

高等农林院校基础生物学系列实验教材

植物生理学 实验教程

主编 刘家尧 刘 新

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等农林院校基础生物学系列实验教材

实验教材

高等农林院校基础生物学系列实验教材
主编刘新 副主编刘洪庆 时翠平 海利力·库尔班
编著者：王燕凌、车永梅、刘新、刘丽霞、刘洪庆、刘家尧、李修岭、杨德翠、时翠平、谷守琴、汪月霞、赵一丹、赵方贵、赵会杰、胡秀丽、柏素花、海利力·库尔班

植物生理学实验教程

Zhiwu Shenglixue Shiyān Jiāochéng

主任委员：刘家尧

副主编：刘洪庆、赵会杰、时翠平、海利力·库尔班

副主任委员：郭立忠

编著者：王燕凌、车永梅、刘新、刘丽霞、刘洪庆、刘家尧、李修岭、杨德翠、时翠平、谷守琴、汪月霞、赵一丹、赵方贵、赵会杰、胡秀丽、柏素花、海利力·库尔班

主编 刘家尧 刘新
副主编 刘洪庆 赵会杰 时翠平 海利力·库尔班

编者（以姓氏笔画为序）

王燕凌	车永梅	刘新	刘丽霞	刘洪庆
刘家尧	李修岭	杨德翠	时翠平	谷守琴
汪月霞	赵一丹	赵方贵	赵会杰	胡秀丽
柏素花	海利力·库尔班			

2010年9月第1版
2010年9月第1次印刷
14.00元

高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

■ 内容提要

本书根据高等农林院校教学目标和多年教学实践编写而成。实验内容分为基础性实验、综合性实验和研究性实验三部分。基础性实验精选 14 个实验,涉及植物生理学基本知识和实验技能;6 个综合性实验涵盖植物水分生理、矿质营养、光合和呼吸作用以及生长发育生理,每个实验均由多种实验手段和技术组成;研究性实验拟定了 5 个研究方向,使用单位可根据本校实际情况选做。

本书可作为高等农林院校的生物、农学、园艺、环境等专业本、专科生使用,也可作为相关专业研究生、教师和科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

植物生理学实验教程/刘家尧,刘新主编. —北京:
高等教育出版社,2010.9

ISBN 978-7-04-030817-4

I. 植… II. ①刘…②刘… III. 植物生理学—实验
—高等学校—教材 IV. Q945-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 170833 号

策划编辑 吴雪梅 李光跃 责任编辑 高新景 封面设计 张志奇 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京天来印务有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 7.75

字 数 180 000

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 9 月第 1 版

印 次 2010 年 9 月第 1 次印刷

定 价 14.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30817-00

高等农林院校基础生物学系列 实验教材编委会

主任委员:刘家尧

副主任委员:郭立忠 王伟 王冬梅

委员:(以姓氏笔画为序)

王明友 王晶珊 朱伟

全先庆 刘新成 刘洪庆

初庆刚 咸洪全 高玲

海利力·库尔班 薛仁镐

穆平

本书是全体编写人员共同努力的结果,是集体智慧的结晶。实验1、23由青岛农业大学刘洪庆编写;实验2由河南农业大学赵会杰编写;实验3、6、7、9、14由青岛农业大学车永梅编写;实验4、5由德州农业大学时翠平编写;实验8、12、22由青岛农业大学赵方贵编写;实验10、24由德州师范学院李修岭编写;实验11由新疆农业大学海利力·库尔班编写;实验13由新疆农业大学王燕凌编写;实验19由青岛农业大学曲永庆编写;实验21由青岛农业大学刘家尧编写;实验25由河南农业大学汪百儒编写;实验15由刘洪庆、李修岭、王燕凌、赵方贵、时翠平、青岛农业大学刘新编写;实验16由赵会杰、青岛农业大学杨德翠、海利力·库尔班编写;实验17由杨德翠、车永梅、赵方贵、德州学院刘丽霞编写;实验18由刘丽霞、赵会杰、时翠平、李修岭、赵方贵、车永梅编写;实验20由杨永春、刘洪

▶ 前言

植物生理学是研究植物生命活动规律及其与环境相互关系的一门科学,是生物、农学、园艺、植保、资环等专业的一门重要专业基础课,也是高等农林院校本科生系列课程中的骨干课程。植物生理学实验作为其教学的重要组成部分,不仅可加深学生对理论知识的理解,培养学生的实验技能和严谨的科学作风,而且在提高学生的综合分析能力和创新意识上具有十分重要的意义。为适应新世纪高等学校植物生理学教学改革与发展,尤其是我国高等学校创新性人才培养的需要,由高等教育出版社组织国内几所高校编写了这本《植物生理学实验教程》。

本书在参考目前已出版的实验教材和相关文献基础上,结合参编院校多年教学实践编写而成。在编写中既注重理论知识讲授和实验技能训练的结合,又兼顾传统经典实验和植物生理学新理论、新技术。实验内容分为基础性实验、综合性实验和研究性实验三部分。基础性实验精选 14 个实验,涉及植物生理学基本知识和实验技能;6 个综合性实验涵盖植物水分生理、矿质营养、光合和呼吸作用以及生长发育生理,每个实验均由多种实验手段和技术组成,目的是提高学生对实验技术的综合运用能力;研究性实验拟定了 5 个研究方向,学生可在教师指导下利用所学知识和掌握的技能进行实验的设计和实施,为课程论文和毕业论文打下基础。使用单位可根据本校实际和实验条件选择实验内容,尤其是研究性实验可按照本书模式设计新的研究方向。

本书是全体编写人员共同努力的结果,是集体智慧的结晶。实验 1、23 由青岛农业大学刘洪庆编写;实验 2 由河南农业大学赵会杰编写;实验 3、6、7、9、14 由青岛农业大学车永梅编写;实验 4、5 由河北农业大学时翠平编写;实验 8、12、22 由青岛农业大学赵方贵编写;实验 10、24 由临沂师范学院李修岭编写;实验 11 由新疆农业大学海利力·库尔班编写;实验 13 由新疆农业大学王燕凌编写;实验 19 由青岛农业大学柏素花编写;实验 21 由青岛农业大学刘家尧编写;实验 25 由河南农业大学汪月霞编写;实验 15 由刘洪庆、李修岭、王燕凌、赵方贵、时翠平、青岛农业大学刘新编写;实验 16 由赵会杰、青岛农业大学杨德翠、海利力·库尔班编写;实验 17 由杨德翠、车永梅、赵方贵、德州学院刘丽霞编写;实验 18 由刘丽霞、赵会杰、时翠平、李修岭、赵方贵、车永梅编写;实验 20 由柏素花、刘洪

庆、赵会杰、车永梅、河北农业大学谷守琴、河南农业大学胡秀丽、赵一丹编写；附录由刘洪庆、刘丽霞、刘新编写；最后由刘家尧、刘新、刘洪庆统稿、定稿。

本书在编写过程中参考和引用了相关实验教材和文献，在此对作者表示感谢。本书的出版还得到了高等教育出版社林金安主任、吴雪梅编审和其他编辑人员以及青岛农业大学、河南农业大学、河北农业大学、新疆农业大学、临沂师范学院、德州学院等学校领导的支持和帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中定有不妥和错误之处，恳请各位同仁和读者批评指正。

刘家尧

2010年7月于青岛

植物生理学实验教程 刘家尧 2010年7月于青岛

目 录

第一部分 基础性实验

实验 1 植物组织水势的测定(小液流法、折射仪法)	2
实验 2 植物细胞汁液浓度(可溶性固形物)的测定	5
实验 3 植物溶液培养和缺素培养	7
实验 4 植物对离子的选择性吸收	9
实验 5 单盐毒害及离子拮抗作用	10
实验 6 叶绿体色素的提取、分离及其理化性质	11
实验 7 叶绿体色素含量的测定	13
实验 8 植物光合与呼吸速率的测定(红外线 CO ₂ 气体分析法)	16
实验 9 萘乙酸对小麦根芽生长的影响	20
实验 10 GA ₃ 诱导大麦种子 α-淀粉酶的合成	21
实验 11 气相色谱法测定乙烯含量	23
实验 12 种子活力的快速测定	24
实验 13 植物种子中淀粉酶活性的测定	26
实验 14 植物的光周期诱导	29

第二部分 综合性实验

实验 15 植物水分生理相关指标的测定	32
1 植物组织水势的测定(露点法)	32
2 质壁分离法测定细胞渗透势	34
3 植物组织含水量及水分饱和亏的测定	35
4 植物组织中自由水和束缚水含量的测定	36
5 ABA、K ⁺ 和光对气孔开度的影响	37
6 植物伤流液中糖和氨基酸的测定	38

实验 16 植物营养代谢及其相关酶活性的测定	41
1 ATP 酶活性测定	41
2 硝酸还原酶活性的测定	43
3 谷氨酰胺合成酶活力的测定	45
4 TTC 法测定根系活力	46
5 K^+ 和 Na^+ 含量的测定	47
实验 17 植物光合和呼吸作用相关指标的测定	50
1 PEP 羧化酶活性的测定	50
2 分光光度法测定 RuBPCase 活性	51
3 氧电极法测定植物光合和呼吸速率	53
4 叶面积的测定	56
实验 18 植物生长物质的应用	58
1 植物激素对器官脱落的调节作用	58
2 GA_3 促进植物种子萌发	59
3 植物生长促进与徒长抑制	60
4 不同浓度 IBA 对插条生根的影响	62
5 乙烯对果实的催熟作用	63
6 切花保鲜	63
7 黄化豌豆幼苗的“三重反应”	64
实验 19 植物组织培养技术及烟草叶组织培养中形态发生和器官形成	66
1 植物组织培养基本技术	66
2 烟草叶组织培养中的形态发生和器官形成	69
实验 20 逆境对植物幼苗某些生理指标的影响	71
1 电导法测定植物细胞膜透性	71
2 丙二醛含量的测定	72
3 植物缺水程度的鉴定(脯氨酸法)	74
4 苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的测定	75
5 氧自由基含量测定	76
6 植物组织中超氧化物歧化酶活性的测定	77
7 过氧化物酶活性的测定(比色法)	79
8 过氧化氢含量及过氧化氢酶活性的测定	80
第三部分 研究性实验	
实验 21 逆境条件下植物体内某些生理生化变化	84
实验 22 不同植物品种光合作用的比较	85
实验 23 温度和激素对果品采后生理的影响	86
实验 24 缺素培养对小球藻生长及色素和中性脂含量的影响	88

实验 25 N 素营养水平对植物体内代谢的影响	90
附录	91
I 实验材料的采取、处理与保存	91
II 植物组织培养常用培养基及激素、生长调节物质	95
III 常用缓冲液的配制	97
IV 常用国际通用单位	101
V 常用酸碱的浓度及性质	102
VI 实验报告范文	103
VII 研究性实验报告范文	105
参考文献	110

表1-1 100 mL 蔗糖水中加入不同质量蔗糖配成不同质量浓度(水势)溶液

质量浓度/g	水势/kPa
2	2.74
4	5.45
6	8.11
8	10.74
10	13.34
12	15.91

第一部分 基础性实验



本实验的目的是测定植物组织的水势。实验原理是利用小液流法，通过测定植物组织液与不同质量浓度的蔗糖溶液在重力作用下的平衡位置，从而推算出植物组织的水势。实验步骤包括：1. 配制不同质量浓度的蔗糖溶液；2. 将植物组织液滴入蔗糖溶液中，观察液滴的平衡位置；3. 记录平衡时的蔗糖溶液质量浓度，并查表得出对应的植物组织水势。

在实验中，需要注意以下几点：1. 蔗糖溶液的配制要准确，质量浓度要精确到0.01g；2. 植物组织液的采集要新鲜，避免长时间放置；3. 液滴的平衡位置要仔细观察，记录要准确；4. 实验环境温度要保持一致，因为温度会影响折射率的测定。

5. 在甲室试管内加入少许甲烯蓝，使试管底部蓝色溶液充分混合均匀。然后将的透明玻璃管插入试管中，使管口浸入蓝色溶液液面下约1cm。将玻璃管另一端插入乙室试管中，使管口浸入乙室试管液面下约1cm。此时，玻璃管内的液面高度即为植物组织液的水势。通过比较玻璃管内的液面高度与乙室试管内的液面高度，即可得出植物组织的水势。

【注意事项】
1. 一定要先进行折射仪法测定，再进行小液流法。
2. 小液流法中，用滴管挤出液滴及向外推出滴管时，用力一定要小，速度要慢。
3. 用折射仪法前后两次测定蔗糖的折光系数时，实验温度必须一致。

实验 I

植物组织水势的测定 (小液流法、折射仪法)

【实验原理】

水势是表示植物组织水分状况的一个重要的生理指标,水势差决定水分在植物细胞之间、组织之间以及植物体与环境之间的移动方向。将植物组织放在已知水势的一系列溶液中,植物组织就会发生吸水或失水现象,从而导致外液的浓度、密度、电导率以及组织本身的体积与质量发生变化。根据这些参数的变化情况可确定与植物组织等水势的溶液。小液流法及折射仪法就是利用这样的基本原理对植物组织的水势进行测定。

1. 折射仪法

将植物组织放入一系列不同浓度蔗糖溶液中,水分总是从水势高的一方流向水势低的一方。若植物组织吸水,蔗糖浓度增加;若植物组织失水,蔗糖浓度降低;若植物组织不吸水又不失水,蔗糖浓度不变。而蔗糖浓度的改变,其溶液的折光系数也会随之发生变化。此法利用折射仪测定其折光系数(或蔗糖质量分数),与原蔗糖溶液折光系数(或蔗糖质量分数)比较,找出折光系数无变化的糖浓度,或者是相邻两种浓度平均数,最后折算为水势值。

2. 小液流法

小液流法是由俄罗斯人夏尔达可夫修改而成。实验中常用甲烯蓝着色,故又称着色法(dye method)。此法是以比重大小测定蔗糖溶液浓度变化,因此又称为比重法(densitometril method)。

利用植物组织与外界溶液接触时,组织水势与外液水势不同会发生吸水或失水现象,导致外液浓度发生改变。溶液浓度不同,比重不同。取浸过组织的蔗糖溶液一小滴(为便于观察加入少许甲烯蓝),放入未浸植物组织的原浓度溶液中,观察有色溶液的沉浮。若液滴上浮,表示浸过样品后的溶液浓度变小;液滴下沉,表示浸过样品后的溶液浓度变大;若液滴不动,表示浓度未变,该溶液水势即等于植物组织水势。实际测定时,常常不易找到有色液滴不动的溶液,而是取接近组织水势的相邻两种溶液浓度的平均值。

【材料与用品】

新鲜植物叶片(如菠菜、芹菜、油菜等)。

阿贝折射仪,镜头纸,滴管,吸水纸,具塞小试管、大试管,毛细移液管,试管架,打孔器,干净硬纸片,镊子,甲烯蓝(研成粉末),去离子水。

不同质量浓度的蔗糖溶液(按质量法或按表 1-1 配制)。

表 1-1 100 mL 蒸馏水中加入不同质量蔗糖配成不同质量浓度(水势)溶液

蔗糖溶液水势/ 10^5 Pa	蔗糖/g	蔗糖溶液水势/ 10^5 Pa	蔗糖/g
2	2.74	16	20.99
4	5.45	18	23.42
6	8.11	20	25.86
8	10.74	22	28.28
10	13.34	24	30.68
12	15.91	26	33.04
14	18.44	28	35.38

【方法与步骤】

1. 取 6 支干净的具塞小试管(甲组)和相同数量的大试管(15 mm × 180 mm;乙组),贴上不同质量浓度(或水势)的标签。分别向大试管中加入不同质量浓度蔗糖溶液各 4 mL,加盖,摇匀。

2. 剪取待测叶片,擦拭干净,用打孔器打成圆片,分别装入具塞小试管底部,每管装入 10 片。向各管分别加入不同质量浓度蔗糖溶液 1 mL,加盖,摇匀,静置 20 min。

3. 用滴管吸取少量乙组溶液,在阿贝折射仪上测定每种蔗糖浓度溶液的折光系数。

4. 用滴管吸取少量甲组溶液,在阿贝折射仪上测定浸泡过植物组织的各管蔗糖溶液的折光系数。

5. 在甲组试管内加入少许甲烯蓝,使试管底部蓝色溶液充分混合均匀,用干净的毛细移液管吸取 1~2 滴,小心地插入装着相同浓度蔗糖溶液大试管(乙组)溶液的中部,轻轻挤出一小滴蓝色溶液,慢慢转动毛细移液管头部,抽出毛细移液管,观察蓝色液滴的流动方向。蓝色溶液不动的试管或蓝色液滴上浮、下沉的两个相邻试管蔗糖质量浓度的平均值,即为等势点。

【结果与计算】

如蔗糖溶液按水势值配制,测出的结果不必再进行运算。

若蔗糖溶液按摩尔浓度配制,按下式分别计算出两种方法所测定的植物组织的水势。

$$\Psi_w = \Psi_\pi = -icRT$$

式中, Ψ_w 为植物组织水势; Ψ_π 为外界溶液渗透势[单位为大气压,最后换算成标准单位 Pa (1 大气压 = 1.013 巴 = 1.013×10^5 Pa)]; c 为等势点的蔗糖浓度(mol/L); R 为气体常数 [0.082×10^5 (L · Pa)/(mol · K)]; T 为绝对温度,即 $273 + t$ (t 为实验温度,单位是 $^{\circ}\text{C}$); i 为解离常数(蔗糖为 1)。

【注意事项】

1. 一定要先进行折射仪法测定,再进行小液流法。

2. 小液流法中,用滴管挤出液滴及向外抽出滴管时,用力一定要小,速度要慢。

3. 用折射仪法前后两次测定溶液的折光系数时的实验温度必须一致。

【思考题】(1) 为什么在测定植物组织水势时，要先进行小液流法测定，再进行折光仪法测定？为什么折光仪法前后两次测定溶液的折光系数时的温度必须一致？

2. 两种水势测定方法各有何优越性？测定材料为叶片时，用其小圆片与外液进行水分交换，有何缺点？

【实验原理】

水势是表示植物组织水分状况的一个重要的生理指标，水势差决定水分在植物细胞之间、组织之间以及植物体与环境之间的移动方向。将植物组织放在已知水势的一系列溶液中，植物组织就会发生吸水或失水现象。某溶液外液的浓度、密度、电导率等物理性质(如电导率、 $\text{mmol} \times \text{mm}^{-3}$)即为该溶液的水势(用 ψ 表示)。

1. 折光仪法

折光仪法测定植物组织水势的原理是：将植物组织放在已知水势的一系列溶液中，植物组织就会发生吸水或失水现象。某溶液外液的浓度、密度、电导率等物理性质(如电导率、 $\text{mmol} \times \text{mm}^{-3}$)即为该溶液的水势(用 ψ 表示)。

折光仪法测定植物组织水势的原理是：将植物组织放在已知水势的一系列溶液中，植物组织就会发生吸水或失水现象。某溶液外液的浓度、密度、电导率等物理性质(如电导率、 $\text{mmol} \times \text{mm}^{-3}$)即为该溶液的水势(用 ψ 表示)。

折光仪法测定植物组织水势的原理是：将植物组织放在已知水势的一系列溶液中，植物组织就会发生吸水或失水现象。某溶液外液的浓度、密度、电导率等物理性质(如电导率、 $\text{mmol} \times \text{mm}^{-3}$)即为该溶液的水势(用 ψ 表示)。

折光仪法测定植物组织水势的原理是：将植物组织放在已知水势的一系列溶液中，植物组织就会发生吸水或失水现象。某溶液外液的浓度、密度、电导率等物理性质(如电导率、 $\text{mmol} \times \text{mm}^{-3}$)即为该溶液的水势(用 ψ 表示)。

【注意事项】

1. 测定植物组织水势时，要先进行小液流法测定，再进行折光仪法测定。
2. 测定植物组织水势时，测定材料为叶片时，用其小圆片与外液进行水分交换，要注意避免叶片与外液接触时间过长，以免叶片发生其他生理反应。
3. 折光仪法测定植物组织水势时，前后两次测定溶液的折光系数时的温度必须一致。

实验 2

植物细胞汁液浓度(可溶性固形物)的测定

【思考题】

【实验原理】

植物细胞汁液的浓度与植物的水分代谢、生长、抗性及果蔬品质等有关。当植物缺水时,叶肉细胞汁液浓度增高,因此可以作为灌溉生理指标。细胞汁液浓度大时,植物生长速度减慢而且抗性增强。果实、蔬菜中糖、酸等溶质的含量也可用细胞汁液浓度表示,称为可溶性固形物,是果蔬品质的重要指标。

溶液的折射率与溶液浓度有密切关系。溶液浓度越高,折射率越大。对于单一溶质的溶液,可由折射率直接查出溶液浓度。溶液的折射率可以用折射仪或手持糖量计测定。手持糖量计是专为测定组织的含糖量而设计的折射仪,可直接测出汁液含糖量的百分率(无折射率标尺)。对于汁液成分以蔗糖为主的植物组织,其他种类溶质(如无机盐等)数量很少,由这部分溶质产生的折射率一并计入蔗糖浓度中。用折射仪或手持糖量计测量果实汁液浓度时,由于果汁中除糖以外含酸量也很高,所以测得数值实际上是糖、酸两部分(及少量其他物质)的总和,常以“可溶性固形物”表示(不溶解物质对溶液折射率无影响)。

【材料与用品】

生长的作物叶片,或多汁果实如葡萄、苹果、番茄、西瓜和甜菜块根等。

阿贝折射仪或手持糖量计,榨汁钳,温度计,擦镜纸,滴管(带橡皮头),纱布,打孔器。

【方法与步骤】

1. 材料处理:将待测植物表面泥土拭净,用打孔器在测定部位打出圆柱状组织,切成适当大小的小块,置榨汁钳上榨汁。小型多汁材料直接榨汁即可。如准备测定植物叶片汁液浓度,最好在田间进行,用纱布将待测叶片上尘土擦净,取下后迅速将叶片折叠成方块状,置榨汁钳上榨汁。

2. 用小滴管取一滴汁液,滴在折射仪棱镜的毛玻璃面上,关闭棱镜读出折射率或相当于糖浓度的百分率。进行下一样品测定时,必须用蒸馏水将棱镜上的汁液洗净,再用擦镜纸擦干。

3. 取相同部位叶片或大型果实的相同部位,重复测定 3~4 次,记录结果。

【结果与计算】

比较不同条件或不同植物不同部位的细胞汁液浓度。

【注意事项】

1. 果实不同部位所含可溶性固形物不同,所以对于大量果实,需要固定取样部位,也可将整个果实榨汁混匀测定。

2. 含水量较低的器官直接榨汁有困难,可包在薄膜中置 -30℃ 以下的低温冰箱中冷冻

3 h, 取出融解, 即可榨出汁液。

3. 溶液折射率受温度影响很大。若需要精确测定, 应使用阿贝折射仪, 并将超级恒温水浴与折射仪上保温水接口相连接, 利用恒温循环水控制折射仪棱镜温度。最好将温度调到 20 ℃。

【思考题】

1. 溶液的折射率与溶液浓度有何关系?
2. 植物细胞汁液浓度和果实品质有何关系?

【实验答案】

本实验旨在研究不同浓度的蔗糖溶液对植物细胞质壁分离的影响。实验原理是植物细胞在高渗溶液中会发生质壁分离，而在低渗溶液中会发生质壁分离复原。通过观察不同浓度蔗糖溶液中的洋葱表皮细胞，可以了解细胞液浓度与外界溶液浓度之间的关系。

实验材料：洋葱、蔗糖、蒸馏水、显微镜、载玻片、盖玻片、镊子、滴管、吸水纸。

实验步骤：1. 撕取洋葱内表皮，制成临时装片。2. 滴加不同浓度的蔗糖溶液，观察细胞形态变化。3. 记录质壁分离和复原的细胞数量及比例。

实验结果：随着蔗糖溶液浓度的增加，发生质壁分离的细胞比例也随之增加。当蔗糖溶液浓度达到一定值时，所有细胞均发生质壁分离。当将发生质壁分离的细胞置于蒸馏水中时，细胞会发生质壁分离复原。

实验结论：植物细胞的质壁分离和复原与外界溶液的浓度密切相关。当外界溶液浓度大于细胞液浓度时，细胞失水发生质壁分离；当外界溶液浓度小于细胞液浓度时，细胞吸水发生质壁分离复原。

【用品与器材】

洋葱、蔗糖、蒸馏水、显微镜、载玻片、盖玻片、镊子、滴管、吸水纸。

【操作步骤】

1. 撕取洋葱内表皮，制成临时装片。2. 滴加不同浓度的蔗糖溶液，观察细胞形态变化。3. 记录质壁分离和复原的细胞数量及比例。

4. 将发生质壁分离的细胞置于蒸馏水中，观察质壁分离复原现象。

5. 统计并计算质壁分离细胞的百分率。

6. 绘制质壁分离百分率与蔗糖溶液浓度的关系图。

【实验结果】

随着蔗糖溶液浓度的增加，发生质壁分离的细胞比例也随之增加。

【实验讨论】

1. 本实验结果表明，植物细胞的质壁分离和复原与外界溶液的浓度密切相关。当外界溶液浓度大于细胞液浓度时，细胞失水发生质壁分离；当外界溶液浓度小于细胞液浓度时，细胞吸水发生质壁分离复原。

2. 在实验中，我们观察到当蔗糖溶液浓度达到一定值时，所有细胞均发生质壁分离。这个浓度即为该植物细胞的等渗浓度。

3. 通过本实验，我们可以了解植物细胞的渗透压和细胞液浓度的测定方法。

实验 3

植物溶液培养和缺素培养

【实验原理】

用植物必需的矿质元素按一定比例配成溶液来培养植物,可使植物正常生长发育,如缺少某一必需元素,则会表现出特异缺素症;将所缺元素加入培养液中,缺素症状又可逐渐消失。

【材料与用品】

玉米或番茄种子。

烧杯,移液管,量筒,培养瓶(可用 600 ~ 1 000 mL 塑料广口瓶或瓷质、玻璃质培养缸),黑色蜡光纸或报纸适量,塑料纱网纱布(15 cm × 15 cm),精密 pH 试纸(pH 5.4 ~ 7),搪瓷盘,石英砂,试剂瓶。

KNO_3 , MgSO_4 , KH_2PO_4 , K_2SO_4 , Na_2SO_4 , NaH_2PO_4 , NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaCl_2 , FeSO_4 , H_3BO_3 , MnCl_2 , CuSO_4 , ZnSO_4 , H_2MoO_4 , HCl , $\text{EDTA} - \text{Na}_2$ 。

【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砂,将已浸种的玉米(或番茄)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。待第一片真叶完全展开后,选择生长一致的幼苗备用。

2. 用蒸馏水按表 3-1 配制大量元素及铁贮备液。微量元素贮备液按以下配方配制:称取 H_3BO_3 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,上述药品分别溶解后用蒸馏水定容至 1 L 容量瓶中。

配好以上贮备液后,再按表 3-2 配成完全培养液或缺乏某元素的培养液(用蒸馏水)。调节 pH 至 5.5 ~ 5.8。

3. 取 7 个 600 ~ 1 000 mL 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 600 ~ 1 000 mL,贴上标签,写明日期。然后把各瓶用黑色蜡光纸或黑纸包起来(黑面向里),或用报纸包 3 层,用纸壳或 0.3 mm 的橡胶垫做成瓶盖,并用打孔器在瓶盖中间打一圈孔,把选好的植株去掉胚乳,并用棉花缠裹住根基部,小心地通过圆孔固定在瓶盖上,使整个根系浸入培养液中,装好后将培养瓶放在阳光充足、温度适宜(20 ~ 25 °C)的地方,培养 3 ~ 4 周。

4. 实验开始一周后,开始观察。并用精密 pH 试纸检查培养液的 pH,调整 pH 到 5 ~ 6。为了使根系氧气充足,每天定时向培养液中充气,或在盖与溶液间保留一定空隙,以利通气。培养液每隔一周需更换一次。注意记录缺乏必需元素时所表现的症状和最先出现症状的部位。待各缺素培养液中的幼苗表现出明显症状后,可把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,并记录结果。

表 3-1 大量元素贮备液配制表

营养盐	浓度/(g · L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	236.0
KNO ₃	102.0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	98.0
KH ₂ PO ₄	27.0
K ₂ SO ₄	88.0
CaCl ₂	111.0
NaH ₂ PO ₄	24.0
NaNO ₃	170.0
Na ₂ SO ₄	21.0
EDTA - Na ₂	7.45
FeSO ₄ · 7H ₂ O	5.57

铁贮备液(EDTA - Fe)的配制:将 EDTA - Na₂ 和硫酸亚铁分别溶解,然后合在一起煮沸,用蒸馏水定容至 1 000 mL。

表 3-2 完全培养液和各种缺素培养液配制表

贮备液	完全	缺 N	缺 P	缺 K	缺 Ca	缺 Mg	缺 Fe
Ca(NO ₃) ₂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
KNO ₃	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
MgSO ₄	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
KH ₂ PO ₄	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
K ₂ SO ₄		0.5	0.1				
CaCl ₂		0.5					
NaH ₂ PO ₄				0.5			
NaNO ₃				0.5	0.5	0.5	0.5
Na ₂ SO ₄						0.5	0.5
EDTA-Fe	0.5	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

表中数据为配制每 100 mL 培养液所需各种贮备液的体积(mL)。

【思考题】

1. 为什么说无土培养是研究矿质营养的重要方法?
2. 比较溶液培养和砂基培养的优缺点。
3. 进行溶液培养或砂基培养有时会失败,主要原因何在?