



西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

植物生理学

实验教程

■ 主编 余前媛



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

植物生理学实验教程

主 编 余前媛
副主编 刘 铭 湛晓芳
编 委 任永波 刘 铭 余前媛
陈 波 涂 勇 湛晓芳

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

植物生理学实验教程/余前媛主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014.9

ISBN 978-7-5640-9779-0

I. ①植… II. ①余… III. ①植物生理学-实验-高等学校-教材 IV. ①Q945-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 220198 号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市天利华印刷装订有限公司

开 本/787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张/11.5

字 数/264 千字

版 次/2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价/32.00 元

责任编辑/梁铜华

文案编辑/梁铜华

责任校对/孟祥敬

责任印制/马振武

序 言

西昌学院校长 夏明忠

为了贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于2007年1月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007年2月，教育部又出台了“关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见”。从此，拉开了中国高等教育“提高质量，办出特色”的序幕，将中国高等教育从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211工程”和“985工程”之后，在高等教育领域实施的又一重大工程。

西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划20条”，确保本科人才培养质量。

通过7年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果。已建成1个国家级特色专业，6个省级特色专业，2个省级教学示范中心，3位省级教学名师，2个省级卓越工程师人才培养专业，3个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16门省级精品课程，2门省级精品课程资源共享课，2个省级重点实验室和1个省级人文社会科学重点研究基地，2个省级实践教学建设项目，1个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4个省级优秀教学团队等等。

为了搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效；促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平。学校决定借建院十周年之机，利用2013年的“质量工程”建设资金资助实施“百书工程”，即出版优秀教材80本，优秀专著40本。“百书工程”原则上支持学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称或获得博士学位的教师。学校鼓励和支持他们出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报，一大批青年教师更希望借此机会促进和提升自身的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面也做了大量的工作；北京理工大学出版社和四川大学出版社也给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社等表示衷心

的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力。

前 言

“植物生理学实验”是作物生产类专业的一门专业基础课，它具有不同于理论教学课的特点和内在规律性。要求对学生进行植物生理学基础知识、方法和技能的训练，既要使学生掌握实验的基本原理、基本方法，更要注意培养学生的实验思路、方法、设计、仪器操作和使用、实验过程中的注意事项、现象观察和结果分析、数据处理等环节的综合能力。但由于各种因素的影响，长期以来，作物生产类专业的植物生理学实验教学主要采用单项实验为主的小实验教学，即每次实验（2~3学时）要求学生测定一项生理指标或一种物质含量。也就是说，在有限的教学时数内，教师为保证学生顺利完成实验，常从每次实验中选择一种最易采集且能获得最佳实验效果的材料，让学生获得单个实验数据，完成一篇模式化的实验报告。目前植物生理学的实验教材也大多是这一模式，这种传统的教学法只能培养学生的实验操作能力和验证部分课堂讲授理论，而不利于学生综合应用能力的培养，更不能激发学生的创新思维。为此，教材编写组依托省级精品课程“植物生理学”的建设，编写具有专业性、加强实践性、突出应用性、注重灵活性的《植物生理学实验教程》教材，构建新的实践教学体系，以适应“本科学历（学位）+职业技能素质”模式培养应用型人才的需要。为适应“本科学历（学位）+职业技能素质”人才培养模式的需要，针对过去植物生理学实践教学及教材建设中存在的问题，我们已在农学、园艺、烟草等与生产实践密切结合的作物生产类专业中进行了植物生理学实践教学改革的探索与实践，有效地提高了学生的实践能力和职业技能。

全书共分两部分内容：基础实验和综合设计性实验。第一部分基础实验旨在使学生掌握一些实验常用的方法及操作技能，为学生提供一个较完整的可供选择的实验技术指南。第二部分综合设计性实验是继完成植物生理学实验基础段教学后的高级实践教学段。综合设计性实验是一次科学研究的实践或模拟训练。在此阶段结合攀西特色作物、教师的科研、企业订单，将相关内容引入教学，提高学生的科研能力，根据教学的条件及生产实际设计实验教学方案，使教学课堂富有学术气氛、实际生产应用价值，在教学中培养学生勇于创新的科学精神和善于开拓的科学研究能力。此外，书后有附录可供学生阅读查用，特别是附录的科技论文的写作要求及规范，使学生能更好地完成实验论文的写作。本教材可供作物生产类专业的学生选用，也可供从事植物生理学及相关学科教学的科研人员参考。

本书在编写过程中参考和引用了大量相关书籍和文献，谨在此向原作者致谢。由于编者水平和时间有限，书中难免会出现遗漏或错误以及不足之处，敬请读者批评指正。

编 者
2014年6月

目 录

上篇 植物生理学基础实验	(1)
实验 1 钾离子对气孔开度的影响 (示范)	(1)
实验 2 植物蒸腾拉力观察 (示范)	(2)
实验 3 植物蒸腾作用的主要方式观察 (示范)	(2)
实验 4 希尔反应的观察 (示范)	(4)
实验 5 叶绿体、光和 CO ₂ 是光合作用的必要条件 (示范)	(4)
实验 6 谷类种子萌发时淀粉酶的形成 (示范)	(6)
实验 7 环境因子对植物吐水的影响 (示范)	(6)
实验 8 气孔运动与 K ⁺ 迁移 (示范)	(7)
实验 9 气孔蒸腾的小孔扩散观察 (示范)	(8)
实验 10 植物根系分泌物的观察 (示范)	(9)
实验 11 植物的向性运动 (示范)	(10)
实验 12 蛋白质分子量的测定 (SDS—聚丙烯酰胺凝胶电泳法)	(11)
实验 13 种子蛋白质含量测定	(13)
实验 14 植物组织中可溶性糖含量测定	(16)
实验 15 植物组织中维生素 C 含量的测定	(19)
实验 16 植物体内有机酸含量的测定	(22)
实验 17 叶绿体色素的定量测定	(24)
实验 18 叶绿体色素的提取分离及其性质鉴定	(25)
实验 19 改良半叶法测定大田作物光合强度	(27)
实验 20 植物组织中自由水和束缚水含量的测定	(29)
实验 21 植物组织水势测定 (小液流法)	(30)
实验 22 植物的溶液培养	(31)
实验 23 植物根系活力的测定	(33)
实验 24 植物种子生活力快速测定	(35)
实验 25 植物组织丙二醛含量测定	(37)
实验 26 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性测定	(39)
实验 27 淀粉酶活力的测定	(42)
实验 28 植物体内硝酸还原酶活性的测定	(45)
实验 29 广口瓶法测定植物的呼吸速率	(46)
实验 30 植物过氧化物酶同工酶的测定 (凝胶圆盘电泳)	(47)
实验 31 植物体内过氧化氢酶活性测定	(49)
实验 32 植物体内过氧化物酶活性测定	(52)

实验 33	植物体内游离脯氨酸含量的测定	(53)
实验 34	植物硝态氮的比色测定	(54)
实验 35	植物激素类物质的生理效应及生物鉴定	(56)
实验 36	植物膜脂脂肪酸的分析	(60)
实验 37	植物抗逆性的鉴定 (电导仪法)	(61)
下篇	植物生理学综合设计性实验	(63)
	综合设计性实验的基本要求	(63)
	综合设计性实验建议实验项目	(64)
	项目 1 切花保鲜剂配方的筛选或保鲜剂对切花衰老的影响	(64)
	项目 2 果蔬的人工催熟	(65)
	项目 3 果实成熟时有机物及呼吸速率的变化	(66)
	项目 4 光对种子萌发及幼苗生长的影响	(66)
	项目 5 氮、磷、钾、铁元素对植物生长的影响	(67)
	项目 6 逆境对植物的影响	(68)
	项目 7 植物生长调节剂对插条生根的影响	(69)
	项目 8 赤霉素 920 对植物生长的影响	(69)
	项目 9 果蔬中主要营养成分含量的测定	(70)
	项目 10 重金属元素对植物生长的影响	(71)
附录一	植物生理学综合设计性实验设计前相关知识扩展 (示范项目 1)	(72)
附录二	植物生理学综合设计性实验论文写作规范	(82)
附录三	农业科学学院农学专业部分学生植物生理学综合设计性实验论文	(86)
附录四	常用缓冲液的配制	(151)
附录五	一般化学试剂的品级纯度及中外等级对照	(158)
附录六	常用酸碱及其他化合物的重要参数	(160)
附录七	液体体积的度量仪器及使用方法	(161)
附录八	玻璃仪器的洗涤及各种洗涤液的配制	(166)
参考文献		(169)

上篇

植物生理学基础实验

植物生理学实验，具有不同于理论教学课的特点和内在规律性。本教学环节要求对学生进行植物生理学基础知识、方法和技能的训练。既要让学生掌握实验的基本原理和基本方法，更要在实验思路、方法、设计、仪器操作和使用、实验过程中的注意事项、现象观察和结果分析、数据处理等环节提升学生的综合能力。为此要求完成示范性演示性实验、验证性实验、全程参与性实验的教学。示范性演示性实验，通过教师的演示，掌握一些实验常用的方法及操作技能。验证性实验，通过操作实验，复习和巩固理论知识，提高实践操作技能。全程参与性实验要求学生在教师指导下完成从实验准备（包括试剂、仪器等准备）到实验结束的整个过程并熟悉实验室的基本情况。示范性演示性实验（实验1~实验11），验证性实验、全程参与性实验（实验12~实验37）统称为基础实验。

实验1 钾离子对气孔开度的影响（示范）

一、实验原理

保卫细胞的渗透系统可由钾离子调节，无论是环式光合磷酸化还是非环式光合磷酸化都可形成ATP（腺嘌呤核苷三磷酸），ATP不断供给保卫细胞膜上的 H^+ 泵能量，使保卫细胞中的 H^+ 泵出，并从周围表皮细胞吸收钾离子，降低保卫细胞的水势，使保卫细胞吸水，气孔张开。

二、实验材料、仪器设备与试剂

（一）实验材料

蚕豆叶片。

（二）仪器设备

显微镜；恒温箱；盖玻片；载玻片；培养皿；滴管。

（三）试剂

0.5%硝酸钾溶液；0.5%硝酸钠溶液；蒸馏水。

三、实验步骤

（1）在三个培养皿中分别加入0.5% KNO_3 溶液、0.5% $NaNO_3$ 溶液及蒸馏水各15 mL。

（2）撕取蚕豆叶下表皮若干放入上述三个培养皿中。

(3) 将培养皿放入 25 ℃ 恒温箱中，使溶液温度达到 25 ℃。

(4) 将培养皿置于光照条件下光照 30 min，然后分别在显微镜下观察气孔开度。

【思考题】

(1) 钾离子引起气孔张开的原理是什么？

(2) 根据实验结果，解释钾离子引起气孔张开的机理。

实验 2 植物蒸腾拉力观察（示范）

一、实验原理

在光照条件下，植物叶片气孔开放，叶肉细胞中的水经气孔蒸腾散失，引起这些细胞水势下降，向周围细胞吸水，继而引起一系列水势下降，产生自上（叶）而下（茎）的水分提升力，即蒸腾拉力，使水被“拉入”茎导管，即引起了水分的被动吸收。蒸腾拉力很强大，足以使土壤中的水上升到高大树木的顶部。

二、实验材料、仪器设备与试剂

（一）实验材料

旺盛生长的木本植物枝条。

（二）仪器设备

玻璃管；乳胶管；圆形玻缸；铁架台。

（三）试剂

水银。

三、实验步骤

剪取有叶枝条一枝，立即在水中剪掉切口以上一小段，以免气泡进入导管。取长 40 ~ 50 cm，直径与枝条粗度相近的玻璃管，注满水，用乳胶管将玻璃管与枝条切口端连接，玻璃管另一端插入盛水银的玻缸中。将枝条、玻璃管固定于铁架台上。整个装置置于阳光下。0.5 ~ 1 h 后即可见水银由圆形玻缸中上升到玻璃管中。

【思考题】

记录实验结果并解释所观察到的现象。

实验 3 植物蒸腾作用的主要方式观察（示范）

一、实验原理

蒸腾作用是指植物体内的水分以气态形式散失到大气中去的過程。蒸腾作用有多种方式。幼小的植物，暴露在地上部分的全部表面都能进行蒸腾作用。植物长大后，茎枝表面形成木栓，未木栓化的部位有皮孔，可以进行皮孔蒸腾。但皮孔蒸腾量甚微，仅占全部蒸腾量

的0.1%左右，植物的茎、花、果实等部位的蒸腾量也很有限，因此，植物蒸腾作用绝大部分是靠叶片进行的。叶片的蒸腾作用方式有两种：一是通过角质层的蒸腾，称为角质蒸腾；二是通过气孔的蒸腾，称为气孔蒸腾。角质层本身不易让水通过，但角质层中间含有吸水能力强的果胶质，同时角质层也有孔隙，可让水分自由通过。角质蒸腾和气孔蒸腾在叶片蒸腾中所占的比重，与植物的生态条件和叶片年龄有关，实质上也就是和角质层厚薄有关。例如：阴生和湿生植物的角质蒸腾往往超过气孔蒸腾。幼嫩叶片的角质蒸腾可达总蒸腾量的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 。一般植物成熟叶片的角质蒸腾，仅占总蒸腾量的3%~5%。因此，气孔蒸腾是中生和旱生植物蒸腾作用的主要方式。

二、实验材料、仪器设备与试剂

(一) 实验材料

绿色植物植株；植物切枝、切叶。

(二) 仪器设备

锥形瓶；试管。

(三) 试剂

凡士林；蒸馏水。

三、实验步骤

1. 植物蒸腾作用观察

取一盆绿色植物，把一片叶片装进干燥的锥形瓶里，用棉花包紧叶柄塞住瓶口，密封后，放在阳光充足的地方（图3-1）。一段时间后，锥形瓶的内壁出现一些水珠。显然，水珠是由叶片蒸腾出来的水蒸气凝结而成的。

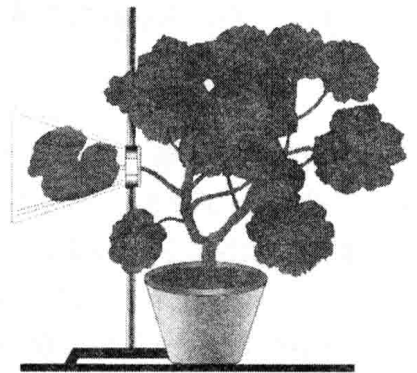


图3-1 植物蒸腾作用观察

2. 蒸腾作用方式观察

取长势相同的植物切枝、切叶，按图3-2的方式进行处理，三天后观察液面高度的变化。

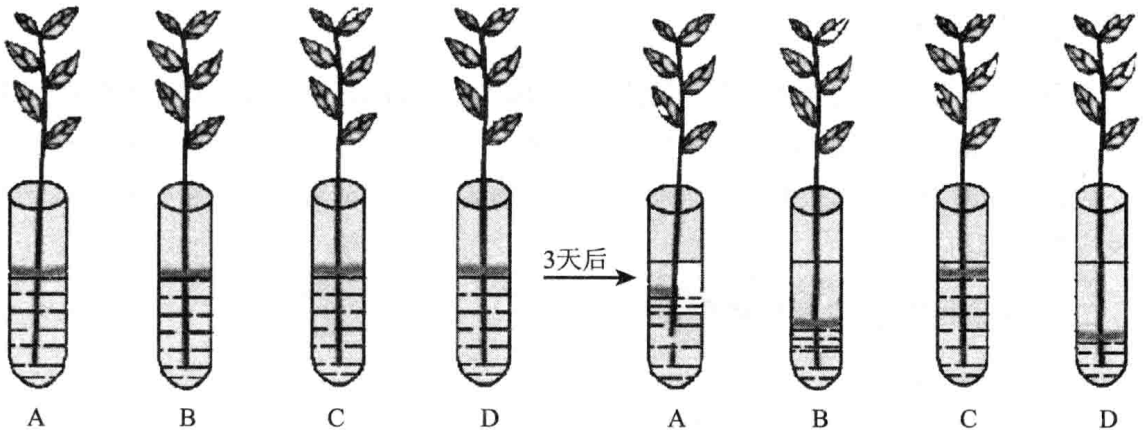


图3-2 植物蒸腾方式观察

A—叶的下表面涂凡士林；B—叶的上表面涂凡士林；C—叶的上下表面都涂凡士林；D—叶的上下表面都不涂凡士林

实验4 希尔反应的观察（示范）

一、实验原理

希尔反应（Hill Reaction）是绿色植物的离体叶绿体，在光下分解水放出氧气同时还原电子受体的反应。氧化剂 2, 6-二氯酚靛酚是一种蓝色染料，接受电子和 H^+ 后被还原，变成无色。既可以直接观察颜色的变化，也可用分光光度计对还原量进行精确测定。

二、实验材料、仪器设备与试剂

（一）实验材料

菠菜或其他绿色植物的新鲜叶片。

（二）仪器设备

研钵；石英砂；小试管；试管架；漏斗；纱布；小烧杯；剪刀。

（三）试剂

0.1% 2, 6-二氯酚靛酚溶液；蒸馏水。

三、实验步骤

取新鲜的菠菜或其他植物叶片 0.5 g，剪碎后放入研钵中，研磨成匀浆。加 50 mL 蒸馏水，通过 5~6 层纱布，过滤到小烧杯中，即得到叶绿体粗悬浮液。取试管 2 支，每支试管中分别加入叶绿体悬浮液 5 mL，0.1% 2, 6-二氯酚靛酚溶液 5~6 滴，摇匀。将其中一支试管置于直射光下，另一支试管置于暗处，并注意观察直射光下的试管液颜色的变化。5~8 min 后，将置于暗处的试管取出，比较两管溶液颜色的变化。

实验5 叶绿体、光和 CO_2 是光合作用的必要条件（示范）

一、实验原理

光合作用是绿色植物吸收太阳光的能量，同化 CO_2 和 H_2O 为有机物质，并释放出 O_2 的过程，其中叶绿体、光和 CO_2 是光合作用的必要条件，由于一般植物的光合作用能产生淀粉，故以淀粉能否生成为依据即可判断光合作用能否进行，可借助于淀粉与 I_2-KI 产生蓝色反应来检查。

二、实验材料、仪器设备与试剂

（一）实验材料

天竺葵；洋紫苏；洒金榕或其他绿色植物的新鲜叶片。

（二）仪器设备

玻璃钟罩；烧杯；酒精灯；表面皿；滴管；锡铂或黑纸片；镊子；水浴锅。

(三) 试剂

(1) 1% NaHCO_3 溶液；饱和 KOH 溶液；95% 乙醇溶液；1% HCl 溶液；蒸馏水。

(2) I_2 — KI 溶液：2 g KI 溶于 5 mL 蒸馏水中，再加 1 g I_2 ，溶解后加蒸馏水 595 mL。

三、实验步骤

1. 证明光合作用中叶绿体的必要性

在上午 10:00 后，选择生长正常的洋紫苏叶片（或洒金榕、银边吊兰等叶片）放在烧杯中加蒸馏水煮沸，然后将蒸馏水倒掉，加入 95% 乙醇溶液，放在水浴锅里煮沸（注意：装着酒精的烧杯不能放在火焰上直接加热，以免发生危险），直至叶绿素全部浸出，叶片呈现白色为止，此时用镊子取出叶片，并将其展开于表面皿上，滴上 I_2 — KI 溶液，观察其颜色的变化，可见到原有绿色的部分呈蓝色，而非绿色的部分则呈白色。

2. 证明光合作用中光的必要性

在早上太阳出来之前，选择生长正常的叶片（如天竺葵、黄豆、洋紫苏、胜红蓟、菜豆等叶片），用黑纸将叶片的一半（上、下面）遮光（注意：遮光部分不能漏光），让植株在阳光下照射 5~6 h，然后将叶片剪下，其后处理（去叶绿素、检查淀粉生成）过程与步骤 1 相同。可见叶片经过遮光照射的部分呈白色，而经直接照光的部分则呈蓝色（注意：如果在实验前一天将叶片先遮光处理，效果更好）。

3. 证明光合作用中 CO_2 的必要性

在实验前 1~2 天选择生长正常的植株 2 株（如天竺葵、黄豆、菜豆、胜红蓟等植株），先经暗处理，使叶片中的淀粉消失。实验时在水中剪下枝条 2 段，并将它们分别插在两个盛有水的烧杯中，然后将它们分别放进钟罩里，并做如下处理：钟罩 (a) 用小烧杯装有饱和 KOH 溶液 10~20 mL，使之吸收 CO_2 。钟罩 (b) 内放上盛有少许 NaHCO_3 （约 0.1 g）和 HCl 15 mL（浓度为 1%），使之放出 CO_2 。（或直接放上 NaHCO_3 20 mL，浓度为 1%），并用凡士林将钟罩贴于玻璃板上，使钟罩内成为一密闭装置（图 5-1）。将该装置放在阳光下照射 4~6 h，取出叶片，其后处理（去叶绿素，检验淀粉生成）过程与步骤 1 相同。比较两种处理方式下的叶片颜色有何不同。

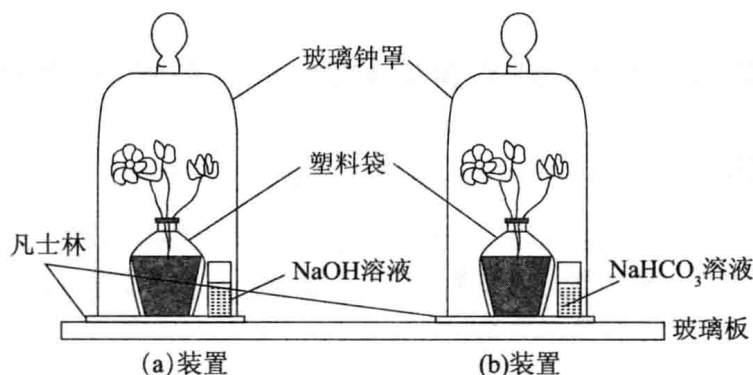


图 5-1 CO_2 是光合作用的必要条件

实验6 谷类种子萌发时淀粉酶的形成（示范）

一、实验原理

当种子萌发时，水解酶的活性大大增强，子叶或胚乳中储藏的有机物，在水解酶的作用下降解为简单的化合物，满足幼苗生长时的需要。淀粉酶在萌发过程中形成，可使淀粉水解成糖。利用淀粉对 I_2 -KI 的蓝色反应，即可检测淀粉酶的存在。

二、实验材料、仪器设备与试剂

（一）实验材料

小麦种子。

（二）仪器设备

培养皿；烧杯；恒温箱；研钵；琼脂；毛笔。

（三）试剂

淀粉； I_2 -KI 溶液；蒸馏水。

三、实验步骤

（1）取小麦种子进行萌发，备用。

（2）称取琼脂 2 g 置于烧杯中，加蒸馏水 100 mL，小火加热，不断搅拌，使琼脂溶解。另取淀粉 1 g 于小烧杯中，加水少许调匀，待琼脂溶解后，将淀粉悬液倒入，搅匀，趁热将琼脂倒在培养皿中使之成一薄层，冷却凝固后备用。

（3）取已萌发和未萌发的小麦种子各 30 粒，分别于研钵中加蒸馏水 10 mL 研磨，再用蒸馏水 10 mL 将研碎物全部冲洗于小烧杯中，静置 15 min。将上层清液倒入另一烧杯中，此即淀粉酶提取液。

（4）用毛笔蘸取发芽和未发芽的种子提取液各少许，分别在培养皿内淀粉琼脂平板上绘“一”字样，盖上皿盖，放于 25 ℃ 恒温箱中，经 30 min 后，以稀 I_2 -KI 溶液浸湿整个平板，比较两个培养皿中用提取液绘出字样的地方颜色的深浅程度。

实验7 环境因子对植物吐水的影响（示范）

一、实验原理

吐水是从植株的叶片尖端或边缘的水孔向外溢出液滴的现象。吐水现象主要在有水孔的植物上发生，有时也可在叶的气孔或枝条的皮孔上发生。在土壤水分充足、潮湿温暖、蒸腾微弱的环境中，易观察到植株吐水现象。

吐水汁液的化学成分没有伤流液那样复杂。因为吐水是经细胞渗出，许多有机物和盐类已被细胞选择性地截留了。

作物生长越健壮，根系活动越强，吐水量也就越多。因此，吐水现象可以作为根系生理活性的指标。

二、实验材料、仪器设备与试剂

(一) 实验材料

盆栽燕麦；盆栽小麦；盆栽玉米。

(二) 仪器设备

玻璃钟罩；玻璃缸；冰块；滤纸或脱脂棉。

(三) 试剂

10% NaCl 溶液；三氯甲烷；食盐。

三、实验步骤

(1) 实验前一周在花盆中种上燕麦、小麦、玉米幼苗，或在铺有滤纸或沙子的培养皿上培育幼苗。

(2) 用钟罩罩住有幼苗的钵，由于植物蒸腾作用而使罩内空气湿度增加，蒸腾作用因而减弱，经过一定时间后植物即开始以吐水方式来排除多余的水分。观察幼苗吐水现象，并用脱脂棉或滤纸吸去植株幼苗上的水滴，注意观察水滴的重新出现，并记下水滴形成的速度。重复 2~3 次，算出平均速度。

(3) 低温对植物吐水的影响。在一较大玻璃缸中放入冰水，并加适量的食盐使溶液的温度降得更低，将具有吐水现象的植物的钵置于其中，用滤纸吸去幼苗上的水滴，罩上钟罩观察低温对吐水有什么影响，也可用冰水直接浇灌进行观察。

(4) 降低土壤水势对吐水的影响。在栽有幼苗的钵中加入 10% NaCl 溶液直至土壤潮湿为止，用滤纸吸去幼苗上的水滴，罩上钟罩进行观察。

(5) 抑制根系活动的影响。用滤纸吸去正常植株的吐水后，取少量脱脂棉沾上三氯甲烷后放入幼苗丛中，罩上钟罩进行观察。

实验 8 气孔运动与 K^+ 迁移 (示范)

一、实验原理

气孔开关的钾离子泵学说认为，在光照条件下，保卫细胞或副卫细胞内钾离子累积，细胞内的渗透势降低，从而吸水膨胀，使气孔张开；反之，在黑暗条件下，保卫细胞或副卫细胞内的钾离子外流，气孔关闭。用亚硝酸钴钠的组织化学染色法，在显微镜下检查双子叶植物保卫细胞和单子叶植物保卫细胞中的钾离子，钾离子与亚硝酸钴钠形成黄色的亚硝酸钴钠钾沉淀，如再与硫化铵作用则形成 CoS 的黄黑色结晶。

二、实验材料、仪器设备与试剂

(一) 实验材料

玉米苗；蚕豆苗。

(二) 仪器设备

显微镜；镊子；剪刀；100 W 白炽灯；载玻片和盖玻片。

(三) 试剂

- (1) 5% 硫化铵和 5% 甘油的固定液；
- (2) 10% 的亚硝酸钴钠溶液：称取 10 g 亚硝酸钴钠配成 10% 的溶液，取该溶液 10 mL 加一滴冰醋酸进行酸化，用时现配。

三、实验步骤

1. 材料准备与处理

实验前先将玉米和蚕豆种子播于花盆中，当苗长至 30 cm 左右时，即可用作实验材料。在培养观察中，最好施少量钾肥，特别是冬季在温室内培养时，要防止因缺钾而造成实验结果不明显。实验前取两盆培养的植物，将其中一盆放进暗室，另一盆用 100 W 白炽灯距离花盆 30 ~ 40 cm，照光 1 ~ 2 h。

2. 撕取表皮并染色

从经过光处理和暗处理的植株上分别摘取成熟叶片，用刀片在叶片的下表皮上划出 5 mm × 5 mm 的小方块，再用尖头镊子撕取下表皮；把表皮放在冷却的蒸馏水中冲洗 2 min，以洗去外部的 K^+ ；然后放入冷却的亚硝酸钴钠溶液中，染色 15 min 后取出，用冷却的蒸馏水漂洗一下，迅速转移至冷却的 50% 乙醇溶液中漂洗 15 min，漂洗时最好搅动几次，换一次乙醇溶液，此时形成亚硝酸钴钠钾的黄色沉淀物。

以上操作要在 3 ℃ 以下的条件下或在冰浴中进行。

3. 固定样品

将制备好的样品，放在载玻片上，加一滴含有 5% 硫化铵和 5% 甘油的固定液固定，盖上盖玻片，在显微镜下观察，黄黑色的结晶即亚硝酸钴钠钾的黄色沉淀在硫化铵作用下形成的 CoS 。

实验 9 气孔蒸腾的小孔扩散观察（示范）

一、实验原理

气孔蒸腾是植物散失水分的主要途径，气孔口很小，其总面积一般不超过叶面积的 1%，可是通过气孔蒸腾所损失的水分却达到与叶面积相等的自由表面的 50% ~ 100%，如此惊人的蒸腾量，可以用小孔扩散原理加以说明。水分通过小孔扩散的量与小孔的周长成正比，而与小孔面积不成比例。此实验所产生的现象可以证明小孔边缘效应的存在。

二、实验材料、仪器设备及试剂

(一) 实验材料

聚氯乙烯塑料薄膜。

(二) 仪器设备

天平；酒精灯；小烧杯；培养皿；刀片；尺及解剖针；卡片纸。

(三) 试剂

1% 琼脂溶液；石蜡；红墨水；丙酮。

三、实验步骤

(1) 物质通过小孔扩散的途径。预备聚氯乙烯塑料薄膜一张，取解剖针于酒精灯上加热，在薄膜中央穿刺一小孔。配制 1% 琼脂溶液，倒入一小烧杯中，在琼脂还未完全凝固时，将薄膜小心地贴在琼脂的表面，使小孔位于烧杯的中央。等琼脂凝固后，在薄膜上倒红墨水少许。4~5 h 后，即可看到红墨水通过小孔向琼脂凝胶中扩散，形成一个有色的半球形，显示有色溶液通过小孔扩散的途径。

(2) 取两张卡片纸剪成与培养皿大小一致的圆片，然后在一张卡片纸的中部剪出一个边长为 4 cm 的正方形大孔，则面积为 16 cm^2 ；在另一卡片纸上剪 16 个均匀分布、边长为 1 cm 的正方形小孔，使其总面积与大孔相等，再将这两张卡片纸分别浸于熔化的石蜡中，稍后取出盖在培养皿上，且用石蜡将边缘封严，并于两培养皿中各加入等量的丙酮，分别置于天平两边，再用丙酮调节使之平衡，15~30 min 后，由于小孔具有较高的边缘效应，丙酮蒸发较快，因此天平指针倾向大孔卡片纸一边，可以看出孔的总面积虽相等，但丙酮通过小孔的散失比大孔要快得多。由此证明，因为小孔的周缘长度比大孔大，所以其边缘效应要大。

实验 10 植物根系分泌物的观察（示范）

一、实验原理

植物的根系是一个生命活动极为活跃的器官，它能合成一些生命所必需的物质，供应其他器官，同时也能将一些物质排出体外，改变周围环境（土壤），从而影响根际生物的生长。

二、实验材料、仪器设备与试剂

（一）实验材料

燕麦或荞麦种子。

（二）仪器设备

恒温箱；烘箱；水浴锅；培养皿；移液管；试管。

（三）试剂

(1) 0.1% 茛三酮乙醇溶液；稀 I_2 -KI 溶液，0.02% 淀粉-琼脂（2%）溶液； $5 \times 10^{-4} \text{ mol/L CaSO}_4$ 溶液；

(2) 萘酮试剂：称取 1 g 萘酮，溶解于 1000 mL 稀硫酸中即可。稀硫酸溶液由 760 mL 浓硫酸（相对密度 1.84）稀释成 1000 mL 而成。

三、实验步骤

1. 氨基酸的检出

将若干燕麦或荞麦种子播于培养皿中萌发，待根长 2~3 cm 时，即可用作实验材料。小心取出萌发种子放在另一垫有湿润滤纸的培养皿中，上面再盖上一张湿润滤纸。为使根系与滤纸接触良好，也可将胚芽除去，将培养皿置于 25 ℃ 恒温箱中过夜。移除种子，将滤纸烘