

植物生理学 实验指导

西北农业大学植物生理生化教研组 编

5-33

陕西科学技术出版社

植物生理学实验指导

西北农业大学植物生理生化教研组 编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

解放军 7226 印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 253 千字

1987年元月第 1 版 1987年元月第 1 次印刷

印数: 1—10,000

统一书号: 16202·157 定价: 2.25元



主 编 王韶唐
副主编 荆家海 丁钟荣 文 蓉 孙 群
编写者 袁秀林 文 蓉 丁钟荣 荆家海 高俊凤 王振镛
盛宏达 孙 群 马书尚 柴团耀 宋宏新 廖祥儒



前 言

十多年来，植物生理学的实验技术突飞猛进地发展，教学改革促使我们必须将国内外先进的实验内容反映到教学中去，只有这样，才能培养出适应农业现代化要求的人才。为此，我们在总结历年来教学实践经验的基础上，挑选了我组过去教学和科研中所用过的一些实验方法，同时收集了部分国内外正在使用的较先进的方法，编成了这本植物生理学实验指导。

本书编入的植物生理实验是按照农业院校农科植物生理学理论教学内容编排的，包括植物水分代谢、矿质营养、光合作用、呼吸作用、物质转化和运输、植物激素、植物生长繁殖和抗性等，共六十六个实验。其中既有操作简便不需精密仪器的传统方法，也有反映现代技术的新方法。它可作为高等农林院校本科生、专科生、研究生的植物生理学实验指导书，亦可供综合大学和师范院校生物系、中等农林学校师生及农业科技人员教学和科研工作参考。

这本实验指导是集体劳动的结果。参加编写的人员中，既有从事植物生理学教学和科学研究及实验工作的中、老年教师，也有近几年毕业的研究生和大学生。按照每个人的特长负责编写有关实验。所列入的实验均在我们的教学和科学研究中先后应用过，有些还做了不同程度的改进。每个实验包括原理、仪器设备、试剂、材料、方法步骤、注意事项或附注，最后列有参考文献，以便使用者查阅原始文献。

由于我们的理论水平和实践范围的局限性，书中的缺点和错误在所难免，敬请读者批评指教。

王 韶 唐

一九八六年九月

目 录

实验一	植物组织含水量、相对含水量及水分饱和亏的测定	(1)
实验二	植物叶片保水力的测定	(2)
实验三	重量法或体积法测定植物水势	(3)
实验四	小液流法测定植物组织水势	(4)
实验五	折射仪法测定水势	(6)
实验六	压力室测定叶片水势	(7)
实验七	热电偶湿度计测定植物水势、渗透势	(8)
实验八	冰点下降法测定植物组织渗透势	(11)
实验九	质壁分离法测定细胞渗透势	(12)
实验十	用压力—容积曲线技术测定植物叶片渗透势	(13)
实验十一	离体快速称重法测定蒸腾强度	(15)
实验十二	吸水纸法测定蒸腾强度	(16)
实验十三	吸水剂法测定蒸腾强度	(18)
实验十四	稳态气孔计测定扩散阻力和蒸腾速率	(19)
实验十五	渗入法测定气孔开张度	(23)
	一、异丁醇、乙二醇混合液渗入法	(23)
	二、液体石蜡、无水乙醇、苯、二甲苯溶液渗入法	(24)
实验十六	印迹法测定气孔开张度	(24)
实验十七	固定法测定气孔开张度	(25)
实验十八	气孔密度和孔口总面积的测定	(26)
实验十九	植物组织自由水和束缚水含量的测定(马林契克法)	(28)
实验二十	植物组织汁液浓度的测定	(29)
实验二十一	伤流液的收集和伤流量的测定	(29)
	一、容积法测定伤流量	(30)
	二、重量法测定伤流量	(30)
实验二十二	伤流液中主要化学成分的分析与鉴定	(31)
	一、纸层法鉴定伤流液中氨基酸与酰胺	(32)
	二、伤流液中氨基酸总量的比色测定	(33)
	三、伤流液无机磷的定量测定	(33)
实验二十三	根系活力的测定(TTC法)	(35)
实验二十四	植物的缺素培养	(36)
实验二十五	植物组织中氮、磷、钾快速测定	(39)
实验二十六	硝酸还原酶活性的测定	(42)

实验二十七	叶绿体色素的提取分离	(44)
实验二十八	叶绿素的理化性质	(46)
实验二十九	叶绿素的定量测定	(47)
实验三十	改良半叶法测定光合强度	(48)
实验三十一	pH 法测定光合强度	(50)
实验三十二	红外线 CO ₂ 分析仪测定叶片光合、呼吸、光呼吸、CO ₂ 补偿点	(58)
	一、光合及呼吸速率的测定	(60)
	二、光呼吸的测定	(61)
	三、CO ₂ 补偿点的测定	(62)
实验三十三	氧电极法测定光合和呼吸强度	(63)
实验三十四	光合产物运输途径的观测和运输速度的测定	(67)
	一、光合产物运输途径的观测	(67)
	二、光合产物运输速度的测定	(70)
实验三十五	叶面积的测定方法	(72)
	一、叶面积仪测定法	(72)
	二、印相重量测定法	(73)
	三、打孔测定法	(74)
	四、排水量测定法	(74)
	五、系数测定法	(75)
实验三十六	植物净同化率的测定	(75)
实验三十七	干燥器法测定呼吸强度	(76)
实验三十八	呼吸比重计法测定呼吸强度	(78)
实验三十九	小筐子法测定植物呼吸强度	(80)
实验四十	测定植物组织呼吸的微量减压技术(瓦氏呼吸计法)	(81)
实验四十一	呼吸商的测定	(88)
实验四十二	植物体内抗坏血酸氧化酶、多酚氧化酶的测定	(89)
实验四十三	植物体内过氧化氢酶活性测定	(92)
	一、滴定法	(92)
	二、氧量测定法	(93)
实验四十四	生物发光法测定三磷酸腺苷(ATP)	(94)
实验四十五	种子蛋白质含量的快速测定(双缩脲法)	(98)
实验四十六	植物体内蛋白质氮和非蛋白质氮的测定	(99)
实验四十七	植物组织中游离氨基酸的测定	(103)
实验四十八	植物组织中核酸的提取和测定	(105)
	一、核酸的提取和分离	(105)
	二、DNA 和 RNA 的测定	(107)
	(一) 戊糖比色法	(107)
	(二) 定磷法	(110)
	(三) 紫外分光光度法	(111)

实验四十九	植物组织中可溶性糖及淀粉的测定	(113)
实验五十	淀粉酶活性的测定	(116)
实验五十一	索氏提取法测定植物种子粗脂肪的含量	(118)
实验五十二	铬酸盐法测定种子粗脂肪含量	(121)
实验五十三	植物体内有机酸的测定	(122)
实验五十四	维生素C含量的测定	(124)
实验五十五	植物内源激素的提取、分离及纯化	(126)
实验五十六	脱落酸的放射免疫测定法	(128)
实验五十七	生长素类物质对根、芽生长的影响	(134)
实验五十八	芽鞘伸长法测定生长素类物质	(135)
实验五十九	绿豆幼苗根形成法测定生长素类物质的浓度或效价	(136)
实验六十	萝卜子叶增重法测定激动素的浓度或效价	(137)
实验六十一	植物种子发芽率的快速测定	(138)
	一、氯化三苯基四氮唑法(TTC法)	(138)
	二、溴麝香草酚蓝法(BTB法)	(140)
	三、酸性曙红(红墨水)染色法	(141)
	四、过氧化氢测定种子的萌发率	(142)
实验六十二	植物的组织培养	(142)
实验六十三	花粉活力的测定	(146)
	一、碘-碘化钾染色测定法	(146)
	二、氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定花粉活力	(146)
实验六十四	花粉管生长的测定	(147)
实验六十五	植物体内游离脯氨酸的测定	(148)
实验六十六	植物细胞膜透性的测定	(150)
附 录		(152)
	一、常用酸碱及其主要性质	(152)
	二、常用有机溶剂及其主要性质	(152)
	三、摩尔数与摩尔浓度	(154)
	四、一些化合物的摩尔消光系数(ϵ)	(154)
	五、一些常用的缓冲溶液	(155)
	六、各种内源激素和人工合成的生长调节物	(159)
	七、维生素及其主要性质	(160)
	八、玻璃滤器常用的洗涤液	(162)
	九、精密仪器的保养	(162)

实验一 植物组织含水量、相对含水量及水分饱和亏的测定

[原理]

植物组织含水量、相对含水量、水分饱和亏是反映植物水分状况的重要指标。表示组织含水量方法有两种：一是以干重为基数表示，一是以鲜重为基数表示，从而分为干重法和鲜重法：

$$\text{组织含水量(占鲜重\%)} = \frac{W_f - W_d}{W_f} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{组织含水量(占干重\%)} = \frac{W_f - W_d}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

式中， W_f ——组织鲜重， W_d ——组织干重。

植物组织相对含水量 (RWC) 指组织含水量占饱和含水量百分数：

$$\text{RWC} = \frac{W_f - W_d}{W_t - W_d} \times 100 \quad (3)$$

式中， W_t ——组织被水充分饱和后重量。

水分饱和亏 (WSD) 指植物组织实际相对含水量距饱和相对含水量 (100%) 的差值的大小。常用下式表示：

$$\text{WSD} = \frac{\text{饱和含水量} - \text{原含水量}}{\text{饱和含水量}} \times 100 \quad (4)$$

实际测定时，可用下式计算：

$$\text{WSD} = \frac{\text{饱和后鲜重} - \text{原鲜重}}{\text{饱和后鲜重} - \text{干重}} \times 100 \quad (5)$$

或
$$\text{WSD} = \frac{W_t - W_f}{W_t - W_d} \times 100 \quad (6)$$

或
$$\text{WSD} = 1 - \text{RWC} \quad (7)$$

[仪器设备]

1. 天平 (感量 0.1 毫克)：1 架；
2. 烘箱：1 个；
3. 剪刀：1 把；
4. 烧杯：若干个；
5. 铝盒：若干个；
6. 吸水纸。

[材料]

各种植物器官。

[方法步骤]

1. 剪取植物组织，迅速放入铝盒，称出鲜重 (W_f)。
2. 放入烘箱，于 105℃ 下半小时杀死，然后于 80℃ 下烘至恒重，称出干重 (W_d)。
3. 欲测相对含水量，在称鲜重后，将样品浸入水中数小时，取出，用吸水纸擦干样品

表面水分，称重，再将样品浸入水中一小时，取出，擦干，称重，直至样品饱和重量近似，即得样品饱和重量 (W_t)。然后烘干，称重 (W_d)。

4. 将所得的 W_f 、 W_d 、 W_t 值，代入公式 (1)、(2)、(3)、(6)，算出样品含水量、相对含水量及水分饱和亏。

[参考文献]

荆家海、丁钟荣译 ([苏]X.H.波钦诺克著)：《植物生物化学分析方法》384~386 页，科学出版社，1981年。

(荆家海)

实验二 植物叶片保水力的测定

[原理]

叶片保水力指叶片在离体条件下(没有水分供应，只有水分散失)，保持原有水分的能力。保水力的高低与植物遗传特性有关，与细胞特性，特别是原生质胶体特性有关。有人指出叶片保水力可作为作物品种抗旱性筛选的简单易行的指标。叶片保水力常用离体叶片在空气中脱水一定时间后含水量的高低来表示。含水量越高，表明叶片保水力越强；反之，保水力越弱。

[仪器设备]

1. 电子顶载天平 (1/10,000)；
2. 剪刀。

[材料]

不同小麦品种的功能叶片。

[方法步骤]

1. 剪取各小麦品种功能叶片(带部分叶鞘) 10 个，迅速将叶鞘插入水中，饱和 3 小时。取出叶片，剪去叶鞘，称取叶片重量。
2. 将叶片悬于室内，在空气中缓慢脱水(记录室内湿度和温度)。间隔几小时称重一次，直至 24 小时(或 48 小时)或在室内脱水至恒重后称重，将叶片烘干，称取干重。
3. 根据所得数据，计算出每次称重时的叶片含水量，再以脱水时间对叶片含水量作图，即可看出各品种叶片保水力的差异。或计算脱水 24 小时(或 48 小时)后的含水量，以此表示叶片保水力的高低。

[参考文献]

1. 王义华、金玉岭、张凤林：《农业数据手册》482 页，吉林人民出版社，1980 年。
2. Clarke, J.M., Differential excised-leaf water retention capabilities of Triticum cultivars grown in field and controlled environments, Can. J. Plant Sci. 63:539~541. 1983.
3. Dedio, W., Water relations in wheat leaves as screening tests for drought resistance Can. J. Plant Sci. 55: 369~378. 1975.

(马书高)

实验三 重量法或体积法测定植物水势

[原理]

把植物组织放入具有不同渗透势的蔗糖溶液中，经一段时间后，其重量和体积会发生变化。如果植物组织水势大于外界溶液水势，植物组织失水，重量减轻，体积变小；相反，植物组织重量增加，体积增大。藉助于称量放入蔗糖溶液前后样品的重量或体积，找寻植物组织重量和体积不变时外界溶液的渗透势，即等于植物组织水势。

[仪器设备]

1. 打孔器；
2. 烧杯：250 毫升 11 个；
3. 天平（感量 0.1 毫克）；
4. 量筒：50 毫升；
5. 吸水纸；
6. 刀片；
7. 铝箔。

[试剂]

蔗糖溶液：配制 0.15~0.60M 浓度 10 种溶液（间隔 0.05M，每种 150 毫升）。

[材料]

马铃薯块茎、甘薯块根、甜菜根、水果（梨、苹果）等。

[方法步骤]

1. 用打孔器从洗净去皮的马铃薯（或其他材料）取下直径相同、长约 4 厘米圆柱体 22 个，立即切去两端，使圆柱体等长（3 厘米）。用吸水纸轻轻擦去表面水分，一对一对地称重（要快！），放入装有已知蔗糖溶液浓度和蒸馏水的烧杯中。

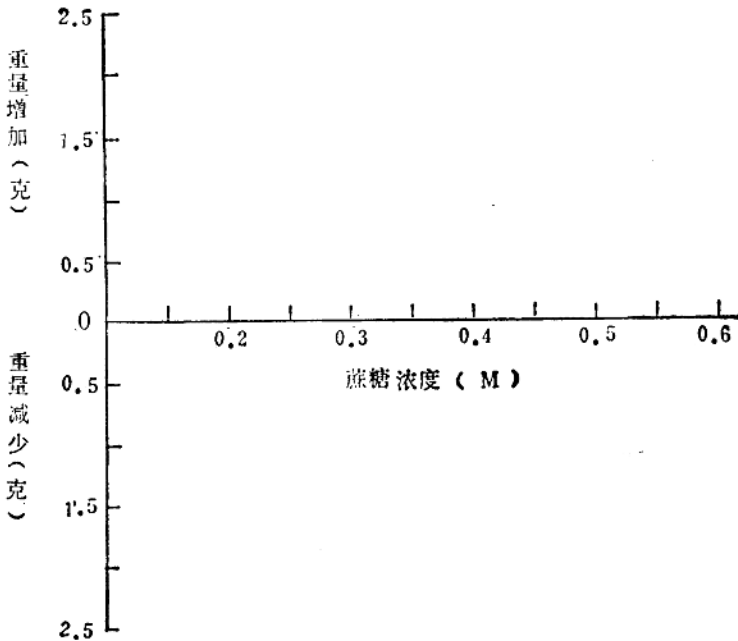


图1 重量法测定水势坐标图

2. 用铝箔盖好烧杯。室温下放置 6 小时，从溶液中取出圆柱体，用吸水纸擦去表面水分，迅速称重。根据放入溶液前后重量，算出圆柱体重量增减。

3. 根据所得数据，以横坐标为蔗糖浓度，纵坐标为重量增减值，绘出曲线（图 1）。曲线和横坐标交点，即为等势点。此点蔗糖浓度可换算为水势。

4. 体积法的操作程序与重量法类似。在测定中常以测定放入蔗糖溶液前后样品长度作为衡量标准。

[参考文献]

1. 中国科学院植物研究所生理生化研究室译（F.H. Witham et al 著），《植物生理学实验》112~115 页，科学出版社，1974 年。

2. 颜季琼等，《植物生理学实验指导》22~24 页，上海科学技术出版社，1959 年。

（荆 家 海）

实验四 小液流法测定植物组织水势

[原理]

小液流法是由俄国人 В.С.Шардаков 修改了的 В.М.Арциховский 法，因此称做夏尔达可夫法。实验中常用甲烯蓝着色，有人称为着色法（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（Densitometric Method）。

当植物组织和外界蔗糖溶液接触时，若组织水势小于外液渗透势，水分进入植物组织，外液浓度增高；相反，组织水分进入外液，使外液浓度降低；若二者水势相等，组织不吸水也不失水，外液浓度不变。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，观察有色溶液的浮沉：液滴上浮，表示浸过样品后溶液浓度变小；液滴下沉，表示溶液浓度变大；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，而是取接近植物组织水势的相邻两种溶液浓度的平均值。

[仪器设备]

1. 水势测定取样箱（大小根据需要确定，其中放湿润滤纸，保持高相对湿度）；
2. 青霉素小瓶或小试管（12×100mm）36~48 个，洗净烘干；
3. 大试管：15×150mm，18~24 个，洗净烘干；
4. 毛细移液管：36~48 个，洗净烘干；
5. 试管架：2 个；
6. 剪刀或刀片或打孔器：1 个；
7. 干净硬纸片：20×20 厘米，2 张；
8. 镊子：1 把。

[试剂]

1. 蔗糖溶液：按重量法试剂配制要求配制蔗糖溶液，或按表 1 配成不同水势蔗糖溶液。
2. 甲烯蓝（研成粉末或配成不同水势的甲烯蓝蔗糖溶液）。

[材料]

欲测的植物组织。

表 1 100 毫升蒸馏水中加入不同量蔗糖配成不同水势溶液

蔗糖溶液水势 (巴)	100 毫升蒸馏水 加入蔗糖克数	蔗糖溶液水势 (巴)	100 毫升蒸馏水 加入蔗糖克数
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

〔方法步骤〕

1. 取 5~6 个干净的青霉素小瓶 (或小试管) 和相同数量的大试管 (15×150mm), 贴不同水势 (或浓度) 标签。向大试管中加入不同水势蔗糖溶液 10 毫升。

2. 剪取欲测叶片, 迅速放入取样箱, 用刀片切成 0.5×0.5 平方厘米小片, 混匀, 分别装入青霉素小瓶 (或小试管) 底部, 每瓶装 8 片左右。向各瓶分别加入不同水势蔗糖溶液 4~5 滴, 加盖, 摇匀, 放少许甲烯蓝 (或一小滴相同浓度的甲烯蓝溶液)。

3. 用干净的毛细移液管, 吸挤小试管底部蓝色溶液, 使其充分混合均匀, 并吸取 1~2 滴, 小心地插入装着相对应浓度蔗糖溶液大试管中部, 轻轻地挤出一小滴蓝色溶液, 慢慢转动毛细管头部, 抽出毛细移液管, 观察蓝色液滴流动方向。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浓度的平均值, 即为等势点。

〔结果计算〕

假如蔗糖溶液按水势值配制, 测出结果不必再进行运算。若蔗糖溶液按克分子浓度配制, 按下式计算植物组织水势。

$$\psi_{\omega} = -iRTC$$

式中, ψ_{ω} ——由蔗糖溶液换算为植物组织水势, 单位为大气压, 最后变为巴 (1.013 巴 = 1 大气压);

C——等势点的蔗糖浓度 (克分子·升⁻¹);

R——气体常数, 0.082 (大气压·升⁻¹·克分子⁻¹·度⁻¹);

T——绝对温度, 即 273+t (t 为当时温度);

i——解离常数 (蔗糖 = 1)。

〔参考文献〕

1. 徐健安等译 (〔俄〕O.A 华尔捷尔等著): 《植物生理学附生物化学原理实验指导》8~10 页, 农业出版社, 1965 年。
2. P.J.Kramer: "Water Relations of Plants". PP.96~97. Academic press, New York London, 1983.
3. T.C.Hsiao, W.K.Silk and J.Jing: "Leaf Growth and water Deficits, Biophysical Effects" PP.252~253. In Control of Leaf Growth by N.R.Baker et al. Cambridge University press, 1985.

(荆 家 海)

实验五 折射仪法测定水势

[原理]

植物组织和蔗糖溶液组成的渗透体系中，水分总是从水势高的一方流向水势低的一方。将植物组织放入一系列不同浓度蔗糖溶液中，有的植物组织吸水，蔗糖浓度增加；有的植物组织失水，蔗糖浓度降低；若植物组织不吸水又不失水，蔗糖浓度不变。此法利用折射仪测定其折光指数（或蔗糖浓度百分数），与原蔗糖溶液折光指数（或蔗糖浓度百分数）比较，找寻折光指数无变化糖浓度，或者是相邻两种浓度平均数。最后折算为水势值。

[仪器设备]

1. 阿贝折射仪：1架；
2. 温度计：1支；
3. 试管（12×100mm）：7支；
4. 试管架：1个；
5. 镜头纸。

[试剂]

蔗糖溶液：配制方法同小液流法。

[材料]

欲测的各种植物组织。

[方法步骤]

1. 向试管中依次加入不同浓度蔗糖溶液2毫升，加盖。用阿贝折射仪测定每种蔗糖浓度溶液的折光指数。

2. 用打孔器，钻取植物叶片，每管装20片，摇匀，加盖。

3. 放置30分钟以后，在折射仪上测定各试管溶液折光指数。

4. 将两次测定结果比较，找寻折光指数未变的蔗糖浓度，或将相邻两试管（折光指数一个增加，一个降低）浓度平均。此蔗糖浓度可按小液流法计算方法，算出植物组织水势。

[附录]

阿贝折射仪的构造和使用：阿贝折射仪外形如图2A。它可测定物质的折光系数。折光系数视介质的种类及浓度而异，也因温度变化而不同。因此在同一温度下，可以鉴别不同物质或同一物质的不同浓度。使用该仪器时，放在光亮处，调节反光镜17及棱镜转动手轮2和色散棱镜手轮10，

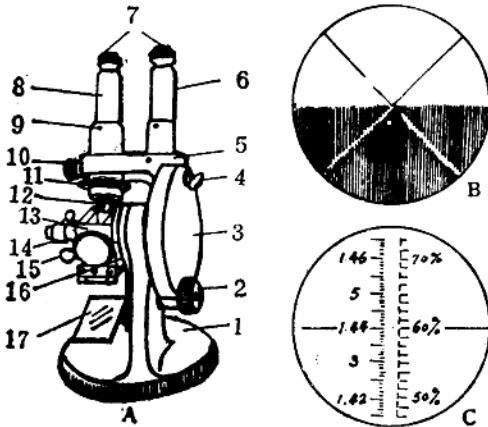


图2 ZW型阿贝折射仪构造

1. 底座；2. 棱镜转动手轮；3. 圆盘钮（内有刻度数）；
4. 小反光镜；5. 支架；6. 读数镜筒；7. 目镜；8. 望远镜；
9. 物镜调节螺钉；10. 色散棱镜手轮；11. 色散值刻度圈；
12. 折射棱镜锁紧扳手；13. 折射棱镜钮；14. 温度计座子；
15. 恒温计接头；16. 主轴；17. 反光镜

使望远镜中光线明亮，打开棱镜钮13，滴上测定液，并重新关紧棱镜，使溶液在棱镜间形成

一薄层。此时视野中可见明暗不同的两个半圆。调节色散棱镜手轮，消除色散产生的虹彩，只余黑白二色。调节棱镜转动手轮，使黑白交界线正好通过十字交叉线交点(图2B)。从标尺镜(图2C)中读出折光指数或糖百分数。

[参考文献]

1. 颜季琼等：《植物生理学实验指导》23页，上海科学技术出版社，1959年。
2. 山东农学院、西北农学院：《植物生理学实验指导》125~128页，山东科学技术出版社，1980年。
3. 刘洪范：《化学实验基础》460~465页，山东科学技术出版社，1983年。

(荆 家 海)

实验六 压力室测定叶片水势

[原理]

白天大部分时间内，由于蒸腾作用，植物木质部水链系统的水分，常处于一定的张力之下。如果遮住叶片，阻止蒸腾，短时间后水分会接近平衡状态，意味着木质部中水势接近或等于叶片细胞水势。当切下叶片，叶片木质部张力解除，导管中汁液缩回木质部(水势愈低，缩回愈多)。将切下的叶片放入压力室中，加压，使木质部汁液正好推回到切口处，此时的加压值等于切取叶片之前木质部张力的数值，也可以说，加压值(平衡压)大致等于叶片水势值。

若以 ψ_w 叶代表所测叶片水势， ψ_w 加压叶、 ψ_w 加压木、 ψ_s 加压木、 ψ_o 加压木分别代表加压至平衡压的叶片水势和木质部水势，渗透势、压力势， p 代表平衡压值，那么，它们间关系为：

$$\psi_w \text{加压叶} = \psi_w \text{加压木} = \psi_s \text{加压木} + \psi_o \text{加压木} \quad \dots\dots(1)$$

$$\psi_w \text{叶片} = \psi_w \text{加压叶} - p \quad \dots\dots(2)$$

$$\text{将(1)式代入(2)式得 } \psi_w \text{叶片} = \psi_s \text{加压木} + \psi_o \text{加压木} - p \quad \dots\dots(3)$$

(3)式中， $\psi_o \text{加压木} = 0$ ， $\psi_s \text{加压木} \rightarrow 0$ (假设为零)，那么， $\psi_w \text{叶片} = -p$ ，即等于平衡压。

[仪器设备]

1. 压力室：在国内多用美、日进口压力室。兰州大学生物系已成功制成压力室。无论哪种压力室，其构造原理相同(见下页图3)。

2. 剪刀：1把；

3. 刀片；

4. 纱布：1块。

[材料]

植物叶片。

[方法步骤]

1. 从植株上切取叶片，用湿纱布包裹(或事先用湿滤纸条贴于钢筒内壁，避免样品失水)，迅速插入橡皮塞孔隙中，使切口露出密封垫圈几毫米(以便观察)，放入钢筒中，旋紧螺旋环套。有些仪器还要旋好高密封螺栓。

2. 将压力控制阀转向“pressurize”位，打开主控阀，以每秒0.5巴速度加压。接近叶水势时，加压要慢一些，以免加压过量。当切口出现水膜，马上关闭主控阀，读出加压值

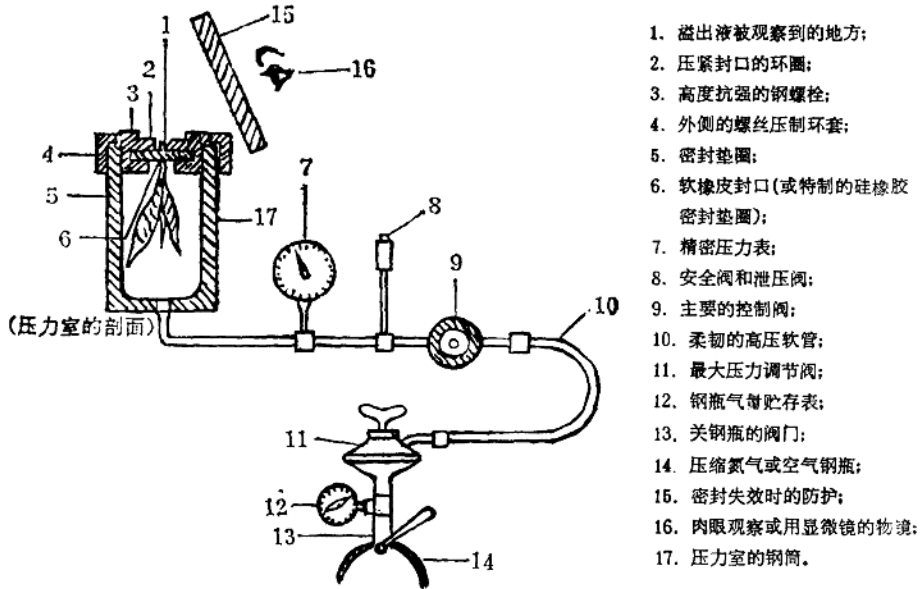


图3 压力室构造简图 (引自 Winter 1978)

(即叶水势值)。

3. 将压力控制阀转向“Exhaust”，放气，压力表指针退回至零，扭动螺旋环套，取出叶片，进行第二个叶片测定。

[注意事项]

1. 加压所用气体为氮气，如含CO₂太多的气体，对细胞有伤害。
2. 钢瓶的搬运和使用要遵照钢瓶使用规定。
3. 加压速度不能太快，否则会影响测定精度。

[参考文献]

1. 上海植物生理学会：《植物生理学实验手册》57~59页，上海科学技术出版社，1985年。
2. B.Slavik, "Methods of Studying Plant Water Relations" PP.70~72, Springer-Verlag New York, Heidelberg, Berlin, 1974.

(荆 家 海)

实验七 热电偶湿度计测定植物水势、渗透势

[原理]

在密闭的装着供试样品的样品杯中，插入热电偶湿度计。在热电偶环上滴加一定浓度的蔗糖溶液。若样品水势高于液滴水势，热电偶环从样品获得水分；若样品水势低于液滴水势，热电偶环上液滴丧失水分。样品杯经过一段时间达到平衡状态。热电偶环上液滴丧失水分，温度略微降低；若水分在热电偶环上冷凝，温度略微升高。这种温度的变化可转变为电

压变化，在微伏计或纳伏计上读出数字，换算成水势值。

在热电偶环加多高浓度的蔗糖溶液？根据 Boyer 热电偶等压技术，如所加液滴使热电偶输出为零，说明液滴水势和样品水势相等。实际测定时，可向热电偶环上滴加接近样品水势的几种蔗糖溶液，根据电压输出值，绘出直线图，推出输出电压为零的等压点，此值为样品水势值。

[仪器设备]

1. 热电偶湿度计一套。其装置如图 4 所示。热电偶焊接在铜柱塞下端两条导线上，末端做成环状。铜柱塞上部安一塑料套筒，导线从中引出，接于微伏计或纳伏计上。铜质固定管下端外套一橡皮圈，以便密封样品杯。整个装置放入恒温水浴中或绝热箱中。

2. 小注射器；若干个；
3. 低温冰箱；
4. 试管(10×100mm)：若干个。

[试剂]

蔗糖溶液（按小液流法配制）
和干冰。

[材料]

供试的植物叶片。

[方法步骤]

1. 将样品贴于样品杯壁和杯底，及时套上铜质固定管，密封，放入恒温水浴或绝热箱中。
2. 根据估计的样品水势，选用适当浓度的蔗糖溶液，用注射器向热电偶环上滴加一滴，及时将其放入铜质固定管中，使热电偶环位于样品杯中上部。
3. 每半小时在微伏计或纳伏计上读数一次。若前后两次读数差值不超过 $0.1\mu\text{V}$ ，即可更换第二种浓度蔗糖溶液。
4. 仍然按半小时读数一次，按上述步骤可更换第三、四种蔗糖溶液。所加几种蔗糖溶液要使热电偶输出电压有正有负，分布于零电压附近，以减少误差。
5. 如需测定渗透势，将样品杯密封，放于干冰中至少 5 分钟，破坏细胞膜。测定时融化样品。测定步骤与水势测定相同。
6. 测定同一样品水势 (ψ_w) 和渗透势 (ψ_s)，按 $\psi_w = \psi_s + \psi_p$ ，推算出压力势 (ψ_p)。

[结果计算]

表 2 数字是测定一个样品结果。每个热电偶在测定前洗净晾干校正。例如所用热电偶校正值为 $+0.12\mu\text{V}$ 。那么所加溶液实际电压输出为：

$$-6.0\text{巴溶液： } +0.95 - (+0.12) - (-0.05) = +0.88(\mu\text{V})$$

$$-8.0\text{巴溶液： } +0.10 - (+0.12) - (-0.05) = +0.03(\mu\text{V})$$

$$-10.0\text{巴溶液： } -0.85 - (+0.12) - (-0.05) = -0.92(\mu\text{V})$$

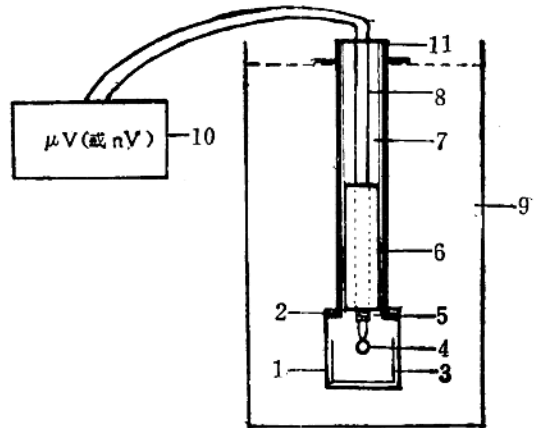


图 4 热电偶湿度计测定样品水势装置示意图

1. 铜质样品杯；2. 橡皮圈；3. 供试样品；4. 热电偶环（滴加溶液）；5. 蜡柱；6. 铜质柱塞；7. 塑料套筒；8. 导线；9. 恒温水浴；10. 微伏计或纳伏计；11. 铜质固定管。

表 2

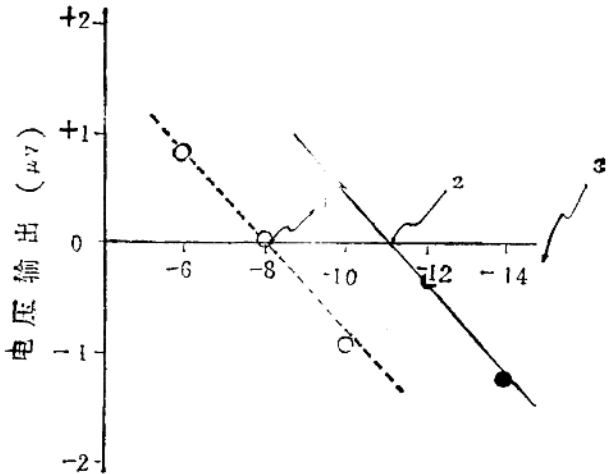
测定样品水势时输出电压 (μV)

热电偶环上蔗糖溶液水势	-6.0巴					-8.0巴			-10.0巴		
	读数时间	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	14:10	14:40	15:10	15:20	15:50
输出电压	开始 +2.47 +1.38 +1.20 +1.03 +0.97 +0.95					开始 +0.15 +0.10			开始 -0.90 -0.85		
仪器零点读数	-0.05 -0.05 -0.05 -0.05 -0.05 -0.05 -0.05					-0.05 -0.05 -0.05			-0.05 -0.05 -0.05		

表 3

测定样品渗透势时输出电压 (μV)

热电偶环上蔗糖溶液水势	-10.0巴			-12.0巴			-14.0巴		
	读数时间	8:00	8:30	9:00	9:10	9:40	10:10	10:20	10:50
输出电压	开始 +0.67 +0.66			开始 -0.27 -0.25			开始 -1.10 -1.15		
仪器零点读数	-0.05 -0.05 -0.05			-0.05 -0.05 -0.05			-0.05 -0.05 -0.05		

图 5 从电压输出值推算出 ψ_w 、 ψ_s 、 ψ_p 示意图

1. 样品水势值, 8.1巴;
2. 样品渗透势值 11.3巴;
3. 热电偶环上滴加的蔗糖溶液的水势值 (巴)

表 3 所列数字是测定水势后的同一样品, 再测其渗透势的热电偶输出电压, 由于所用热电偶相同, 校正值仍为 $+0.12\mu\text{V}$ 。那么所加溶液实际电压输出为:

$$\begin{aligned}
 & -10.0\text{巴溶液:} \\
 & +0.66 - (+0.12) - (-0.05) \\
 & = +0.59(\mu\text{V}) \\
 & -12.0\text{巴溶液:} \\
 & -0.25 - (+0.12) - (-0.05) \\
 & = -0.32(\mu\text{V}) \\
 & -14.0\text{巴溶液:} \\
 & -1.15 - (+0.12) - (-0.05) \\
 & = -1.22(\mu\text{V})
 \end{aligned}$$

根据上面计算出实际输出电压绘图(图5)。图中两条直线与横轴的交点即分别表示样品

ψ_w 和 ψ_s 值。从 ψ_w 和 ψ_s 值可算出 ψ_p 。

[参考文献]

1. 荆家海、肖庆德:《利用热电偶湿度计测定水势》51~53页, 植物生理学通讯, 1期, 1986年。
2. Boyer J.S., In "Psychrometry in water relations research". PP, 51~55 Brown R.w. et al. Utah Agric. Expt. Station, Utah State University, 1972.
3. Slavik B., In "Methods of studying plant water relations" PP, 380~388, Springer-Verlag, Berlin and New York, 1974.

(荆家海)