

第一章 概 述

一、栽培历史

李原产于我国长江流域，至今已有 3 000 年以上历史。据《诗经》记载：“华为桃李”，“丘中有李，彼留之子”，“投我以桃 报之以李”。《管子》记载：“五沃之土 其木宜梅李”。经长期栽培形成了许多传统名果，据《携李谱》记载：浙江桐乡的传统名果携果，始见于东周；《尔雅》中载有“无实李”、“接虑李”和“赤李”三品种；据《西京杂记》记载，汉代修上林苑，收集到李品种 15 个之多，宋代仅洛阳一带栽培的李品种就达 27 个，到明代已有近百个。古籍中著录的不少李品种名至今仍在沿用，如御皇李、青李、黄李、紫李、牛心李、携李、蜜李、胭脂李、潘园李、三华李等。关于李的生物学特性、繁殖及栽培技术方面，在《农谚考略》、《农桑辑要》、《齐民要术》中也有详细论述。

中国李是在西汉时期（公元前 206 年至公元 25 年间），随桃、杏传播到日本和伊朗的。在近百年内，中国李才传至欧洲和美洲，特别是传入美国后，与美洲李杂交，培育出许多种间杂种，在李的品种改良方面贡献极大。中国李传入欧洲和美洲之后，以其果实较大、色泽艳丽、香气浓郁、风味佳美、适应性强的特点，迅速在当地推广，很快就成为全世

界最主要的李栽培种。

欧洲李又叫西洋李，是欧洲起源中心最重要的果树树种。近百年来，由外国传教士和果树工作者前后引入了一些欧洲李品种，最初，多栽培在山东烟台、威海，后又引入河北昌黎、辽西等地。中国李和欧洲李是李属各种中，人类栽培利用最广泛的两个种。

二、经济意义

李果实营养丰富，含总糖 7.9% ~ 9.0%、总酸 0.81% ~ 1.04% 单宁 0.8% ~ 1.48%、蛋白质 0.48% ~ 0.84%。每 100 克果肉中含脂肪 0.2 ~ 0.6 克、碳水化合物 9 ~ 12.9 克、维生素 C 2 ~ 11 毫克、磷 12.6 ~ 18.2 毫克、钙 7.5 ~ 17.1 毫克、钾 8.5 ~ 142.5 毫克、镁 3.8 ~ 8.2 毫克、铁 0.48 ~ 0.53 毫克，含有 17 种人体所需要的氨基酸 786.2 ~ 885.6 毫克。这些营养成分都是人体健康不可缺少的。

李的各器官有很好的药用价值，李果味甘酸、性寒，具有清热利水、活血祛瘀、润肠、养肝等作用。李的核仁味苦、性平，有活血利水、滑肠等功效。李花可消除面部粉刺，使之光泽。李叶主治小儿干热、惊痫。李干为醒酒和解渴镇呕的佳物。

李既是鲜食果品，又是加工的优良品种。加工品有罐头、果脯、果干、果酒、果酱、蜜饯、果汁、话李等。

李树的叶簇、花朵和果实均具有观赏价值，自古以来就是庭院和城市园林绿化的优良树种，也是很好的蜜源植物。李木材坚韧、红色有花纹、具光泽，适于雕刻和加工。

三、生产现状

我国栽培的李属果树共有 8 个种，即中国李、杏李、乌苏里李、櫻桃李、欧洲李、美洲李、加拿大李和黑刺李，800 余个品种或类型，经整理归类，去掉同物异名，仍保存 300 余份李资源，其保存资源的份数为世界之最。丰富的资源促进了我国李树的发展，李树的栽培面积、产量都在成倍增加。据农业部和国家李杏种质资源圃统计，1989 年全国李的生产面积为 10.32 万公顷，产量 46.8 万吨；到 1996 年全国李的生产面积达 24.05 万公顷，产量达 150.8 万吨，占全国水果总产量的 3.3%，分别比 1989 年增长 233.1% 和 222.2%。李树栽培面积和产量较多的有广东、广西、福建、四川、江西、湖南、辽宁、黑龙江、吉林和河南等省、自治区。

近年来，我国加强了李品种的培育和引进工作，黑龙江、吉林、新疆等地先后选育出跃进李、绶棱红、奎丰、奎丽、奎冠、绶李 3 号、龙园蜜李、龙园秋李、新李 1 号、长李 15 号、长李 84 号、长李 109 号等；20 世纪 80 年代以来，我国陆续从日本、朝鲜、意大利、俄罗斯、法国、澳大利亚和美国等国家引入一批优良的栽培品种，如大石早生、玫瑰皇后、黑琥珀、黑宝石、澳大利亚 14 号、安哥里那等。引入并推广日本的大石早生李使我国李的鲜果供应期提前了 15~20 天，而黑宝石、澳大利亚 14 号等又使鲜李供应期延后了 30 天，安哥里那使鲜李供应期延后了 60 天。这些优良品种大有不推自广的趋势。

李在我国的分布极广，除青藏高原的高海拔外，从最南

部的台湾至最北部的黑龙江，从东南沿海至西部的新疆，均有栽培、半栽培或野生李的资源而我国李主栽种的栽培北界为黑龙江的富锦、鹤岗、伊春、齐齐哈尔；内蒙古的林东、临河；新疆的哈密、奎屯。栽培南界为雷州半岛的中部和台湾省的中部。

虽然我国李树生产近年来取得了一些成绩，但目前还存在着一些不容忽视的问题，这些问题突出的表现为：首先是品种老化、落后，当家品种仍然限于古老的地方品种；其次是栽植零星，难以形成商品产量，在整个果树生产中仍然处于“小”而“杂”的地位；第三，长期以来对李树品种的改良更新和提高栽培技术方面重视不够，致使果品产量低、质量差的问题十分突出；第四，生产品种成熟期过于集中，鲜果的供应期短；第五，加工品种没有摆在议程上。这些因素成为制约李树生产发展的重要障碍。

四、发展趋势

李树是重要的栽培果树之一，在我国的发展前景十分广阔，这不仅因为李果营养丰富，香甜可口，深受人们喜爱，而且，市场占位好。其早熟品种成熟期早，正好在樱桃、草莓过后，而晚熟品种则耐贮性好，通过贮藏，可供应到春节，可占据整个冬季水果淡季市场。因而，对于调节和改善鲜果市场供应状况，满足人们对水果多样化的需求，丰富人们的物质生活具有重要作用。

李树具有进入结果期早、经济效益高、适应性强、栽培管理技术较为简单等特点，在山区、荒滩开发以及促进农村经济发展和农民脱贫致富等方面无疑是一个先锋树种。同时

在调整和优化果树树种和品种结构方面也发挥着重要作用。

李果及其加工品是深受国内外消费者喜欢的高级营养食品，在国际市场具有很强的竞争实力。因此，大力发展李树生产有利于开拓国际市场，并带动果品加工业的发展。目前，我国李树生产的缺口很大，发展的潜力也很大。在市场经济和当前农村大力调整农业产业结构的新形势下，今后发展李树生产应注意解决以下几个问题：

1. 加快品种更新换代步伐，大力推广和普及优良品种，引进和开发利用早熟、优质、大果、丰产、抗病、耐贮运的优良品种。新发展李树时应注意选择适合当地的新优品种，对现有劣质品种园采用高接换头方法加以改造。

2. 改变过去传统的大冠稀植栽培方式，向矮化密植方向发展，以充分利用土地和光能，尽可能增加果农的前期收入。

3. 倡导集约化规模经营，形成产业化体系。

4. 对新发展的李园，注意采用现代化和规范化的配套栽培管理技术。

5. 改进贮藏、运输条件，提高加工设备水平和能力。

第二章 李树栽培的生物学基础

一、李树器官的生长发育

(一) 根系 李树为浅根性果树，吸收根主要分布在 20~40 厘米深的土层中，水平根分布范围通常比树冠大 1~2 倍，垂直根的分布因立地条件和砧木不同而异。在土层较厚、肥力较好的土壤，垂直根分布可达 4~6 米，但大量垂直根则分布于 20~80 厘米的土层内；在土壤肥力较差，土层很薄的山地或丘陵，垂直根主要分布在 15~30 厘米的土层内。沙壤土栽植的李树，垂直根分布比在其他土壤中深。嫁接李树的砧木不同，其根系分布也有很大差异。据杨建民 1998 年在河北省易县对 3 年生不同砧木大石早生李根系分布情况调查，发现用毛樱桃做砧木时，根系分别较浅，主要分布在 0~20 厘米的土层中，占总根量的 48.3%；用山杏作砧木时根系分布最深，主要分布在 60 厘米的土层内，0~20 厘米的根量只占总根量的 21.2%；用毛桃做砧木嫁接的大石早生李根系的分布居于毛樱桃和山杏之间，根系集中分布在 40 厘米深的土层内，0~20 厘米深土层的根量占总根量的 32.1%。调查结果见表 2-1。

李树根系活动有其自身规律，并受立地条件、温度、水分以及土壤通透性等因素影响。根系一般没有自然休眠期，只是在土温过低情况下被迫休眠。如果土壤温度、湿度适

表 2-1 3 年生大石早生李不同砧木的根系分布情况

砧木种类	分布土层 (厘米)	占总根量 (%)
毛樱桃	0~20	48.3
毛桃	0~20	32.1
山杏	0~20	21.2

宜，全年都能生长。当土壤温度在 5~7 时即可发生新根，15~22℃为根活动的最适温度，超过 26℃则根系生长缓慢，超过 35 时根系停止生长。土壤含水量达到土壤田间持水量的 60%~80%时，最适合根的生长。

树体营养状况与根系活动密切相关，根系活动状况也受地上部各器官活动的制约。因此，根系随着季节的变化呈波浪式生长。一般幼树的根系一年内出现 3 次生长高峰，春季随着土壤温度上升，根系利用树体内的贮藏营养开始生长，一般在 4 月下旬至 5 月上旬出现第一次生长高峰。随着地上部抽枝开花，新梢开始迅速生长，养分集中供应地上部，根系生长转入低潮；当新梢生长缓慢，果实又进入迅速膨大期时，根系利用当年叶片制造的营养以及根系吸收的水分和各种矿质元素开始第二次旺盛生长，此期一般在 6 月底至 7 月上中旬。以后果实迅速膨大、花芽分化和新梢生长三者处于养分竞争时期，再加之土壤温度过高，根系活动又转入低潮。8 月下旬以后，随着土壤温度的降低、降雨的增多和土壤湿度的增大，根系又出现第三次生长高峰，一直延续到土壤温度下降时，才被迫休眠。

成年李树，一年只有 2 次发根高峰。春季根系活动后，生长缓慢，直到新梢停止生长时出现第一次发根高峰，这是全年的发根季节；到了秋季，出现第二次发根高峰，但这次高峰不明显，持续的时间也不长。

李树用自根苗、共砧或用杏、桃等作砧木时，如栽植过深，十余年后，在嫁接口附近长有粗大的侧根，以后这种侧根在距主干 1 米左右的范围内，常大量发生根蘖，特别是衰老树或地上部受到刺激（如重回缩、重短截）时更易发生。品种不同，发生根蘖的数量也不同。除利用其进行育苗外，要及时刨除，以免消耗树体营养，影响生长结实。

（二）芽 李树的芽有花芽和叶芽两种。叶芽尖瘦呈圆锥形，花芽圆而饱满。多数品种在当年生枝条的基部形成单叶芽，在枝条的中部多为花芽和叶芽并生形成复芽，而在枝条的近顶端又形成单叶芽。各种枝条的顶芽均为叶芽。

李树的花芽为纯花芽，萌发后只开花不抽生枝叶，每个花芽包含 1~4 朵花。叶芽萌发后抽生发育枝。

根据芽在枝节上的着生情况，可分为单芽和复芽。在 1 个芽位上只着生 1 个芽的称为单芽，单芽多为叶芽。在 1 个芽位上同时着生 2 个或 2 个以上的芽称为复芽。两个芽并生的多为 1 个叶芽和 1 个花芽，也有 2 个芽都是花芽的。3 个芽并生的，多数中间是叶芽，两侧是花芽，也有 2 个叶芽与一个花芽并列或 3 个花芽并列的。个别情况下 1 个叶腋内有 4 个芽的（图 2-1）。

单花芽和复花芽的数量及其在枝条上的分布，与品种特性、枝条类型以及枝条的营养和光照状况有关。同一品种内复花芽比单花芽结的果大，含糖量高。复花芽多，花芽着生节位低，花芽充实，排列紧凑是丰产性状之一。

李树新梢上的芽当年可以萌发，连续形成二次梢或三次梢，这种具有早熟性芽的树种树体枝量大，进入结果期早。

李树的萌芽力强，一般条件下所有的芽基本上都能萌发、成枝力中等，一般延长枝先端发 2~3 个发育枝，以下

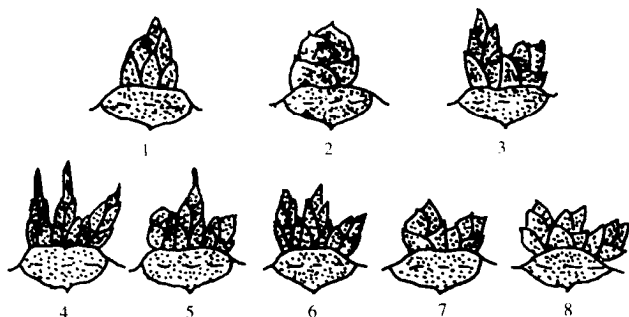


图 2-1 李树芽着生态示意图

1. 叶芽(单芽) 2. 花芽(单芽) 3~8. 复芽

则为短果枝和花束状果枝，层性明显。

李树潜伏芽的寿命长，据辽宁锦西调查，30多年的秋李树枝基部的潜伏芽仍能抽生新梢。

(三) 枝 李树根据枝条的性质可分为营养枝和结果枝两类。

1. 营养枝 一般指当年生新梢，生长较壮，组织比较充实，营养枝上着生叶芽，叶芽抽生新梢、扩大树冠和形成新的枝组。其中处于各级主侧枝先端的为各级延长枝。幼树的发育枝经过选择、修剪，可培养成各级骨干枝，是构成良好树冠的基础。

2. 结果枝 着生花芽并开花结果的枝条称为结果枝。根据结果枝的长短和花芽着生的状况，结果枝分为以下5种类型(图2-2)：

(1) 徒长性果枝长1米左右，枝条的下部多为叶芽，上部多为复花芽，副梢少而发生较晚。生长过旺，往往花果小，结果后仍能萌发较旺新梢，故常利用培养健壮枝组。

此类枝多发生在树冠内膛及上部延长枝上。

(2) 长果枝 枝条长 30~60 厘米，枝条发育充实，一般不发生副梢。中部复芽较多，不仅结果能力强，而且还能形成健壮的花束状果枝，为以后连续结果打下了基础。此类枝多发生在主、侧枝的中部。

(3) 中果枝 长 15~30 厘米，其上部 and 下部多单芽，中部多复花芽。结果后也可抽生花束状果枝。

(4) 短果枝长 5~15 厘米，其上多为单花芽，复芽少。2~3 年生短果枝结实力高而可靠，5 年生以上结实力减退。

(5) 花束状果枝长度在 5 厘米以下，除顶芽为叶芽外，其下为排列密集的花芽，节间短，组织充实。因花量大，开花时常呈束状，故得名。花束状果枝粗壮，花芽发育充实，坐果多，果个大。但

坐果过多，如结果 4 个以上时，会影响顶端叶芽的延伸，甚至枯死。

(四) 结果习性 李树的主要结果枝类型，因种类和品种不同而异。树龄和树势也影响李树结果枝类的组成。中国

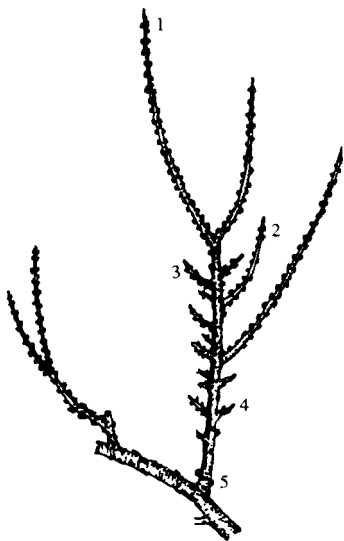


图 2-2 李树结果枝类型

1. 徒长性果枝 2. 长果枝 3. 中果枝
4. 短果枝 5. 花束状果枝

李以短果枝和花束状果枝结果为主，而欧洲李和美洲李主要以中果枝和短果枝结果为主。幼树抽生长果枝多，至初果期则形成较多的短果枝和少量的中、长果枝。随着树龄的增长，长、中、短果枝逐渐减少，花束状果枝数量逐渐增多。花束状果枝为盛果期树的重要结果部位，担负 90% 以上的产量。

花束状果枝结果当年，其顶芽向前延伸很短，并形成新的花束状果枝连年结果，10 余年其长度也只有 2 厘米左右。因此，李树的结果部位外移较慢，并且在正常的管理条件下不易发生隔年结果现象。花束状果枝结果 4~5 年后，当其生长势缓和时，基部的潜伏芽萌发，形成多年生的花束状果枝群，大量结果，这也是李树的丰产性状之一。当营养不良，生长势衰弱时，有一部分花束状果枝不能形成花芽，从而转变为叶丛枝。当营养得到改善或受到重剪的刺激时，有部分花束状果枝抽生出较长的新梢，转变为短果枝或中果枝。有一些发枝力强的品种，中、长果枝结果后仍能抽生新梢，形成新的中、短果枝和花束状果枝，发展成小型枝组，但其结实力不如发育枝形成的枝组高。生长旺盛的树，也可以发生副梢，其中发生早而又充实的副梢可以形成花芽。

另外，砧木不同，也影响李树的枝类组成。一般具有矮化作用的砧木可使长、中果枝比例减少，花束状果枝增多。

李树的结果习性和杏、梅相同，结实的主要部位为着生于 2 年生以上健壮枝上的短果枝（图 2-3）。桃树是 1 年生的中、长果枝为结果的主要部位，李树的这些枝条几乎不能坐住果。李树结实的主体为着生于主枝、侧枝上的健壮的短果枝和花束状果枝。花束状果枝的质量依其发生的节位不同而异。同一枝条以上、中部节位形成的花束状果枝多而健

壮，花芽饱满，而低节位的花束状果枝，枝、芽瘦小，坐果率低。

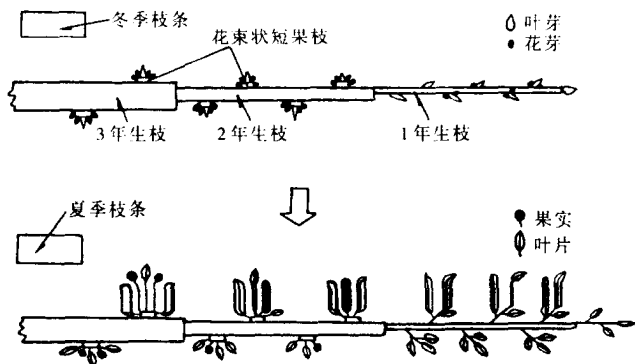


图 2-3 李树的结果习性

花束状果枝寿命很长，连续结果能力很强，但以 2 年生以上枝条上的花束状果枝结果最好，5 年生以上的坐果率明显下降。因此通过栽培管理，尽快在 2 年生以上健壮的主侧枝上培养大量的短果枝和花束状果枝，是李树早期丰产的关键。

(五) 花

1. 花器的构造 李树的花由花柄、花托、花萼、花冠、雄蕊和雌蕊 6 部分组成 (图 2-4)。大多数品种为完全花，即 1 朵花中有发育健全的雄蕊和雌蕊。李花子房上位，即雌蕊的子房位于花被 (花萼、花冠) 之

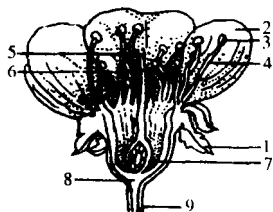


图 2-4 李树花器的构造

- 1 萼片 2. 花瓣 3. 花药
4. 花丝 5. 柱头 6. 花柱
7. 子房 8. 花托 9 花柄

上。

花瓣基本数为 5 枚，圆形至椭圆形，大部分的花瓣为白色。花蕾期时呈桃红色，开花时变成白色。雌蕊 1 枚，无毛。雄蕊的数量根据品种而异，大多数品种 15~20 枚。花药黄色，根据品种浓淡有差异。萼片 5 枚，颜色由黄绿、绿色到红色。花柄长，大多数为绿色。

2. 不完全花的发生 不完全花有以下两种类型（图 2-5）。

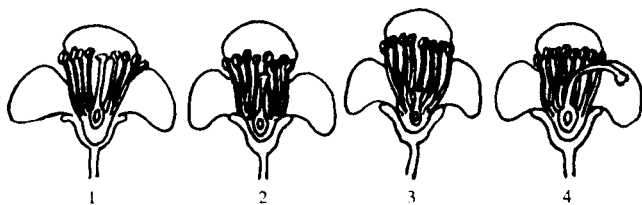


图 2-5 李完全花和不完全花

1. 完全花 2 营养不良 3. 花期冻害 4. 遗传不良

(1) 雌性器官不完全 完全花雌蕊发育良好，子房大，花柱的高度和雄蕊等高。但是，由于上一年夏季至秋季之间遭受早期落叶等的危害，造成树体营养不良，致使雌蕊瘦弱、矮小或畸形。即使同一株树，着生于光照不良或细弱枝上的花，同样会导致雌蕊瘦弱。

另外，即使营养状况良好，在花蕾发育初期遭受冻害，开花时会出现雌蕊变黑和退化现象，开花越早的品种越容易遭受冻害。

少数李树品种在开花期间出现雌蕊异常和弯曲现象，不同品种之间差异很大，这主要是受遗传因素的影响。

(2) 雄性器官不完全 受遗传因素和环境条件影响，有

些品种雄蕊的花药瘦小、花粉量少、畸形、生活力低、孕性差。

3. 开花期 中国李是仅次于梅、杏开花较早的树种。大石早生李、美丽李等品种在河北中部 3 月下旬至 4 月初开花，在辽宁南部 4 月上中旬开花。欧洲李系统的品种开花较晚，一般比中国李系统的品种开花晚 7~10 天。

李树开花要求的平均气温是 9~13 左右，花期 7~10 天，单个花的寿命 5 天左右。一般情况下短果枝上的花比长果枝上的花开得早，越是温暖的地方，这种趋势越明显。

4. 授粉受精 花药里的花粉粒发育成熟后，即从花药中散出。雄蕊上的花粉传到雌蕊柱头上的过程叫授粉。授粉后，花粉粒在柱头上吸收柱头分泌的黏液和水分，开始发芽，长出花粉管，并顺花柱深入子房的胚囊中。此时花粉管先端破裂，精核和卵细胞结合，形成合子。由花粉粒发芽到出现合子的过程叫受精。受精完成后，合子开始发育，形成种子，同时产生激素，促使果实发育。受精不良或没受精的不能形成种子，一般情况下会自行落花落果。中国李系统的花粉发芽率显著低于仁果类的苹果和梨，因此授粉受精好坏，对李果的产量影响很大。

据报道，李树的受精过程一般需要 2 天左右才能完成，如花期温度过低或遇不良天气，则需延长受精时间。

中国李和美洲李大多数品种自花不实，欧洲李品种可分为自花结实和自花不结实两类。中国李自花结实的品种有浙江的红心李、辽宁的鸡心李、苹果李、福建的棕李。中国李多数品种自花不实，需要用异花授粉，如南京的早黄李可以用红心李，吉林的跃进李可以用绥棱红、绥李 3 号。李也有异花不实现象，如辽宁的朱砂李用鸡心李、小核李、伏李授

粉，则完全不亲和，不能结实。

影响授粉受精的因素首先是树体的营养状况，这是影响花粉发芽、花粉管生长速度、胚囊寿命以及柱头接受花粉时间的重要内因。树体营养充足，花芽分化质量高，雌雄器官发育充分，花粉管生长快，胚囊寿命长，柱头接受花粉的时间长，就能显著延长有效授粉时间。反之，花粉管生长慢，胚囊寿命短，当花粉管到达珠心时，胚囊已失去其功能，不能受精，从而降低结实率。其次是花期的气候条件，这是影响授粉受精的重要外因。花期多雨，可以冲掉柱头上的分泌液，或引起花粉粒的破裂，影响授粉，进而影响产量；空气过于干燥，相对湿度低于 20% 时，柱头上的分泌液枯竭，柱头干缩，则花粉的发芽率显著降低，进而影响坐果；花期低温也是影响李树授粉受精的重要因素，低温影响昆虫的活动，影响授粉，低温使花粉粒发芽慢，花粉管生长更慢，致使中途败育。中国李花粉发芽温度较低，在 0~6 时就有一定数量的花粉开始发芽，9~13 时发芽较好。欧洲李在 15 时 5 天，花粉管可以达到胚珠受精。因此在李树生产中，要采取措施，避开一切不利因素，创造良好的授粉受精条件，使其授粉受精良好，从而提高产量。

5. 花芽分化

(1) 花芽分化的过程 李树成花容易，当新梢顶芽形成后，花芽的形态分化开始。开始分化的时期因品种、立地条件和年份而不同。温度较高，日照较长，降水较少，则提前分化。李树花芽分化的各形态时期特征和桃十分相似，所不同的是桃每个花芽内一般只有 1 个生长点，分化出 1 个花蕾；而李在同一花芽内有 1~3 个生长点，分化出 1~3 个花蕾。

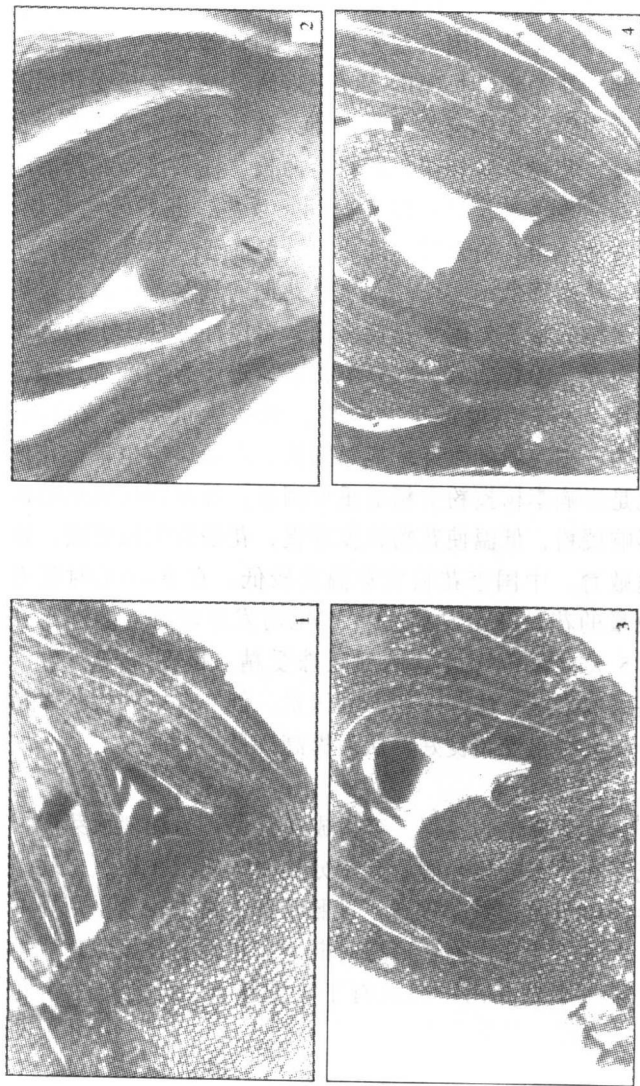


图 2-6 (1) 大石早生李花芽分化过程
1. 未分化期 2. 分化初期 3. 花蕾分化期 4. 萼片分化期

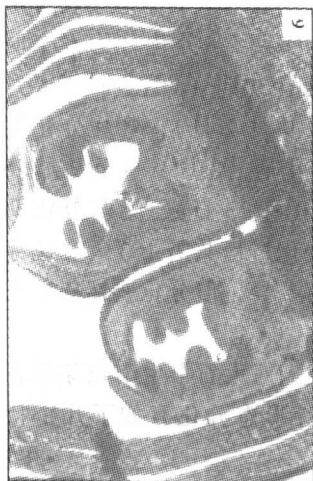
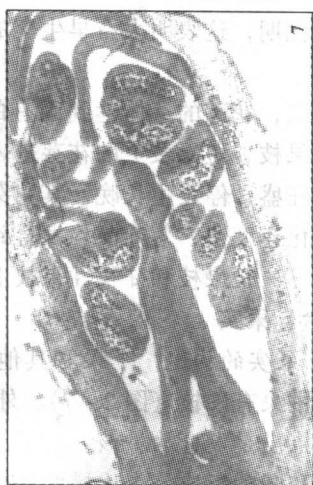


图 2-6 (2) 大石早生李花芽分化过程
 5. 花瓣分化期 6. 雄蕊、雌蕊分化期 7. 花药四分体形成期 8. 胚囊形成期