

全国高等农业院校试用教材

桑树栽培及育种学

苏州蚕桑专科学校主编

蚕桑专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

桑树栽培及育种学

苏州蚕桑专科学校主编

蚕桑专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材
桑树栽培及育种学
苏州蚕桑专科学校主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 13.5印张 309千字
1980年7月第1版 1980年7月北京第1次印刷
印数 1—5,000册

统一书号 16144·2144 定价 1.45元

前 言

本书供四年制蚕桑专业使用。

全书除绪论外共分八章。第一至六章为桑树栽培部分，系统地介绍了桑树的生物学特性，阐述了桑苗繁育和桑树栽培的原理和技术措施。第七章为桑树品种，重点介绍各蚕区主要桑品种的特征特性和栽培要点。第八章为桑树育种，阐述了育种的基本知识、地方品种的选拔、杂交育种、诱变育种、品种比较试验、良种鉴定和良种繁育等方法。

桑树栽培的区域性较强，本教材内容以江浙地区为基础，适当兼顾其他地区。在编写过程中注意与基础课之间的联系，注意理论与实际的联系，加强基础理论在栽桑技术上的运用，注意反映桑树栽培的生产实践经验和科研成果，也吸收了一些国外资料。

《桑树栽培及育种学》是实践性较强的专业课，除了加强基础理论的应用外，为了便于进行必要的实践，本书附加了实验实习提纲，供参考。

本书由苏州蚕桑专科学校陆辉俭主编，浙江农业大学官名贤，安徽农学院周绍曾、赵成龙，西南农学院柯一富，苏州蚕桑专科学校沈增学，华南农学院谭韵芳，沈阳农学院陈惠尧、徐启茂参加了教材的编写工作。西南农学院李存礼、云南农业大学何廷昌、山东农学院李茂贞、广西农学院陈达理、河北林业专科学校高国全、浙江农业大学吴秀锦、苏州蚕桑专业学校刘长贵、孙觉、中国农业科学院蚕业研究所任德基、浙江省蚕桑研究所蒋松荣、四川省蚕桑研究所张文明、广东省蚕桑研究所郑锦涛、四川省农业局徐继汉、浙江省农业局周占梅等同志参加了审稿工作。

本书定稿时承周占梅同志校阅，还有其他同志提供资料图片及参加制图、抄写和校对等工作，在此一并致谢。

1979年6月

目 录

绪论	1
第一章 桑树的生物学特性	4
第一节 根的形态及构造	4
一、根的形态	4
二、根的构造	4
三、根系分布	7
第二节 桑芽的形态构造及种类	9
一、芽的形成和构造	9
二、芽的种类和性质	9
三、芽的形态	10
第三节 茎(枝条)的形态及构造	10
一、枝条的形态	11
二、枝条的构造	12
三、枝条与蚕桑生产的关系	13
第四节 桑叶的形态及构造	14
一、桑叶的形态	14
二、桑叶的构造	17
三、桑叶性状与蚕桑生产的关系	18
第五节 桑花、桑椹和桑子	19
一、桑花的形态构造	19
二、传粉、授精及桑椹桑子的形成	20
第六节 桑树生长发育与环境	21
一、桑树生长与环境条件的关系	21
二、桑树的生长发育	26
三、根的生长	28
四、桑树生长的相关性	28
第二章 桑苗繁育	30
第一节 有性繁殖	30
一、桑子的采集	30
二、桑子的贮藏	31
三、桑子的鉴定	33
四、播种	34
五、播种后的管理	37
第二节 无性繁殖	40
一、嫁接	40
二、扦插	50
三、压条	56

第三节 桑苗出圃	57
一、挖苗	57
二、苗木的分级	58
三、假植	58
四、苗木的检疫	59
五、苗木的包装和运输	59
第三章 桑园的建立	60
第一节 桑园的规划	60
一、桑园地点的确定	60
二、桑园规划设计	60
第二节 桑园类型	62
一、专用桑园	62
二、稚蚕用桑园	63
三、机耕桑园	63
四、屋外育桑园	63
第三节 栽植密度	64
一、合理密植的重要性	64
二、株密、条密与产量的关系	64
三、确定栽植密度的条件	65
四、栽植形式	66
第四节 栽植	66
一、土地准备	66
二、栽植时期	67
三、栽植步骤和方法	67
四、定植后的管理	69
第五节 栽桑土地类型及栽培要点	69
一、平原地栽桑	69
二、溪滩栽桑	69
三、丘陵山地栽桑	70
四、盐碱地栽桑	72
五、河堤渠道栽桑	73
六、鱼塘基栽桑	75
七、四边栽桑	75
第四章 树形养成和桑叶收获	76
第一节 树形养成的意义和作用	76
一、树形养成和修剪的意义	76
二、树形养成的效果	76
三、修剪对桑树的影响	76
第二节 树形养成法	77
一、树形种类	77
二、树形养成要点	78
三、一般树形养成法	79
四、其他树形养成法	81
五、几种养成法的评价	83

六、树形的选择	85
第三节 桑叶的收获	85
一、收获方法	85
二、春叶的收获	86
三、夏秋叶的收获	87
四、广东的桑叶收获方法	89
第四节 桑叶的收获量	91
一、收获量的概念	91
二、决定单位面积产叶量的主要因素	91
三、收获量的预测	92
第五章 桑园施肥	95
第一节 桑树生长与肥料	95
一、施肥的重要性	95
二、营养元素与桑树生长的关系	96
第二节 桑园肥料	99
一、有机肥料的性质及施用方法	100
二、无机肥料的性质及施用方法	101
三、桑园绿肥	102
第三节 桑园施肥	105
一、施肥时期	105
二、施肥量	107
三、施肥方法	107
四、桑园施肥经验	108
五、桑园施肥要点	109
第四节 根外施肥	110
一、根外施肥的意义和特点	110
二、桑树根外施肥的应用	111
三、根外追肥方法	111
第六章 桑园管理	113
第一节 桑园耕耘和除草	113
一、桑园耕耘	113
二、桑园除草	114
第二节 灌溉和排水	116
一、灌溉	117
二、排水	118
第三节 桑树管理	118
一、补植缺株	118
二、修剪树形	118
三、摘心	119
四、剪梢	119
五、束枝和解束	120
第四节 低产桑园的改造	120
一、增株增条	120
二、老树复壮	121

三、嫁接换种	121
第五节 自然灾害及其防治	122
一、霜害	122
二、冻害	123
三、风害	123
四、雹害	124
第七章 桑树的分类及品种	125
第一节 桑树的分类	125
一、桑树在植物分类学上的位置	125
二、桑树的分类	125
三、主要桑种的特征	126
第二节 我国主要桑品种	128
一、浙江、江苏的桑品种	129
二、四川的桑品种	131
三、山东的桑品种	133
四、河北的桑品种	135
五、广东的桑品种	136
六、新疆的桑品种	137
七、其他地区的桑品种	138
八、新选育的桑品种	139
九、国外引进的桑品种	141
第八章 桑树育种	146
第一节 现代遗传育种的概况和进展	146
一、育种学的概念	146
二、我国桑树育种的概况和进展	146
三、育种的理论基础	147
四、桑树育种的任务	150
第二节 育种的原始材料	151
一、原始材料的种类	152
二、原始材料的收集、保存和研究	152
三、桑树品种性状的调查方法	153
第三节 桑树育种的方法	157
一、地方品种的选拔	157
二、实生桑选种	158
三、杂交育种	159
四、利用芽条变异育种	166
五、诱变育种	169
第四节 品种比较试验	180
一、田间试验的基本原则和方法	180
二、品种比较试验区的排列法	182
三、品种桑园的设计规划	183
第五节 良种鉴定	186
一、生长期的鉴定	186
二、产叶量的鉴定	187

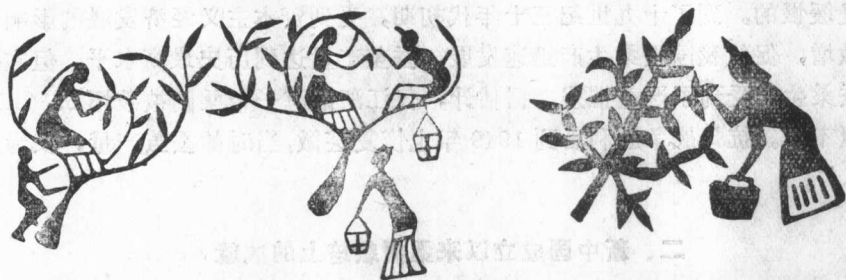
三、叶质的鉴定	187
四、抗旱性鉴定	188
五、抗寒性鉴定	189
六、抗病性鉴定	190
第六节 良种的繁育和推广	191
一、良种繁育的意义	191
二、良种接穗桑园的建立	191
三、良种苗木的繁育	192
四、良种苗木的检验	193
附：实验实习提纲	194
实验一 桑根组织结构观察	194
实验二 桑茎组织结构观察	195
实验三 桑叶组织结构观察	197
实验四 桑花观察及花粉萌发试验	197
实验五 桑子发芽率测定	198
实验六 桑树芽叶标本制作	200
实验七 桑叶光合强度测定	200
实验八 桑叶呼吸强度测定	201
实验九 桑树品种性状观察调查	202
实验十 桑树发芽期观察调查	204
实验十一 桑树有性杂交	205
实验十二 染色体观察	205
实验十三 人工诱变	206

绪 论

一、我国桑树栽培简史

我国是蚕桑生产的发源地，相传已有 4,600 多年的悠久历史。根据历史考古学家的研究，远在公元前 1562—1066 年的殷商时代，蚕桑生产已相当发达。

关于桑树栽培的历史，很少单独记载。但从蚕桑生产的发展过程看，我们的祖先，最早是利用野生桑养蚕的。随着蚕丝需要的增加，蚕桑生产的发展，野生桑不能满足生产的要求，从而开始了桑树的人工栽培。因此，桑树栽培该在发明养蚕之后。《诗经郑风》中有“十亩之间兮，桑者闲闲兮”，“无窳我墙，毋折我树桑”等记载，说明三千多年前已有人工栽培的桑树。



战国时期铜器上的采桑图

历代古书中常有关于桑树栽培的记载。“五亩之宅，树之以桑，五十者可以衣帛矣”《孟子》；“齐带山海，膏壤千里，宜树桑麻”《史记》；“还庐树桑”《汉书食货志》；“成都有桑八百株，子孙衣食，皆有余饶”《三国志诸葛亮传》“瑀为汲郡太守，教民一丁种十五株桑”《梁书沈瑀传》等都反映了古代重视栽桑情况。

桑树栽培是随着蚕桑生产的发展而逐渐扩大的。据《尚书禹贡篇》及《周礼职方氏》记载，当时兖、青、徐、豫等州的栽桑养蚕都已相当发达。到了汉代蚕桑生产发展较快，栽桑养蚕区域逐渐扩大，几乎遍及全国。此后的蚕桑生产中心也逐渐移向江南。到宋朝时，长江流域的蚕桑生产已超过北方。到了十七世纪的清朝，随着蚕丝对外贸易的发展，广东、江浙及四川的蚕桑生产迅速发展，形成了四大蚕区。

在数千年的蚕桑生产实践中，我国劳动人民创造和积累了许多桑树栽培技术经验。

在桑树选种方面，我国幅员辽阔，气候土质各异，通过长期的栽培和选择，形成了许多地方品种。早在《诗经》中就有“女桑”的名称。其后许多农书中关于桑品种的记述越来越多。《齐民要术》中有女桑、溲桑、荆桑、地桑、黑鲁桑、黄鲁桑，并认为黑鲁桑是较好的品种。明代李时珍在《本草纲目》中描述：白桑叶大如掌而厚，鸡桑叶细而薄，子桑先花后叶，山桑叶尖而长。清初张炎贞著《乌青文献》中载有密眼青、白皮桑、荷叶桑、

槐头桑、鸡窝桑、木竹青、乌桑、晚青桑、火桑、山桑、红头桑、鸡脚桑、扯皮桑、尖叶桑、紫藤桑、望海桑等 16 个品种。清同治年间,汪日楨撰《湖桑述》中有麻桑、富阳桑等记载。清光绪年间卫杰在《蚕桑萃编》中对湖桑、川桑、鲁桑、荆桑等主要类型的桑树特性特征,作了详细的记述。

在桑树栽培技术方面的记载也是多的。从汉代的《汜胜之书》中可以看到当时采用实生桑栽培,并且与黍混播。《齐民要术》中载有桑树扦插和嫁接方法,为优良品种的无性繁殖创出了新路。《王桢农书》对桑树嫁接法作了进一步的记述,如身接、根接、皮接、靛接、搭接等。《蚕桑萃编》中对嫁接技术总结了乘天时、精器具、截砧盘、选接头、辨骨肉、判上下、谨嵌贴、慎包裹、通生气、酌去留、戒动摇等系统经验。

《齐民要术》中已记载着桑地间作绿豆、小豆以改良土壤,并以蚕粪肥桑。《农桑辑要》中记有“锄头自有三寸泽、斧头自有一倍桑”的农谚,说明当时已重视桑地耕耘和桑树的剪伐。到了明末清初,栽桑技术有了进一步的提高,江浙地区普遍采用中干树形,养成各种拳式桑树,由于水丰肥足,单位面积桑叶产量已达到每亩一千斤的水平。

我国蚕桑生产虽有几千年的悠久历史,但在旧社会里,广大劳动人民深受残酷的重重剥削,生产力受到束缚,劳动人民的聪明才智得不到发展,在漫长的岁月里,蚕桑生产的发展是缓慢的。到了十九世纪三十年代初期,受到资本主义经济发展的影响,世界蚕丝需要激增,促使我国蚕桑生产迅速发展,蚕茧产量达到历史最高水平。但在抗日战争时期,蚕桑生产受到了严重摧残。据估计,仅江浙沿海一带桑园被破坏 65% 以上,蚕茧产量一蹶不振。抗日战争胜利后到 1949 年也恢复甚微,当时的蚕茧产量,仅为历史最高水平的 1/7。

二、新中国成立以来桑树栽培上的成就

新中国成立以来,在党和政府的关怀和扶植下,蚕桑生产得到迅速的恢复和发展。近年来,在“以粮为纲,全面发展,因地制宜,适当集中”方针指引下,结合“山水田林路综合治理”原则,各省区因地制宜地发展了蚕桑生产。老桑园已经或正在改造,新蚕区逐渐扩大,建设了一批比较集中的蚕桑生产基地,桑叶的单位面积产量不断提高,据 1977 年底统计,全国已有 63 个县年产茧超过万担以上。蚕茧产量自 1970 年起已超过了日本,跃居世界首位。

随着蚕桑生产的发展,桑树栽培技术和科学研究工作,都取得了可喜的成就。

在桑品种选育方面,首先对祖国的丰富品种资源进行了系统的调查和整理鉴定,各地区选拔出了相当数量的优良桑品种,在桑园良种化,提高桑叶产量质量上,发挥了很大的作用。例如江浙地区的荷叶白、桐乡青、团头荷叶白、湖桑 197、湖桑 199 等;四川的黑油桑、小冠桑;广东的伦敦 40 号以及其他各省区的优良品种。在选拔地方品种的同时,进行了有性杂交育种,中国农业科学院蚕业研究所育出的“育 2 号”,四川省蚕桑研究所育出的“6031”等新品种,已在生产上试用。近年来,现代遗传育种技术——辐射、多倍体、单倍体等也在桑树育种上应用,初步掌握了这方面的运用规律。

桑苗是栽桑的前提,但许多地区素无育苗经验。新中国成立后,针对桑苗供求不相适当情况,提出了“自采、自育、自栽”方针,鼓励社队自育桑苗。在专业育苗与社队育

苗相结合下,有计划地培训育苗骨干,推广育苗技术,在很短时间内培育出大量的嫁接苗,为迅速扩展新桑园提供了物质基础。在育苗实践中,育苗技术也有许多创新和提高,例如根袋接、倒砧接、广秧接、简易芽接、撕皮根接、冬季嫁接等,都是在原有袋接法的基础上创造出来的新方法,对加速桑苗繁殖,节约嫁接原材料,提高繁育系数,延长嫁接时间等方面都取得了很好的效果。湖桑扦插发根与环境条件关系的研究,也取得了一定程度的进展。

桑园的基本建设从根本上改变了桑园的生产条件。近年来,各地结合山、水、田、林、路综合治理,按照集中成片原则,因地制宜地建立了土地平整、能灌能排,稳产高产的大面积桑园,使蚕桑生产从小型分散转入到社会主义大农业的轨道,为实现桑园专业管理和贯彻科学栽桑技术打下了基础。全国各地涌现了一批亩产蚕茧过百斤的县,过200斤的公社和过300斤的大队。广东省亩产茧量最高的已经达到500斤,浙江省海宁县钱塘江公社云龙大队,自1968年亩产茧超过了200斤,1972年达到300斤以上。全国各地还利用盐碱地、丘陵山地、溪滩地和十边地栽桑,对提高土地利用,增加蚕茧产量,具有十分重要的意义。

新中国成立以来,蚕桑生产发展很快,蚕桑科学研究工作也有较大的提高,但从栽桑现代化的要求衡量,还存在相当大的差距。主要表现在下列几方面。桑园管理还停留于手工操作,劳动生产率低;单位面积桑叶产量虽有许多亩产3,000斤、4,000斤、5,000斤的社队,但低产桑园还占相当大的比例;旱涝保收面积较小,病虫害还未能控制等等。为了实现栽桑现代化,必须继续选育新的桑品种,加速机耕丰产桑园设置与桑园作业机械化的研究,以提高劳动生产率;开展桑树基础理论和栽培技术的研究,提高桑树栽培的技术水平,为进一步提高单位面积桑叶产量,生产优质桑叶,提高劳动生产率服务。

三、《桑树栽培及育种学》的内容和任务

《桑树栽培及育种学》是蚕桑专业的一门主要专业课程。它以土壤肥料学、植物及植物生理学、遗传学为理论基础,反映栽桑方面的科研成果和生产经验。内容分桑树生物学特性、桑苗繁育、桑园建立、树形养成和桑叶收获、桑园施肥、桑园管理、桑树的分类及品种、桑树育种等。通过理论学习和实验实习,要求能掌握桑树栽培和育种方面的基本理论和技术措施,具有一定的分析问题和解决问题的能力,为提高桑树栽培的科学技术水平服务。并能针对栽桑现代化问题进行科学研究,促进桑树栽培及育种科学的不断发展。

第一章 桑树的生物学特性

桑树是多年生木本植物，是由根、茎、叶、花、果实、种子等器官构成的统一的整体，各个器官具有不同的形态特征和生理功能。在一定的生活条件下，相互影响，相互制约，共同进行生命活动。只有了解桑树各器官的形态结构和生理功能以及它们与环境条件的关系，才能在桑树栽植过程中，采取合理的技术措施，改善桑树的生长条件，满足桑树生长发育的需要，从而达到桑叶优质高产的目的。另外，熟悉桑树的形态特征，是鉴定识别品种和选育品种的主要依据。

第一节 根的形态及构造

根是桑树的地下部分，是重要的营养器官之一。根的主要功能是从土壤中吸取水分和养分，供应地上部分生长发育的需要，同时还有贮藏有机物质，合成多种有机化合物和固定支持树体等作用。强壮的根系，能促进地上部分健壮生长。但地上部分又是供给根系生长所必需的碳水化合物的来源，具有促进根系生长，提高吸收水分和养分的能力。所以，地下部分和地上部分之间的关系是相辅相成，相互促进又相互制约的。“根深叶茂，叶多根好”，充分说明了根和枝叶间的相互关系。在桑园管理中，了解根系的生长特点，对改进栽培技术，创造根系生长的有利条件，具有重要意义。

一、根的形态

实生苗的根是由种子的胚根发育而来，故有明显的主根。主根上着生的根称为侧根。侧根依发生的次序不同，又分一级、二级、三级侧根等。即由主根上直接发生的侧根称为一级侧根，一级侧根上再发生的根称为二级侧根，余类推。主根和侧根上着生的1毫米直径以下的细根，统称须根。须根的数量很多，一般寿命较短，大部分须根在营养生长末期死亡，未死亡的发育成骨干根。实生苗由主根、侧根和须根组成根系，排列比较匀称。压条苗和扦插苗的根是由根原体或愈伤组织产生，无主根，这种根的排列常不很规则。一般把压条扦插苗的根叫做不定根，由种子发育而来的根叫做定根（图1-1）。

桑根的颜色为鲜黄色，幼根色淡，老根色深。桑根的表面分布着较大的横向隆起的皮孔。皮孔内有时含有紫色填充细胞，易误认为紫纹羽病，应注意区别。

根与茎交界处称根颈。

二、根的构造

（一）根尖 须根的尖端部分叫做根尖，一般长1—3厘米，呈乳白色。观察根尖的纵切面，自尖端向后，可以分为根冠、生长点、伸长区和根毛区四个部分。各部分的细胞形态构造以及生理机能各有不同，但各区之间没有严格的界限，而是逐渐过渡的（图1-2）。

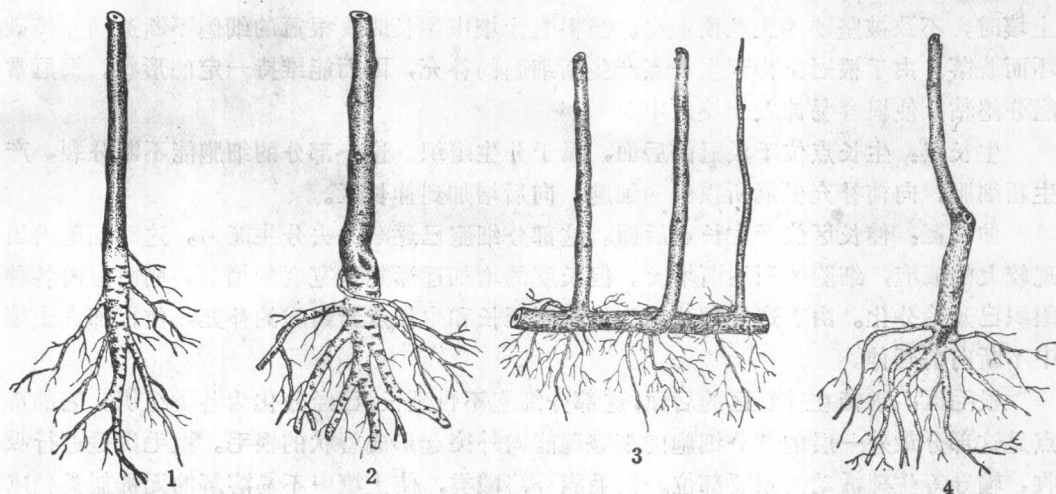


图 1-1 桑苗的根

1. 实生苗 2. 嫁接苗 3. 扦插苗 4. 压条苗

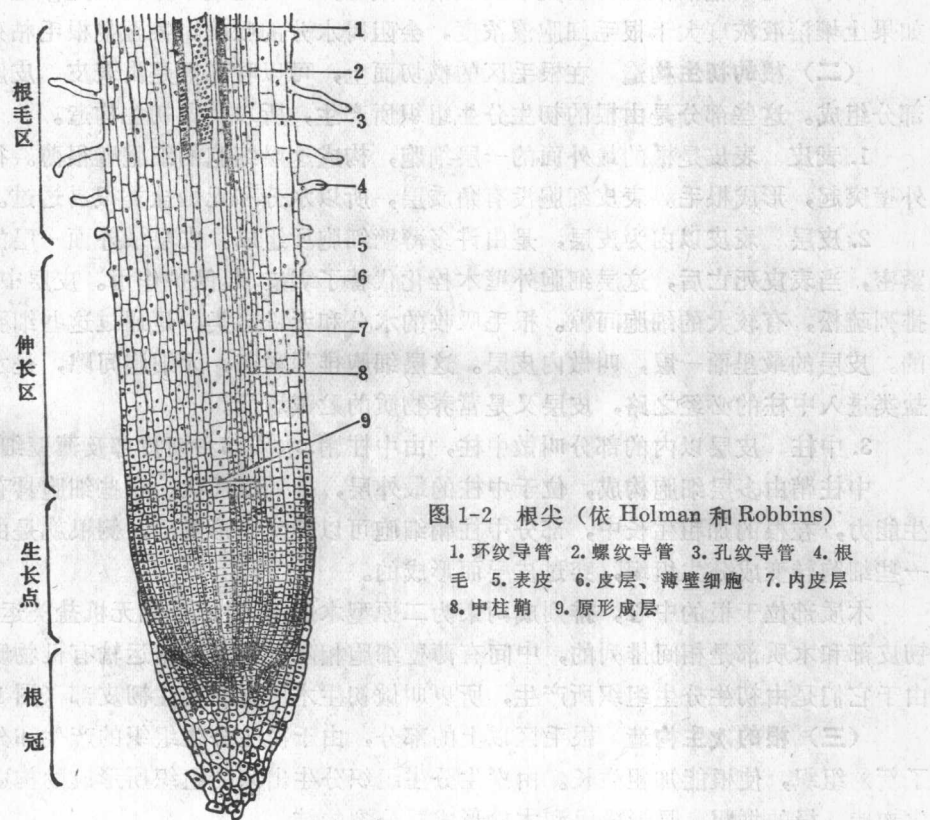


图 1-2 根尖 (依 Holman 和 Robbins)

1. 环纹导管 2. 螺旋导管 3. 孔纹导管 4. 根毛
5. 表皮 6. 皮层、薄壁细胞 7. 内皮层
8. 中柱鞘 9. 原形成层

根冠：根冠位于根尖的顶端，是薄壁细胞组织，类似一个帽状结构，其保护幼根伸入土壤时，不致被坚硬的土粒所损伤。当根在土壤中生长时，根冠的细胞不断遭到摩擦破坏而脱落。由于根冠能得到生长点产生新细胞的补充，因而能维持一定的形状。根冠常能分泌粘液使根容易伸入土壤之中。

生长点：生长点位于根冠的后面，属于分生组织。这一部分的细胞能不断分裂，产生新细胞，向前补充根冠所损失的细胞，向后增加到伸长区。

伸长区：伸长区位于生长点后面。这部分细胞已逐渐失去分生能力，这时细胞内出现较大的液泡，细胞体积逐渐增大。但长度的增加远远超过宽度的增加，同时根内各种组织已开始分化。由于这一部分细胞的剧烈延长和生长点新细胞的补充，使根部在土壤中不断向前延伸。

根毛区：紧接在伸长区的后面，这部分细胞不再延长，已经分化为各种组织。它的特点是这部分最外一层的部分细胞的细胞壁能向外突起形成管状的根毛。根毛区是进行吸收、输导等生理活动的重要部位。根毛能分泌酸类，使土壤中不易溶解的无机盐类变成溶解状态，以利根系吸收。

根毛的生活时间很短，少则几天，多则十多天，随着根尖的伸长，老根毛逐渐死亡，在伸长区的上部，又逐渐形成新的根毛来补充。因此，根毛区随着根的生长而不断在土壤中移动，从而增加了吸水、吸肥效率。

由于根毛细胞液浓度往往大于土壤溶液浓度，因而土壤水分向根毛渗透而被吸收。如果土壤溶液浓度大于根毛细胞液浓度，会阻碍水分的吸收，甚至使根毛枯死。

(二) 根的初生构造 在根毛区的横切面上，可以看到根是由表皮、皮层和中柱三部分组成。这些部分是由根的初生分生组织所产生，所以叫做初生构造。

1. 表皮 表皮是根的最外面的一层细胞，构成这层细胞的细胞壁很薄。很多细胞的外壁突起，形成根毛。表皮细胞没有角质层，所以水分和无机盐类很易透过。

2. 皮层 表皮以内为皮层，是由许多薄壁细胞所组成。皮层最外面一层的细胞排列紧密，当表皮死亡后，这层细胞外壁木栓化代替了表皮，起保护作用。皮层中部的细胞，排列疏松，有较大的细胞间隙。根毛吸收的水分和无机盐类，是通过这些细胞进入中柱的。皮层的最里面一层，叫做内皮层。这层细胞排列紧密，无细胞间隙，是水分和无机盐类进入中柱的必经之路，皮层又是营养物质的贮藏场所。

3. 中柱 皮层以内的部分叫做中柱，由中柱鞘、木质部和韧皮部及薄壁细胞所组成。

中柱鞘由多层细胞构成，位于中柱的最外层，排列成环状，这些细胞具有潜在的分生能力，在根的加粗生长中，部分中柱鞘细胞可以转变为形成层，侧根就是由中柱鞘的一些细胞转变成分生组织，穿过皮层而形成的。

木质部位于根的中心，排列成两束为二原型木质部，是水分和无机盐类运输的通道。韧皮部和木质部是相间排列的，中间有薄壁细胞相隔。韧皮部是运输有机物质的通道，由于它们是由初生分生组织所产生，所以叫做初生木质部和初生韧皮部（图 1-3）。

(三) 根的次生构造 根毛区以上的部分，由于次生分生组织的产生和分裂，形成了新的组织，使根能加粗生长。由次生分生组织分生出来的组织所形成的构造，叫做次生构造。根的增粗，是形成层和木栓形成层分裂的结果。

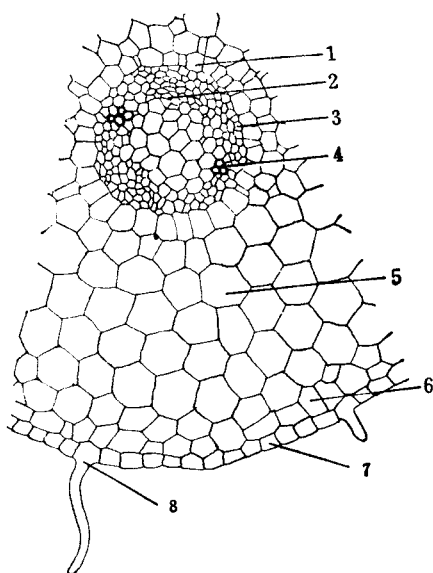


图 1-3 根的初生构造

1. 内皮层 2. 韧皮部 3. 中柱鞘 4. 木质部
5. 皮层 6. 外皮层 7. 表皮 8. 根毛

内产生很多的射线。射线是由薄壁细胞所组成，具有执行物质的横向运输和贮藏养分的功能。

在形成层活动的同时，中柱鞘的薄壁细胞也渐渐变成分生组织，它能向外产生木栓层，向内产生栓内层。这种分生组织叫做木栓形成层。木栓不透水不透气。所以当木栓层形成后，中柱鞘以外的皮层和表皮等逐渐死亡脱落，由木栓层代替表皮的保护作用。

总之，根的次生构造，自外向内包括以下主要部分：周皮（木栓层、木栓形成层、栓内层）、韧皮部（初生和次生韧皮部）、形成层和木质部（初生和次生木质部）等部分。它的构造基本上和茎的次生构造相似，但根的中央没有髓（图 1-4）。

（四）侧根的形成 在根的生长过程中，根尖的根毛区和老根都能产生新的侧根，不断扩大根系的分布，增加根的吸收面积。从根毛区产生的侧根叫定根，从老根上产生的侧根叫不定根。

由根尖根毛区产生侧根时，在靠近初生木质部的中柱鞘细胞恢复分生能力，分裂两次，形成三层细胞。外层的细胞形成根冠，里面两层细胞成为侧根的生长点。由于生长点细胞的不断分裂，产生新细胞形成伸长区，从而突破皮层而形成新的侧根。侧根是由中柱鞘细胞分化而来，所以新侧根的中柱是与老根的中柱相联系的，形成了一个完整的输导系统（图 1-5）。

三、根系分布

桑树根系在土壤中的分布，一般愈近地面的侧根，几乎与地面平行，称水平根。水平根的分布位置较浅，但分布范围广。在土层中愈向下的侧根，几乎向下垂直生长，称垂直根。水平根和垂直根的综合配置，构成了根系向水平垂直两方面吸收养分和水分的

根部形成层的产生，首先是韧皮部内侧的薄壁组织转变成分生组织而产生形成层。最初产生的形成层是片断的，后来各个片断的形成层向两侧扩展，此时初生木质部顶端的中柱鞘细胞也开始分裂，形成部分形成层。因此，这时的形成层是椭圆形。当形成层分裂时，向内形成次生木质部。次生木质部由导管、管胞、木纤维和木薄壁细胞组成。向外形成次生韧皮部。次生韧皮部由筛管、伴胞、韧皮纤维、韧皮薄壁细胞以及乳汁管组成。由于形成层产生木质部的速度不同，靠近中柱鞘形成层细胞分裂慢，靠近韧皮部内侧的形成层细胞分裂快。因此，初生韧皮部被推向外围，最后形成层变成环状。环状的形成层形成后，根部便发生了均匀相等的增粗，继续的向外分裂，生出次生韧皮部，向内分裂生出次生木质部。

随着形成层的活动，还可在木质部和韧皮部

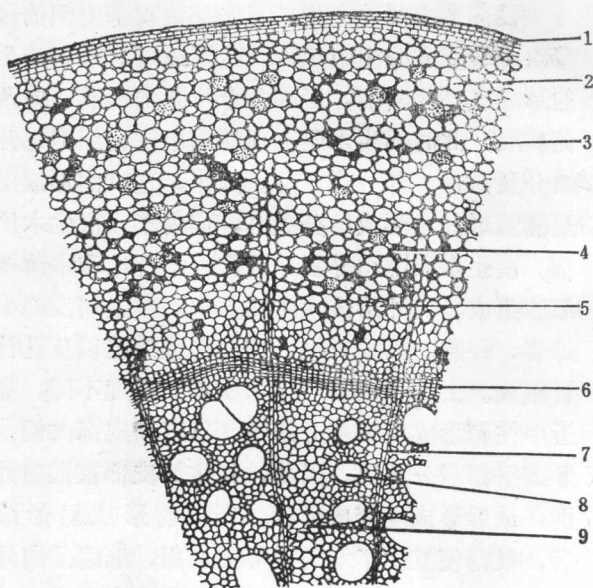


图 1-4 根的次生构造

1. 周皮 2. 韧皮部薄壁细胞 3. 乳管 4. 韧皮纤维
5. 筛管 6. 形成层 7. 髓射线 8. 导管 9. 木质部

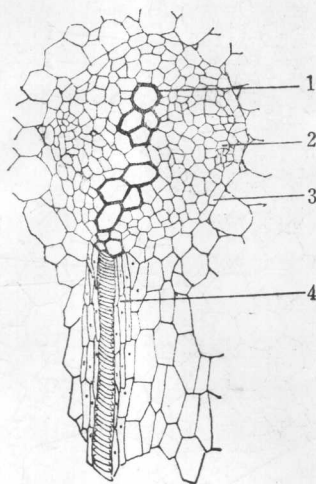


图 1-5 桑树侧根

1. 木质部 2. 韧皮部 3. 中柱鞘 4. 侧根

机构, 并把树体固定于土壤中。根据苏州蚕专 16 年生低中干荷叶白桑树根系的调查(重壤土、株行距 2.0×1.5 米), 其结果如下:

表 1-1 桑树根系的垂直分布

(苏州蚕专) 1978 年

层 次	土 层 深 度 (厘米)	根 长		根 重	
		厘 米	%	克	%
表 土	0—10	914.7	81.6	10.5	73
	11—20	6436.4		349.4	
	21—30	7707.3		1050.5	
	31—40	4079.7		923.3	
底 土	41—50	2885.1	18.4	506.4	27
	51 厘米以上	1422.7		356.7	
合 计		23445.9		3196.8	

一株桑树的总根长为 235 米, 总根重为 3.2 公斤。其中须根(直径 2 毫米以下)长占总根长的 22.6%, 粗根(直径 2.1 毫米以上)占 77.4%, 须根重占总根重的 0.86%, 粗根占 99.14%。从根系在土层中的分布看(表 1-1), 表土层(0—40 厘米)中的根长占总根长的 81.6%, 根重占 73%, 说明桑树根系是比较集中分布在 11—40 厘米的土层中, 41 厘米以下则愈下愈少。

桑树根系在土壤中的分布情况, 因树龄、树型、土壤性质和肥培管理等条件不同而有显著的差异。

通常根系的分布面积大于树冠的面积。桑树定植以后, 桑根的分布随着树龄的增长,