是我国第一部桑树栽培生理专著，该书从桑树生物学特性、生长发育与环境的关系、桑树光合生理、采伐生理、水分生理、矿质营养、生殖生理及攀西桑配套技术等方面进行了系统总结，并大量融入了我们自己的试验研究成果，也参考了近年来国内外相关著作。该书旨在阐明桑树生长发育规律及其与栽培技术之间的关系，力求做到理论上有所创新，生产上有所指导。它既可作为大专院校相关专业的教材，也可作为专业技术人员的参考书。

本书共分九章，第一、三章由余前媛编写，第二、四章由任迎虹编写，第五、六、七章由湛晓芳编写，第八章由单成海编写，第九章由陈伟、任迎虹编写，全书由任迎虹统稿。在该书的编著过程中，我们得到了西南农业大学博士生导师余茂德、柯益富教授的指导和帮助，并提供了大量的参考资料，其中还有他们自己的研究成果。同时，西昌农业高等专科学校的夏明忠教授也对本书的编著提出了宝贵的意见和建议，徐忠老师为本书绘制了大量的插图，谨此一并致以诚挚的谢意。

限于我们的理论水平、研究手段和认识的局限性，书中难免有不当之处，恳请各位同行、专家和读者批评指正。

任迎虹

2003 年 6 月 3 日

目 录

第一章 桑树的形态特征与器官功能	(1)
第一节 桑树营养器官的形态特征与功能	(1)
一、根	(1)
二、茎	(4)
三、芽	(8)
四、叶	(10)
第二节 桑树生殖器官的形态特征与功能	(14)
一、花	(14)
二、桑椹和种子	(17)
参考文献	(18)
第二章 桑树生长发育与环境的关系	(19)
第一节 桑树的发育进程与生长周期	(19)
一、桑树的发育进程	(19)
二、桑树的生长与休眠	(20)
第二节 桑树各部分生长发育的相互关系	(22)
一、顶端优势	(22)
二、地上部分与地下部分的平衡	(23)
三、营养生长与生殖生长的相互关系	(23)
第三节 桑树对环境条件的要求	(24)
一、光照	(25)
二、温度	(25)
三、水分	(27)
四、空气	(28)
五、土壤	(29)
六、生物	(31)
七、环境污染	(32)
参考文献	(33)
第三章 桑树的光合生理	(35)
第一节 桑树个体的光合作用与物质生产	(35)
一、桑树光合作用的代谢途径	(35)
二、桑树光合作用与环境的关系	(37)

三、桑树光合作用与叶龄和叶位的关系	(39)
四、桑树光合产物的运输与分配	(40)
第二节 桑树群体的光合作用与物质生产	(41)
一、桑树群体光合作用的特点	(41)
二、桑树的栽植密度与群体结构	(44)
三、桑树品种与群体结构	(45)
第三节 光合作用与桑树高产生理	(49)
一、桑园中光能的吸收与转化	(49)
二、光能利用率	(50)
三、改善光合性能,提高桑叶产量	(51)
第四节 高产桑园的设计与管理	(57)
一、桑叶产量的基础	(57)
二、影响桑叶产量的因素	(57)
三、桑叶产量的测定	(58)
四、高产桑园的设计与管理	(59)
参考文献	(60)
 第四章 桑树的采伐生理	(61)
第一节 桑树的贮藏物质与利用	(61)
一、桑树树干与贮藏物质	(61)
二、贮藏物质对桑树生长的作用	(64)
第二节 桑树采伐的生理基础	(68)
一、剪伐对桑树的影响	(68)
二、不同采伐方式的生理效应	(69)
参考文献	(73)
 第五章 桑树的水分生理	(74)
第一节 桑园的水分状况	(75)
一、桑树的水分平衡	(75)
二、桑树的可利用水	(76)
三、桑树的生长与土壤有效水	(79)
四、桑园中的水消耗	(80)
第二节 水分胁迫对桑树的影响	(81)
一、生长抑制	(81)
二、光合作用下降	(82)
三、激素水平发生变化	(83)
四、呼吸作用的变化	(83)

五、影响质膜透性	(83)
六、蛋白质分解	(84)
七、核酸代谢破坏	(84)
第三节 桑树抗旱性的机理及提高桑树抗旱性的途径	(84)
一、桑树抗旱性的机理	(84)
二、提高桑树抗旱性的途径	(85)
第四节 桑园合理灌溉的生理基础	(86)
一、灌溉效果	(86)
二、灌溉时期	(86)
三、灌溉方法	(87)
参考文献	(88)
 第六章 桑树的矿质营养	(89)
第一节 桑树的营养生理	(89)
一、桑树的养分吸收与营养期	(89)
二、营养元素的生理作用与特性	(90)
第二节 桑树施肥	(93)
一、桑树施肥的必要性	(93)
二、桑树施肥原则	(95)
三、地力的维持与腐殖质	(96)
四、生物有机复合肥对桑树生长发育的影响	(97)
五、桑树对氮肥的吸收利用与氮素平衡	(97)
六、桑园施肥时期与施肥量	(100)
参考文献	(102)
 第七章 桑树的叶质生理	(104)
第一节 桑叶的化学性质	(104)
一、桑叶的化学组成	(105)
二、桑品种与桑叶的化学成分	(108)
三、叶位与桑叶的化学成分	(109)
四、日照与桑叶的化学成分	(109)
五、肥水及土壤与桑叶的化学成分	(110)
六、桑叶中的氨基酸与碳水化合物	(112)
七、桑叶的 pH 值	(112)
第二节 桑叶的物理性质及生物学鉴定	(113)
一、桑叶的厚度、韧性及导电性	(113)
二、叶质的生物学鉴定	(114)

参考文献	(117)
第八章 桑树的生殖生理	(119)
第一节 桑树的性表现	(119)
一、桑树的雌雄性	(119)
二、外界条件与桑的性表现	(119)
第二节 C/N 值与桑花形成和花性分化	(121)
第三节 缩短桑树开花年龄的途径	(123)
参考文献	(123)
第九章 攀西桑树品种与栽培技术	(125)
第一节 攀西桑树品种与分布	(125)
一、桑树品种与分布	(125)
二、攀西桑树栽培品种特性及配套技术	(126)
第二节 攀西桑树栽培技术	(131)
一、攀西桑树的育苗技术	(132)
二、攀西桑树栽植的主要形式	(133)
三、攀西桑树的栽植方法	(135)
四、攀西桑树的嫁接管理	(136)
五、攀西桑树的树型培养	(139)
六、攀西桑树的采伐方式	(142)
七、攀西桑树的肥培管理	(143)
参考文献	(146)

Contents

- Chapter One:** Mulberry's morphological character and organ's functions
- Part one: Mulberry's vegetative organ's features and functions
 - Part two: Mulberry's reproductive organ's morphological character and functions
- Chapter Two:** The relation between mulberry's growth development and environment
- Part one: Mulberry's development process and growth periodicity
 - Part two: The correlation between mulberry's organ's in growth and development
 - Part three: Mulberry's requirements for environmental conditions
- Chapter Three:** Mulberry's photosynthetic physiology
- Part one: Mulberry's individual photosynthesis and substance production
 - Part two: Mulberry's mass photosynthesis and substance production
 - Part three: Mulberry's photosynthesis and high yielding physiology
 - Part four: Design and management of high yielding mulberry field
- Chapter Four:** Mulberry's picking and prunty physiology
- Part one: Mulberry's substance storage and reproduction
 - Part two: Physiological foundation of picking and prunty
- Chapter Five:** Mulberry's water physiology
- Part one: Water situation of mulberry field
 - Part two : Water threat's effect on mulberry
 - Part three: Mulberry's drought - resistance physiology and ways to promote drought - resistance
 - Part four: Physiological foundation of rational irrigation
- Chapter Six:** Mulberry's physiology of mineral nutrients
- Part one : Mulberry's nutritive physiology
 - Part two: Mulberry's rational fertilization
- Chapter Seven:** Mulberry's physiology of leaf quality
- Part one : Chemical characteristics of mulberry leaf
 - Part two: Physical and biological characteristic of mulberry leaf
- Chapter Eight:** Mulberry's reproductive physiology
- Part one: Mulberry's sex expression
 - Part two: C/N value and flower formation and flower sex differentiation
 - Part three: Methods of shortening the age of mulberry blossom
- Chapter Nine:** Mulberry's varieties and planting technology in Panxi area
- Part one : Mulberry's varieties and distribution in Panxi area
 - Part two: Mulberry planting in Panxi area

第一章 桑树的形态特征与器官功能

概述：桑树属多年生、阔叶型、落叶性植物、乔木或灌木，其形态上有根、茎、叶、花、果实和种子等器官。桑树在一年的生长中，春季萌芽抽枝生长，经夏秋后，到冬季落叶休眠，表现出一定的生长周期。其生长发育状况，不是简单的重复，而是逐渐地由幼年发育到成熟直至衰老。桑树个体发育经幼年到成年直至衰老死亡，在各个生长发育阶段均表现出各自不同的生理特点。桑树的形态结构、生长发育，不仅受遗传规律的支配，也受所处环境条件和栽培管理技术的影响。因此，了解、掌握桑树的这些性状和规律，对于栽好桑树，取得良好的效益有重要意义。

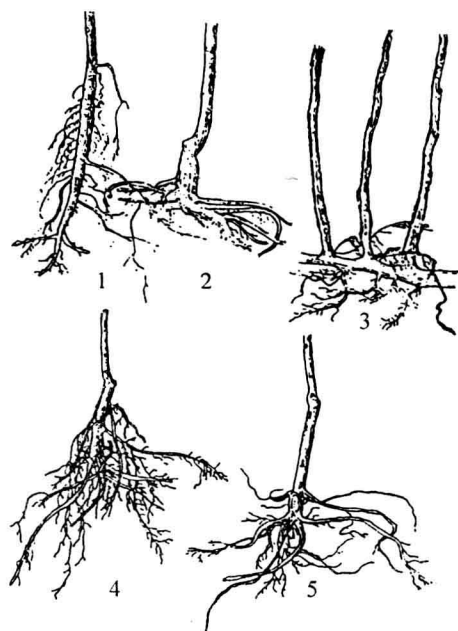
第一节 桑树营养器官的形态特征与功能

一、根

根是桑树的地下部分，也是重要的营养器官，具有吸收和运输水分及养分，合成和贮藏有机营养物质，固定和支持树体的作用。桑根还能分泌有机酸，促使矿物质溶解，便于桑根吸收利用。根在土壤中还能不断深入扩展，占据很大的范围，便于从土壤中吸收水分和养分以源源不断地供给地上部分生长发育的需要。桑树属直根系，但由于苗根的来源（实生、嫁接、压条、实生桑扦插、胡桑扦插）不同，根系的生长发育状况也各异（图1-1）。

（一）桑根的分化和根系形成

由种子播种长出的植株，其根由种子的胚根发育而来，垂直向下生长的被称为主根；由主根再分化出侧根、支根、须根，向四周不断辐射扩散，形成强大的根系，即直根系。由扦插、压条等无性繁殖植株的根系来自繁殖器官的根原体、愈伤组织或具有分化能力的薄壁组织，因而没有明显的向下垂直生长的主根，但具有数条粗大根系，有的也向下生长或向四周辐射扩散生长。主根有无也不完全决定于植株的来源。例如广东桑，虽由种子播种，但没有垂直向下生长的主根，而有庞大的扩散生长



1. 实生苗根 2. 嫁接苗根 3. 压条苗根
4. 实生桑扦插苗根 5. 湖桑扦插苗根

图 1-1 桑苗的根

的根群，这就是广东桑品种的一大特点。

实生桑与无性繁殖的桑，在树龄、树势上有显著差别，这与主根的有无、根系分化的程度、根系扩展的深广有直接关系。

(二) 桑根的形态构造

1. 桑根的颜色、根毛和皮孔

桑的须根为白色，幼小细根为淡黄色，粗大根为黄褐色。须根先端的根毛，是根吸收水、肥的主要器官。根毛的寿命很短，只有几天即枯萎脱落，由新生的根毛所代替。桑树剪伐或遇干旱、盐碱等危害以及进入休眠时，根毛也将枯萎脱落；重新进入生长后，又可长出新的根毛。根的表面还有皮孔，是根系呼吸、内外气体交换的器官。幼小根的皮肤小而圆；粗大根的皮肤则呈椭圆形，大而突出，横向排列，内有紫色粉末状填充物。

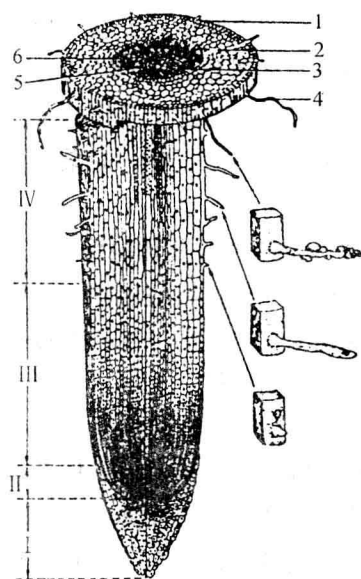
2. 根尖

所有根尖都是活细胞。桑须根先端直径小于 1mm~2mm 处称为根尖，由下而上又分为根冠、生长点、伸长区和根毛区等四部分。生长点为初生分生组织，具有旺盛的分裂能力，向前分裂产生根冠，向后分裂产生伸长区。根冠为数层细胞，能分泌有机酸以溶解土壤矿质颗粒，有利于根在土壤中的生长，并保护生长点不受土壤颗粒擦伤。根冠细胞由于磨损而经常脱落，再由生长点分裂产生新的根冠细胞，代替旧的细胞，起保护作用。伸长区细胞呈圆柱形，有较强的伸长生长能力，以推动根尖向深广的土壤中伸展。根毛区表皮细胞外壁向外突出，形成根毛，以扩大根与土壤接触的面积。

桑根的内部构造可分为初生构造和次生构造，两者有所不同。

(1) 初生构造。须根先端的根尖部分为初生构造，从根毛区横切面可以看到其外为表皮，其内为皮层和中柱。表皮细胞薄而透明，排列紧密，无角质层。皮层细胞与表皮和中柱接触处排列紧密，皮层中部细胞大而且排列疏松，皮层细胞中含有淀粉粒，是有机营养物质贮藏的场所。中柱外为圆环状的中柱鞘细胞，排列紧密，将来可分化产生侧根、形成层和木栓形成层。中柱鞘内有初生木质部、初生韧皮部和薄壁组织，中柱内初生木质部相对排列成两束，初生韧皮部与其相间排列，叫做二原型中柱；少数桑树中柱内初生木质部有排列成三束的，叫做三原型中柱。薄壁细胞散存于木质部与韧皮部间，根毛区吸收的水、肥是透过表皮进入中柱内，由木质部向上运送；有机营养物质则通过韧皮部上下运送。中柱中的形成层呈片状，分布于初生木质部与初生韧皮部间（图 1-2）。

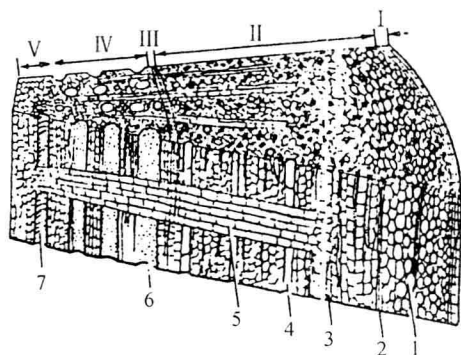
(2) 次生构造。根毛区以上根的组织构造不



I. 根冠 II. 分生区 III. 伸长区 IV. 根毛
1. 表皮 2. 皮层 3. 中柱 4. 根毛
5. 初始韧皮部 6. 初始木质部

图 1-2 桑根的初生构造

断完善,形成次生构造(图1-3)。其特点是中柱鞘细胞外侧逐渐分化形成木栓形成层,此木栓形成层向外分裂产生木栓层,向内分裂产生栓内层。木栓层中充满木栓质,是水分和气体的不良导体。由于木栓层的不断增厚,致使根的表皮和皮层得不到根内水分和养分的支持而枯死剥离,木栓层即成为根的次生保护组织,通称为周皮。中柱鞘的一部分细胞包围于形成层环内,一部分薄壁组织居于中柱的中心,成为髓。形成层是次生分生组织,向外分裂产生次生韧皮部,向内分裂产生次生木质部,使根不断增粗。次生韧皮部细胞进一步分化形成韧皮薄壁组织、韧皮纤维、筛管、伴胞。韧皮薄壁组织发达,细胞壁薄,内含淀粉粒,代替初生皮层,成为有机营养物质的贮藏场所。韧皮纤维分散于韧皮部中,筛管、伴胞都是活细胞,是有机营养物质上下运送的通道。根系韧皮部内还有少量乳管。周皮和次生韧皮部合称为皮层或皮部。次生木质部进一步分化形成木质薄壁组织、木质纤维、导管和管胞。木质薄壁组织为活细胞,内含淀粉粒,有一定的贮藏功能,木质纤维分散于木质部中。导管和管胞是根部吸收的水分、无机盐类向上运送的通道。次生构造的根部皮层厚,木质部较薄,髓部小。侧根由中柱鞘细胞分化而成,故主根、侧根、支根、须根的维管束是上下相互连通的。

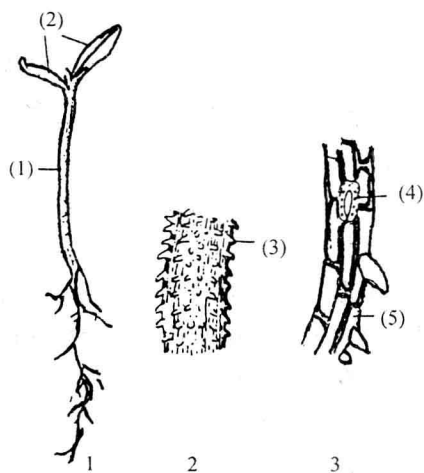


I. 周皮 II. 韧皮部 III. 形成层
IV. 木质部 V. 髓
1. 韧皮薄壁细胞 2. 韧皮纤维 3. 乳管
4. 筛管 5. 髓射线 6. 网纹导管 7. 螺纹导管

图1-3 桑根的次生构造

3. 根颈部

根茎交界处称为根颈部,实生桑根颈部由下胚轴发育而来。幼苗子叶展开后至5~6片真叶时的根颈部为初生构造,外圈由圆柱形表皮细胞覆盖;有些表皮细胞外壁突出,形成表皮毛,表皮细胞间有少量气孔。这种初生构造对外界环境的耐受力弱,对土壤干旱、盐碱、淹水、病虫等抵抗力差,播种育苗时需加以注意。随着植株的生长,次生构造的形成,根颈部对环境的适应力增强。根颈部发育阶段,在薄壁细胞中贮藏有较多的养分,具有较强的生活力;所以,此阶段在根颈部嫁接,成活率很高;用幼苗根颈部进行组织培养,易获得新植株。扦插、压条所得的植株,无真正的根颈部,但仍有根茎交界的痕迹。桑树幼苗根颈的表皮构造如图1-4所示。



1. 子叶展开时的幼苗
2. 下胚轴组织 3. 下胚轴表皮
(1) 下胚轴 (2) 子叶 (3) 表皮毛
(4) 气孔 (5) 表皮细胞

图1-4 桑树幼苗根颈的表皮构造

（三）根的伸展和分布

根在土壤中的伸展和分布与桑根系的形成与分化有关，也受树形、剪伐及土壤质地、结构、通透性及地下水位等因素的影响。实生桑、乔木型、高干树型的植株一般具有垂直向下生长的粗大主根，侧根、支根也大而多，向四周呈辐射扩散状。

一般说来，根系扩展面积要比树冠大3~5倍。吸收根主要分布于地表以下30cm左右。根系的活动随地温的变化而变化。处于冬季休眠状态的桑树，根系的活动并不完全停止。地温5℃时，根系开始吸水；当地温上升到12℃时，根系活动加强。

二、茎

茎是桑地上部分的骨架，主要起支持树体，输导水分、养分，支配叶片在空间分布等作用。与多年生木本植物一样，桑的茎一般分化为主干、支干、枝条，其形态功能各有特点。

（一）主干、支干和枝条的形成和分化

实生桑的主干由胚轴顶端的生长点不断伸长分化，有规律地形成节和节间。一年生实生苗称为年苗或苗条，以后不断增粗长大，成为植株主干。苗条的节部具有侧芽，萌发抽长后即成为侧枝，发育成为支干，再抽长出枝条，逐渐成为不同级次的支干。在最上一级支干上抽长出的许多一年生枝条即组成树冠。

实生桑的主干和下级支干发育阶段较幼小，在以后的生长中，在一定条件下，它们可萌蘖出生长发育旺盛的徒长枝；所以，栽培上可将其用来培育或更新衰老的植株。无性繁殖的植株，其主干、支干来源于不同程度发育的器官，其后的生长发育是在原有发育基础上的继续和发展；比较起来，这些主、支干容易出现老化现象。

枝条由最上一级支干抽长出来，其是着生叶片的主要器官，对以采叶为主的桑树来说，也是最具有生产能力的部分。一个植株可抽长出若干枝条，形成树冠。一般，主干高，支干级次多的植株，一年生枝条抽长也多，树冠也强大；主干矮小，支干级次少的植株，树冠的枝条数量也少。

（二）主干、支干的组织构造

1. 周 皮

主干形态构造上的显著特点是随着树龄的增长，树皮增厚并龟裂为条纹状，这是由于木栓层增厚并失水干涸所致，但桑树的树皮仍紧贴树干而不致剥离或脱落。树皮即为周皮，各部细胞分化完全成熟，其内依次为韧皮部、形成层、木质部、髓部，与主侧根构造相同。

2. 韧皮部和木质部

韧皮部在周皮内，由侧生分生组织形成层向外分裂产生。韧皮部内有韧皮薄壁组织、韧皮纤维、筛管、伴胞。除韧皮纤维外，韧皮部多为含有原生质和细胞核的活细胞。韧皮薄壁组织与树皮一道形成皮层，担负着贮藏有机营养物质的功能；韧皮纤维起机械支持作用；筛管和伴胞是有机营养物质上下运输的通道。形成层向内分裂产生木质部，其内有木质薄壁组织、木质纤维、导管、管胞，除木质薄壁组织外都是失去原生质和细胞核的死细胞，只剩下

胞壁，相互连接成管道，起着水分、无机盐类向上运输的作用。

接近形成层的新分裂产生的韧皮部和木质部为次生韧皮部和次生木质部，多为活细胞。远离形成层的以往产生的部分叫做初生韧皮部和初生木质部，多为死细胞，尤其初生木质部中的死细胞更多。

3. 形成层

形成层是由活细胞构成的组织，介于韧皮部和木质部之间，属次生分生组织，树干的增粗长大，即为形成层不断分裂的结果。形成层在植株休眠时仅剩一层母细胞，进入生长状态后，形成层的母细胞分裂旺盛，产生出5~7层活细胞。在生长期中，形成层由外向内分裂产生韧皮部和木质部时，分裂速度并不一样，一般向外分裂产生一个韧皮部细胞时，向内分裂将产生4~5个木质部细胞，因此一般树干韧皮部薄而木质部特别发达。

4. 年轮

形成层的细胞分裂活动与季节、气候有密切关系。秋季气温较低，形成层分裂活动弱，形成的木质部细胞小，排列紧密；到了夏季，气温升高，形成层分裂活动旺盛，形成的木质部细胞体积大，排列疏松。因此，在主、支干上，由于季节不同，形成层分裂产生的木质部细胞体积大小和排列疏密程度不同。在木质部上显现出季节交替所留下的同心圆状的轮环，这就是年轮。根据年轮的多少，可以计算出桑树树龄的大小。但是栽培桑树时，因采叶剪伐的关系，主、支干上会出现假年轮，但一般不能作为推断树龄的依据。

5. 髓部

主、支干的中心是髓部。年龄较老的植株，主、支干的髓部为树胶、树脂等物质所填充，变得坚硬紧密，显现出紫褐色，并具有光泽，散发出清香气味；但采叶剪伐过多的桑树，髓部常常腐烂空心，呈现出衰老并容易破裂折损的状态。

6. 乳管及乳汁

在组织构造上，桑科植物的一大显著特点是具有乳管的构造并能分泌乳汁。乳管存在于皮层和韧皮部中，地上部分乳管发达；乳管中分泌着丰富的乳白色乳汁，乳汁中含有少量的脂肪、糖类、蛋白质，但大量是树胶、树脂、单宁等胶性物质，基本上无营养作用。在皮层被切开流出乳汁后不久，树干因乳汁流干失水则会形成胶膜，用以封闭伤口，阻止树液过度流失，并防止外界的病原入侵。乳汁在植株深度休眠时分泌少，浓度大，粘性较强；休眠后期，植株在即将萌发生长时，乳汁分泌多，浓度变淡，粘性降低，呈乳白色；进入旺盛生长期后，乳汁分泌量多，但更为清淡，粘性更低，状如树液。桑树嫁接时可利用乳汁粘稠度检验接穗含水量是否适度，并可将其作为封闭嫁接伤口之用。

主、支干和枝条皮层内及一些薄壁细胞中均贮藏有淀粉等有机营养物质，用于提供植株生长发育所需的养分。

(三) 一年生枝条的发生及形态构造

1. 枝条

一年生枝条是由最上一级支干的定芽或潜伏芽萌发抽长而来的，最初抽长出来的枝条幼嫩，表皮薄而透明，其中含有白色体，在光下可转变为叶绿体并能进行光合作用，称为新梢。早春发芽抽枝时，由于气温低，新梢顶端的花青素即显出红色，有些品种的新梢顶端花

青素显出深红色，其被称为红顶桑或火桑。

由春到夏，新梢抽长速度加快，表皮皮层间的木栓层出现，并不断增厚，枝条即失去绿色。由于品种不同，所产生的木栓层颜色也不同，这时枝条的皮色即表现出该品种固有的颜色，也即是木栓层的颜色。枝条皮色常为灰白、青灰、黄白、黄褐、紫褐等色调，如小冠桑枝条为灰白色，鸡桑为青灰色，源桑为黄白色，大红皮桑为紫褐色等，所以枝条皮色可作为识别桑品种的依据之一。

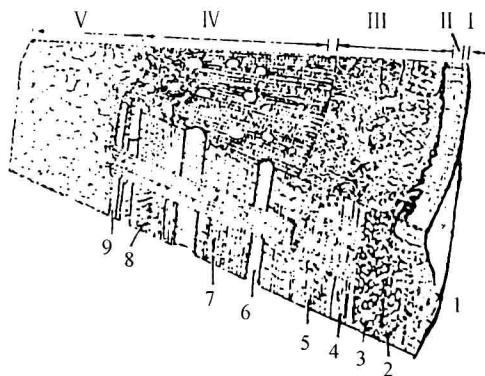
枝条皮色由青绿转为品种固有色时，这种枝条即称为主枝。主枝上如有侧芽萌发，则称为侧枝。主枝到冬季落叶休眠时即称为冬条。所以桑树的一年生枝条在生长期由于季节和长相不同，有新梢、主枝、侧枝（秋梢）、冬条等不同名称。冬季到翌年春季，主枝上的侧芽萌发后主枝即成为老条。即新的一级支干，其上的定芽或潜伏芽萌发，又沿着新梢—主枝—冬条的顺序进行着年复一年的生长发育活动。

新梢顶端是生长锥，为原始分生组织，其中心是生长点，其表面有规则地形成若干突起，这些突起将发育成幼叶、腋芽、节和节间，这个生长锥即成为顶芽。生长锥由生长点分裂产生出伸长区和成熟区。伸长区细胞呈圆柱形，有强烈的伸长作用，导致新梢向上抽长。伸长区后是成熟区，此区细胞已开始分化。成熟区表皮细胞薄而透明，表皮上分布有皮孔和气孔。皮层内含叶绿体，能进行光合作用。皮层以内是中柱，中柱细胞分化为维管束和薄壁细胞，但与根的初生构造不同之处在于，根的初生构造没有中柱鞘，中柱内维管束排列为圆环状，韧皮部在外，木质部在内，形成层在二者中间，薄壁组织大，而且多位于成熟区中心。

成熟区后由于表皮皮层间木栓层出现而产生出周皮，成为新的保护组织。木栓层由木栓形成层分裂产生，可不断加厚，保护枝条内部水分不致散失。中柱内各个维管束连接起来形成统一的圆环，形成层即成为侧生分生组织，向外分裂产生次生韧皮部，向内分裂产生次生木质部，薄壁细胞居于中心成为髓部。枝条的生长增粗即由形成层不断分裂所致，形成枝条的次生构造。枝条次生构造与主、支干基本相同，只是中心髓部比主、支干发达，所占比例较大，并由髓部向木质部和韧皮部横向辐射延伸出髓射线。髓部和髓射线均为薄壁组织，可贮藏水分和养分，髓射线有向木质部和韧皮部横向运送水分、养分的功能。枝条次生构造中韧皮部的韧皮薄壁组织较发达，含有叶绿体和淀粉粒，可代替皮层的贮藏营养物质的功能，剥开枝条皮部可见到绿色。桑树枝条的次生构造如图 1-5 所示。

2. 节和节间

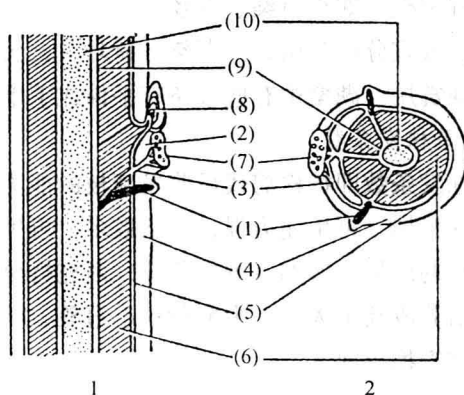
枝条上着生叶和芽的地方叫



I. 表皮 II. 木栓层 III. 韧皮部形成层 IV. 木质部 V. 髓部
1. 皮孔 2. 乳管 3. 皮层细胞 4. 韧皮纤维 5. 筛管
6. 网纹导管 7. 髓射线 8. 螺旋导管 9. 环纹导管

图 1-5 桑树枝条的次生构造

做节，两节之间叫做节间。在节部有沟通茎叶输导作用的维管束，叫做叶迹，各种植物的叶迹束数不同。桑枝条节部的叶迹有3束，从髓部伸向叶柄。在枝条节部横切面上可见到每束叶迹处有宽阔的维管束间隙，这一区域叫做叶隙，叶隙由薄壁细胞组成，内含贮藏物质。节部叶柄脱落后留下的痕迹叫做叶痕，叶痕因品种不同，有圆形、半圆形、半月形、马蹄形等形状。叶痕的两侧和下方有能分化产生新根的组织，叫做根原基（图1-6）。根原基起源于形成层细胞的分裂活动，随着



1. 枝条纵剖面 2. 枝条横断面
(1) 根原基 (2) 叶隙 (3) 叶迹 (4) 韧皮部
(5) 形成层 (6) 木质部 (7) 叶痕 (8) 芽
(9) 髓界部 (10) 髓

图1-6 叶痕、叶隙和根原基

枝条的木栓化，在根原基内部将出现初生木质部等组织。有的桑品种根原基贯穿叶隙，突出于枝条节部、叶柄的下面和两侧，如实生桑、小冠桑、剑持桑；有的桑品种根原基隐没于叶隙内，如潮桑；有的桑品种不形成根原基，如山明桑。根原基多而发达的品种，枝条扦插时有可能生根。节部着生芽的地方有芽褥，芽褥有突出、平顺之分。

桑树节间有长短，有曲直。西农6071桑、德昌岩桑节间长度达7cm~10cm，鸡冠鲁桑、小冠桑节间长度仅2cm~4cm，节间长的桑品种一般叶形较大，单位条长度叶数少；节间短的则叶形较小，单位条长着叶数较多。节间直的桑品种，枝条直立性好，树形紧凑，如桐乡青、新一之瀨；节间弯曲的，枝条易倾斜或下垂，树形松散，如潮桑、九纹龙。因枝条基部和梢端节间的长度不规则，测量节间的长短要以枝条中部节间的平均数为准。

3. 皮 孔

在枝条节部和节间处可看到皮孔，新梢皮孔小，呈圆形，白色、边沿突出，是新梢内部与外界水分与气体交换的通道。新梢长成为主枝时，皮孔是木栓形成层向外分裂产生木栓层时因分裂不完全所留下的孔隙，边沿突出，颜色加深，中心有小孔与枝条内部相通。到休眠期，小孔为填充物阻塞，不透水气，能更好地保护枝条内部不受外界低温的侵袭。皮孔的开口因品种不同而不同，有点状、圆形、椭圆形、纺锤形及线状等。皮孔在节部较多，节间较少。皮孔除通气外，也是枝条扦插时新根穿出的地方，栽培上也可利用皮孔颜色加深来判断该叶位叶质已开始成熟，可以采摘。干旱少雨或病虫害较严重的地方应选用皮孔小而稀少的品种栽植，以减少病原菌由皮孔侵入枝条内部。

（四） 枝条的生育状态

枝条的生育状态如着生的姿态、单株发条数、枝条的长短粗细、叶序排列等与品种、栽培利用也有密切关系。

1. 姿 态

枝条在植株上着生的姿态有直立、斜出、平伸、下垂等几种。枝条直立的品种，树冠紧