

能力培养型生物学基础课系列实验教材

侯福林 主编

植物生理学实验教程

(第二版)

Plant Physiology Experiment



科学出版社

www.sciencep.com

能力培养型生物学基础课系列实验教材

植物生理学实验教程

(第二版)

侯福林 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书为高等师范院校新世纪教材——《植物生理学》配套教科书,依据高等师范院校植物生理学教学大纲,在多年实践和研究的基础上编写而成。全书分基础性实验、综合性实验和研究性实验三部分,共70个实验,涉及植物生理学的基本原理、基础知识和基本实验技能,以利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书可以作为高等师范院校生命科学专业本、专科实验教材,也可供学生毕业论文实践及农林院校与植物生理学相关的师生和科研人员参考,亦可供中学生物学教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学实验教程 / 侯福林主编. — 第二版. — 北京: 科学出版社, 2010. 2

能力培养型生物学基础课系列实验教材

ISBN 978-7-03-026792-4

I. ①植… II. ①侯… III. ①植物生理学-实验-师范大学-教材 IV. ①Q945-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 022830 号

责任编辑: 陈 露 / 责任校对: 刘珊珊
责任印制: 刘 学 / 封面设计: 殷 靓

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

上海敬民实业有限公司长阳印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010年3月第 二 版 印张: 8 1/2

2010年3月第七次印刷 字数: 153 000

印数: 17 801—21 300

定价: 15.00 元

再版说明

生物科学是一门实验性学科,实验教学在其专业课学习中占有十分重要的地位,动手能力、综合分析能力和创新能力的培养主要依靠实验教学来完成。

受传统教育思想的影响,几十年来我国高等师范院校生物科学专业的实验教学以学科知识为体系,从属于理论教学,以验证理论知识和学习实验技术为主要目的,忽视了能力的培养,扼杀了学生的创新欲望。实验内容繁琐,存在着大量的低水平的重复,远远不能适应创新型人才培养的要求。

随着我国高等教育的快速发展,能力培养越来越引起国家和学校的重视。高教部下发的《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》中特别强调“进一步加强实践教学,注重学生创新精神和实践能力的培养”,指出:“实践教学对于提高学生的综合素质、培养学生的创新精神与实践能力具有特殊作用。高等学校要重视本科教学的实验环节,保证实验课的开出率达到本科教学合格评估标准,并开出一批综合性、设计性实验。”本套能力培养型实验教材就是适应我国高等教育创新性人才培养的需要而编写的。

本套教材将实验分为基础性实验、综合性实验和研究性实验三种类型。

基础性实验是经过精选的最基本的、最代表学科特点的实验方法和技术,通过学习使学生掌握相应学科的基本知识与基本技能,为综合性实验奠定基础。

综合性实验由多种实验手段与技术 and 多层次的实验内容所组成,要求学生独立完成预习报告、试剂配制、仪器安装与调试、实验记录、数据处理和总结报告。综合性实验主要训练学生对所学知识和实验技术的综合运用能力、对实验的独立工作能力、对实验结果的综合分析能力,为研究性实验的顺利开展做好准备。

研究性实验是在完成基础性实验和综合性实验的基础上,以相应学科的研究为主结合其他学科的知识与技术,由学生自己设计实验方案,开展科学研究,撰写课程研究论文,使学生得到科学研究的初步训练,为毕业论文研究工作的开展打下基础。部分优秀课程研究论文可进一步深化、充实,作为毕业论文参加答辩。

本套教材试图从下述几个方面有所突破和创新:

1. 以能力培养为核心,通过综合性实验和研究性实验的开设,启发学生思维,引导学生创新。

2. 本套教材是我国高校第一套生物科学基础实验课系列性教材,在编委会的

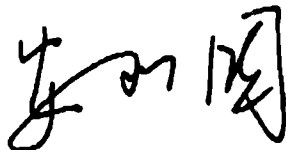
统一领导下完成,避免了低层次重复,体现了实验内容的系统性。

3. 本套教材特别强调实用性和可操作性,实验内容已在编者所在学校开设了多年,得到了教学实践的检验。

4. 本套教材充分体现先进性,尽可能反映生命科学的最新进展。

5. 每本教材都附有实验报告和研究论文范文,为学生提供了实验报告的规范性样板,对培养学生严谨、仔细的学风具有一定的指导作用。

本套教材自 2004 年出版以来,受到全国各地高校的普遍欢迎,迄今为止,已被近百所院校选用,累计重印量达到 20 万册。教材的创新性和实用性也得到了大家的认可,先后获得山东省实验教学成果奖和高等学校优秀教材奖。这几年来生物科学又有了很大的发展,教材的内容需要随之更新,各校在使用过程中也发现了一些问题。在广泛征求意见的基础上,本次再版对编者进行了调整和充实,对内容进行了修订和更新,力求使教材的水平不断得到提高。尽管各位主编和编委已经尽了最大努力,但是,由于编者水平所限,肯定还有不少的错误,恳请各位同仁不吝赐教,继续对本套教材给予关心和支持。



2009 年 12 月

第二版前言

《植物生理学实验教程》(以下简称《教程》)一书自 2004 年出版以来,为许多兄弟院校所采用,先后进行了 6 次印刷。近年来植物生理学和其他学科一样有了很大的发展,教学内容更为丰富,新技术和新方法的应用更为普遍;同时中学生物学课程改革中也增加了植物生理学方面的实验内容,因此,原《教程》已不能适应新的形势,有必要进行及时修改。

这次修改工作,我们广泛征求了各方面的意见,收到了许多宝贵的建议,使我们更加明确了修改的方向。修改后的《教程》增加了不少新的内容,新增 11 个实验,并删减 2 个实验。对兄弟院校的有关支持,我们表示十分感谢。在修改中范海、杜希华、宋杰做了大量工作,在此一并表示感谢。

修订后的《教程》在保留第一版特色的基础上充实了一些新技术和新方法,可为植物生理学实验和学生进行毕业论文或科学研究提供参考;同时增加了部分基础实验和研究性实验,可为中学生物学基础实验和探究性实验提供参考。

本书是全体编写人员集体智慧的结晶,具体分工为:实验 1、17 由王效忠编写;实验 3、4、5、11 由张立富编写;实验 6、7、12、15 由刘国富编写;实验 13、14、18、35、36、37 由蒋小满编写;实验 2、9、20、21、22、23、24、29、30、31、32、33、34、56、57、59、60 由范海编写;实验 19、48、49、50、51、65、66 由杜希华编写;实验 25、26、27、28 由刘兴坦编写;实验 52、53、54、55 由刘家尧编写;实验 58、64、67、68、69、70 由宋杰编写;实验 8、10、16、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、61、62、63 及附录由王兴安、孙永岭、陈彦、邱念伟、徐爱东、许卉、王艳芳、李丽霞、李运祥、李日太、李晓梅等编写;全书由侯福林统稿。

本书可以作为高等师范院校生命科学专业本、专科实验教材,可供学生毕业论文实践及农林院校与植物生理学相关专业的师生和科研人员参考,亦可供中学生物教师参考。

最后,恳请读者对本书的错误和不妥之处,提出批评和指正,以利后续补充和修改。

侯福林

2010 年 2 月

目 录

再版说明
第二版前言

第一部分 基础性实验

第一章 植物的水分代谢·····	(1)
实验 1 蒸腾拉力、吐水及小孔扩散的测定 ·····	(1)
实验 2 蒸腾速率的测定 ·····	(2)
第二章 植物的矿质营养·····	(5)
实验 3 植物溶液培养及缺素症的观察 ·····	(5)
实验 4 植物对离子的选择性吸收 ·····	(7)
实验 5 单盐毒害及离子拮抗作用 ·····	(8)
第三章 光合作用·····	(10)
实验 6 光合作用的条件及产物 ·····	(10)
实验 7 叶绿体色素的提取、分离及理化性质的鉴定 ·····	(11)
实验 8 植物光合作用和呼吸作用的验证 ·····	(13)
实验 9 Chl a 与 Chl b 的吸收光谱的绘制 ·····	(14)
实验 10 改进干重法测定光合速率 ·····	(15)
第四章 植物的呼吸作用·····	(18)
实验 11 呼吸速率的测定——广口瓶法 ·····	(18)
实验 12 植物体内几种呼吸酶的测定 ·····	(19)
第五章 植物生长物质·····	(21)
实验 13 萘乙酸对小麦根芽生长的影响 ·····	(21)
第六章 植物的生长生理·····	(23)
实验 14 种子生活力的快速测定 ·····	(23)
实验 15 种子萌发过程中淀粉、脂肪、蛋白质的转化 ·····	(25)
第七章 植物的生殖生理·····	(29)
实验 16 植物的光周期诱导 ·····	(29)
实验 17 花粉管的生长及其向化性 ·····	(30)

第八章 植物的成熟与衰老生理	(32)
实验 18 植物激素对器官脱落的调节作用	(32)
第九章 植物的逆境生理	(34)
实验 19 低温对植物的伤害	(34)

第二部分 综合性实验

第十章 植物水分状况的测定	(35)
实验 20 植物含水量的测定	(35)
实验 21 植物相对含水量的测定	(35)
实验 22 植物组织水势的测定	(36)
实验 23 植物组织渗透势的测定	(39)
第十一章 氮素缺乏对植物生命活动的影响	(43)
实验 24 植物体内硝态氮含量的测定	(43)
实验 25 根系体积的测定	(45)
实验 26 根系活力的测定	(45)
实验 27 硝酸还原酶的提取和测定	(50)
实验 28 细胞有丝分裂指数的测定	(51)
第十二章 植物光合性能的测定	(53)
实验 29 植物叶片光合速率及其气体交换参数的测定	(53)
实验 30 植物光响应曲线和 CO ₂ 响应曲线的制作	(56)
实验 31 光呼吸速率的测定	(59)
实验 32 Chl a 与 Chl b 含量的测定(分光光度法)	(61)
实验 33 植物叶面积的测定	(63)
实验 34 叶绿素荧光动力学技术的应用	(64)
第十三章 植物激素的生物鉴定	(68)
实验 35 IAA 和 ABA 的生物鉴定——小麦胚芽鞘法	(68)
实验 36 GA ₃ 、CTK、ABA 生物鉴定——莴苣种子的发芽试验	(70)
实验 37 GA ₃ 诱导大麦种子 α-淀粉酶的合成	(71)
第十四章 植物生长物质在生产实践中的应用	(73)
实验 38 打破休眠与抑制萌发	(73)
实验 39 促进生长与控制徒长	(75)
实验 40 促进插条生根	(76)
实验 41 选择除草	(78)
实验 42 化学杀雄	(78)

实验 43	球茎(根)花卉的花期调节	(78)
实验 44	防止落花落果	(79)
实验 45	切花的延衰保鲜	(80)
实验 46	黄瓜性别分化	(81)
实验 47	果实催熟	(82)
第十五章	植物组织培养综合实验技术	(84)
实验 48	培养基的配制	(84)
实验 49	灭菌、消毒与接种	(87)
实验 50	植物离体培养中的形态发生与观察	(91)
实验 51	试管植株的驯化与移栽	(93)
第十六章	逆境条件下植物幼苗的某些生理生化变化	(95)
实验 52	实验材料及胁迫处理	(95)
实验 53	植物细胞质膜透性的测定(电导率法)	(95)
实验 54	植物组织中丙二醛含量的测定	(96)
实验 55	脯氨酸含量的测定	(97)
实验 56	SOD 活性的测定	(98)

第三部分 研究性实验

实验 57	光和 K^+ 对气孔开度的影响	(101)
实验 58	验证 NaCl 对盐生植物生长的促进作用	(101)
实验 59	C_4 植物的筛选	(102)
实验 60	环境因素对植物光合速率的影响	(102)
实验 61	延长果实贮藏时间	(103)
实验 62	观察植物的向性运动	(103)
实验 63	观察植物激素或生长调节剂对植物生长发育的影响	(104)
实验 64	NaCl 对种子萌发的影响	(104)
实验 65	用植物组织培养技术培养烟草叶切片至完整植株的实验 方案	(105)
实验 66	设计无病毒苗培养和产业化生产的具体方案	(106)
实验 67	植物生长调节物质在农业和林业生产中的应用情况调查	(106)
实验 68	ABA 对植物抗旱性的影响	(107)
实验 69	塑料大棚栽培中如何调节光、温度、水、肥等因子以达到高产 目的	(108)
实验 70	调查目前农业生产中化肥的使用对土壤与环境的影响	(108)

附录	(109)
附录 1 本书使用的 SI 单位物理量	(109)
附录 2 常用的酸碱及其主要性质	(110)
附录 3 常用的有机溶剂及其主要性质	(110)
附录 4 一些常用的缓冲溶液	(112)
附录 5 不同温度下以空气饱和的水中的氧含量	(114)
附录 6 常用酸碱指示剂	(114)
附录 7 植物组织和细胞培养常用基本培养基成分	(115)
附录 8 组织培养常用植物激素、生长调节物质及一些药品	(117)
附录 9 常用植物激素、生长调节物质浓度单位换算表	(118)
附录 10 实验报告范文	(119)
参考文献	(122)

第一部分

基础性实验

第一章 植物的水分代谢

实验 1 蒸腾拉力、吐水及小孔扩散的测定*

1-1 蒸腾拉力的测定

【实验原理】

蒸腾时植物叶中因失水而产生巨大的拉力,即蒸腾拉力,又因水和水银之间有吸附力,水银即被牵引,沿玻璃管上升,根据水银上升的高度,可测蒸腾拉力的大小。

【材料与用品】

侧柏枝条(刚刚剪下的)带叶枝条;
90 cm 细玻璃管、铁架、铁夹、烧杯、米尺、厚橡皮管;
水银、NaOH 溶液。

【方法与步骤】

取长 90 cm 的细玻璃管,用 NaOH 溶液洗净,用水冲洗后,在管内装满冷开水,下端用手指堵好,上端用厚橡皮管与侧柏枝条的无皮基部紧密连接,再将下端插入盛水银的烧杯里,移开手指。

(注意:整个装置不能有气泡的存在,侧柏枝要在水中剪去少许,由于植物的蒸腾作用,管内水柱不断上升,水银也随之上升,记录水银上升的高度和速度。)(注意水银的回收)

1-2 吐水现象的观察

【实验原理】

吐水是由根压引起的,当植物吸水量大于蒸腾量时,水分就通过叶间或叶缘的水孔排出,而产生吐水现象。

【材料与用品】

小麦苗(培养 3~4 d)(或小麦幼苗);

*: 示范实验,下同。

锯木屑、花盆、烧杯。

【方法与步骤】

在盛有潮湿锯木屑的花盆里培育小麦 3~4 d(或小麦幼苗),充分浇水后,上面罩上烧杯,1 h 后,观察叶尖上是否出现水珠,即吐水现象。

1-3 小孔扩散的观察

【实验原理】

植物散失水分,气孔蒸腾占着极重要的作用,而气孔在叶面上所占的面积一般不会超过 1%,可是通过叶子所损失的水分却达到自由表面的 50%以上,其原理是水分通过气孔扩散的量与小孔的周长成正比,而与面积不成比例。若以同样的蒸发面积计算,孔越小,单位面积上蒸发的水量也就越大,这正是小面积的气孔能够大量散失水分的主要原因。本实验可以说明,由于气孔的边缘效应,致使叶子蒸腾量如此之大。

【材料与用品】

蜡纸、培养皿(大小相同)、胶带、尺子、铅笔、台秤(或分析天平)、小刀;酒精。

【方法与步骤】

取蜡纸两张,培养皿两个,将蜡纸剪成与培养皿大小一致的圆片,然后在蜡纸的中部剪一正方形的大孔,每边长 3 cm,面积 9 cm²,在另一张蜡纸上按大孔的等面积,用铅笔画成 3 排分布均匀的小方格,每排 3 个,每个小方格 1 cm²。然后用刀片把上述画好的大方格与小方格全部切成孔。将已成孔的蜡纸盖在培养皿上,并用胶带将培养皿的周围封严,两个培养皿中各加等量的酒精,分别放在台秤的两边,然后观察其变化。或于分析天平上称其重量,以后每隔 1~2 h 再进行称量,至少称 2~3 次。从结果则看出两张蜡纸上孔的总面积虽然相等,但酒精通过小孔散失的比大孔要快得多。如以时间为横坐标,酒精蒸发量为纵坐标,画成曲线,计算出蒸发速率,差异就更加明了。再用蒸发速率分别除以蒸发面积和蒸发周长,看看蒸发速率与蒸发面积和蒸发周长的关系。

【思考题】

1. 侧柏枝为什么要在水中切去少许?
2. 分析吐水现象产生的原因。
3. 何谓小孔扩散? 如何解释?

实验 2 蒸腾速率的测定

蒸腾速率是指植物在单位时间内单位叶面积蒸腾掉的水分,是衡量植物需水量的重要指标,受到光照、温度、湿度等许多环境条件的影响。目前测定蒸腾速率

的方法很多,如稳态气孔计(steady state porometer)就是测定蒸腾速率的常规仪器,一般的光合仪也可测定蒸腾速率(实验 29),下面介绍两种简易的测定离体叶片或枝条蒸腾速率的方法。

2-1 蒸 腾 计 法

【实验原理】

蒸腾计是自制装置,利用酸式滴定管制成,将植物枝条通过橡皮管与盛有水的酸式滴定管连接起来,由于蒸腾作用会引起滴定管中水分的减少,由此可计算蒸腾速率。

【材料与用品】

番茄、向日葵或其他植物的枝条;

酸式滴定管、滴定管夹、铁架台、橡皮管、剪刀、烧杯。

【方法与步骤】

1. 取番茄、向日葵或其他植物的枝条,取时注意要将枝条基部浸于盛有水的塑料桶中,在水中将植物枝条切下,并将枝条基部的切口修齐。剪下的枝条移入盛有水的大烧杯中备用。

2. 立好铁架台,在滴定管夹的一端装好酸式滴定管。将新煮沸并冷却过的自来水注入酸式滴定管中,注意排水的尖端处也要充满,然后关闭活栓,记录液面刻度。

3. 剪取直径比枝条略细的橡胶管约 30 cm,以其一端套进滴定管的末端,管内同样灌满自来水。管的另一端连在枝条基部,注意管中不能有空气。

4. 将枝条固定在铁架台滴定管夹的另一端。

5. 打开滴定管活栓,注意观察,随着蒸腾作用的进行滴定管中的液面会逐渐下降,同时注意检测装置是否有渗漏。

6. 0.5~1 h 后,关闭活栓,记录液面的下降值,由此可计算单位时间内蒸腾的水分。

7. 剪下叶片,利用叶面积仪或实验 33 所述方法测定叶片总面积。

8. 计算单位时间、单位叶面积所蒸腾的水分,即植物的蒸腾速率,单位可用 $\text{gH}_2\text{O}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 表示。

【注意事项】

1. 剪取枝条时须在水中,且保证在转移时枝条基部不暴露于空气中。

2. 注意排除滴定管与橡皮管中的残留气体。

2-2 称 重 法

【实验原理】

将植物枝条的基部或叶片的叶柄密封在盛有水的三角瓶或试管内,由于蒸腾

作用带走水分而引起重量下降,因此通过连续监测体系的重量变化即可测得蒸腾速率。

【材料与用品】

番茄、向日葵或其他植物的枝条;

电子天平(感量 0.1~1 mg)、三角瓶(或试管)、剪刀、封口膜。

【方法与步骤】

1. 在待测植株上选一枝条,将枝条的基部浸入水中将其切下,并将枝条基部的切口修齐。剪下的枝条移入盛有水的大烧杯中备用。

2. 准备三角瓶(或试管)一只,三角瓶中倒入新煮沸并冷却过的自来水。

3. 将枝条插入三角瓶中,并用封口膜密封。

4. 将插有枝条的三角瓶放到电子天平上,记录初始重量,并连续观察重量的变化,在分辨率较高的电子天平上(如 0.1 mg)会观察到读数的连续下降。

5. 约 10 min 后,记录下重量的变化。

6. 同实验 2-1,测量叶面积后计算出植物的蒸腾速率。

【注意事项】

1. 电子天平的灵敏度决定了该实验的精确度,因此应尽量使用灵敏度较高的天平。

2. 该方法尤其适合于测定较小枝条的蒸腾速率。

【思考题】

1. 将植物放到强光、黑暗、有风、密闭等不同的环境条件下测蒸腾速率,了解环境因素对蒸腾速率的影响。

2. 考虑可通过哪些途径来降低植物的蒸腾速率。

第二章 植物的矿质营养

实验 3 植物溶液培养及缺素症的观察

【实验原理】

当植物有某些必需的矿物质元素的适量供应时,才能正常地生长发育,如缺少某一元素,便表现出缺素症,把这些必需的矿物质元素用适当的无机盐配成营养液,即能使植物正常生长,这就是溶液培养。

【材料与用品】

高活力玉米(或番茄、向日葵)种子;

烧杯(250 ml、500 ml)、刻度吸管(5 ml、1 ml)、量筒(1 000 ml)、黑色蜡光纸(或黑纸)、精密 pH 试纸(pH5~6)(或广泛 pH 试纸)、搪瓷盘(带盖)、石英砂、培养瓶(陶质盆或塑料广口瓶)、试剂瓶(500 ml);

硝酸钾、硫酸镁、磷酸二氢钾、硫酸钾、硫酸钠、磷酸二氢钠、硝酸钠、硝酸钙、氯化钙、硫酸亚铁、硼酸、氯化锰、硫酸铜、硫酸锌、钼酸、盐酸、乙二胺四乙酸二钠(EDTA - Na₂),以上试剂均需分析纯。

【方法与步骤】

1. 育苗

用搪瓷盘装入一定量的石英砂或洁净的河沙,将已浸泡一夜的玉米(或番茄、向日葵)种子均匀地排列在砂面上,再覆盖一层石英砂,保持湿润,然后放置在温暖处发芽。第一片真叶完全展开后,选择生长一致的幼苗,小心地移植到各种缺素培养液中,移植时注意勿损伤根系。

2. 配置大量元素及铁的贮备液

用蒸馏水按表 1-1 分别配制。

表 1-1 大量元素及铁贮备液配制表

营 养 盐	浓度/(g/L)	营 养 盐	浓度/(g/L)
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	236	CaCl ₂	111
KNO ₃	102	NaH ₂ PO ₄	24
MgSO ₄ · 7H ₂ O	98	NaNO ₃	170
KH ₂ PO ₄	27	Na ₂ SO ₄	21
K ₂ SO ₄	88	EDTA - Fe { EDTA - Na ₂	7.45
		{ FeSO ₄	5.57

微量元素贮备液按以下配方配制：称取 H_3BO_4 2.86 g、 $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1.81 g、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.08 g、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.22 g、 $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.09 g，溶于 1 L 蒸馏水中。

配好以上贮备液后，再按表 1-2 配成完全培养液和缺乏某元素的培养液(用蒸馏水)。

表 1-2 完全培养液和各种缺素培养液配制表

贮备液	每 100 ml 培养液中各种贮备液的用量/ml						
	完全	缺 N	缺 P	缺 K	缺 Ca	缺 Mg	缺 Fe
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.5	—	0.5	0.5	—	0.5	0.5
KNO_3	0.5	—	0.5	—	0.5	0.5	0.5
MgSO_4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—	0.5
KH_2PO_4	0.5	0.5	—	—	0.5	0.5	0.5
K_2SO_4	—	0.5	0.1	—	—	—	—
CaCl_2	—	0.5	—	—	—	—	—
NaH_2PO_4	—	—	—	0.5	—	—	—
NaNO_3	—	—	—	0.5	0.5	—	—
Na_2SO_4	—	—	—	—	—	0.5	—
EDTA-Fe	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—
微量元素	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

3. 取 7 个 1 000 ml 的塑料广口瓶，分别装入配制的完全培养液及各种缺素培养液 900 ml，贴上标签，写明日期。然后把广口瓶分别用黑色蜡光纸(或黑纸)包起来(黑面向里)(或用报纸包 3 层)，用 0.3 mm 的橡胶垫做成瓶盖，并用打孔器在瓶盖中间打一个圆孔，把选好的植株去掉胚乳，并用棉花缠裹住茎基部，小心地通过圆孔固定在瓶盖上，使整个根系浸入培养液中，每瓶放 3 株，装好后将培养瓶放在阳光充足、温度适宜(20~25℃)的地方，培养 21~28 d。

4. 实验开始以后每两天观察一次，用精密 pH 试纸测试培养液的 pH，如 pH 高于 6，应以稀盐酸调整到 pH 5~6 之间(注意记录缺乏必需元素时所表现的症状及最先出现症状的部位)。培养液每 7 d 换一次，为使根部生长良好，最好在盖与溶液之间保留一定空隙，以利通气。待每个缺素培养液中的幼苗出现明显的症状后，将缺素培养液一律更换为完全培养液，观察症状逐渐消失的情况，按表 1-3 记录结果。

表 1-3 实验观察记录表

处 理		完 全			- N			- P			- K			- Ca			- Mg			- Fe		
编 号		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
地 上	株 高																					
	叶 数																					
	叶 色																					
	茎 色																					
地 下	根 数																					
	根 长																					
	根 色																					
受害状况																						

【思考题】

1. 为什么说溶液培养是研究矿质营养的重要方法？
2. 阐明哪些矿质元素缺乏症首先呈现在嫩叶中，而哪些呈现在老叶中，并分析其原因。
3. 培养液要经常通气有何意义？
4. 营养液用 EDTA - Fe 有何优点？如用一般铁盐，溶液 pH 高时有何不利？
5. 比较溶液培养和砂基培养的优缺点。

实验 4 植物对离子的选择性吸收**【实验原理】**

植物根对不同离子的吸收量是不同的，即使是同一种盐类，对其阳离子与阴离子的吸收量也不相同。本实验即利用植物对不同盐类的阴、阳离子吸收量的不同，从而改变溶液的 pH 值来确定这一吸收特性，该实验也使我们了解什么是生理酸性盐、生理碱性盐和生理中性盐。

【材料与用品】

预先在自来水中培养好的根系茂盛的洋葱鳞茎(或小麦等其他植物)；

pH 计(或精密 pH 试纸)、广口瓶(或其他培养用的器具)、试剂瓶、量筒、烧杯、洗瓶、吸水纸、移液管；

0.01 mg/ml $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液、0.01 mg/ml NaNO_3 溶液。

【方法与步骤】

1. 材料准备

在实验前约 21 d 培养具有完整根系的植物。