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：

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

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

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：

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

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：

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

实际测定时，可用下式计算：

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

或

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

或

$$WSD=1-RWC \qquad (7)$$

[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

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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、张风林：《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.

（马书尚）

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。

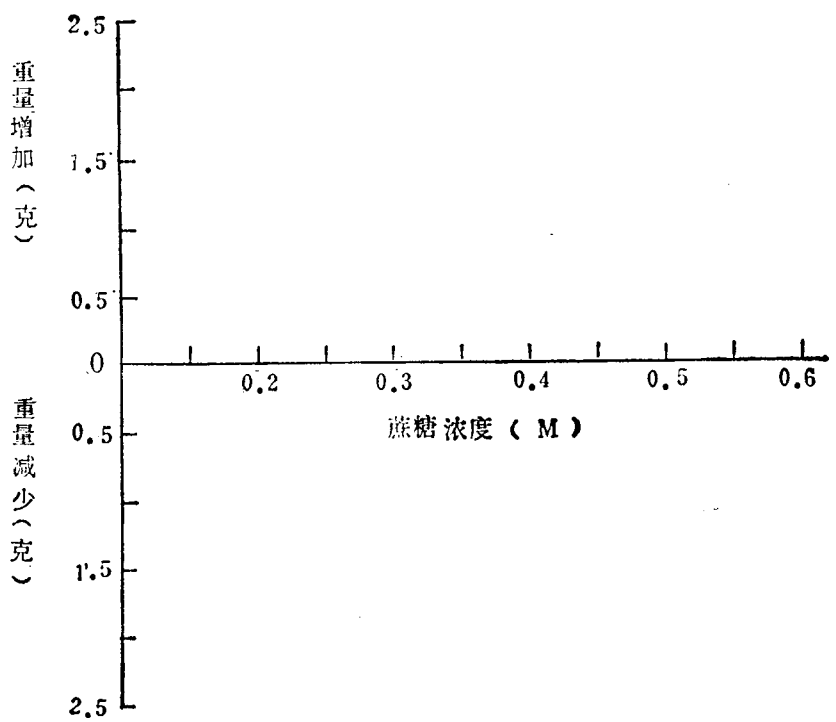


图 1　重量法测定水势坐标图

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 B.C.Шардаков 修改了的 B.M.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毫升燕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同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）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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。

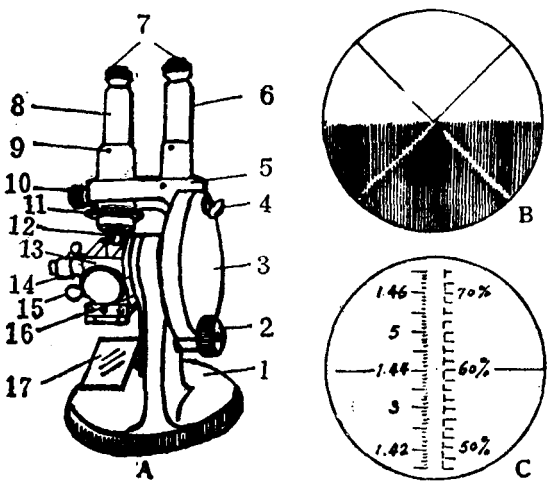


图2　ZW型阿贝折射仪构造

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

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2 A。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，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 2 B)。从标尺镜（图 2 C）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：

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

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

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

（3）式中，ψ_p加压木= 0. ψ_s加压木→0(假设为零），那么，ψ_w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。

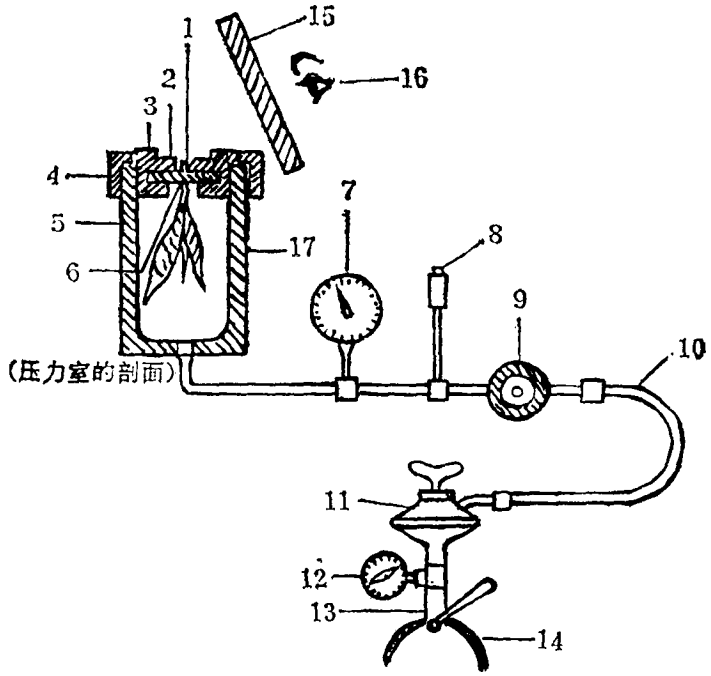
[材料]

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



1. 溢出液被观察到的地方；
2. 压紧封口的环圈；
3. 高度抗强的钢螺栓；
4. 外侧的螺丝压制环套；
5. 密封垫圈；
6. 软橡皮封口(或特制的硅橡胶密封垫圈)；
7. 精密压力表；
8. 安全阀和泄压阀；
9. 主要的控制阀；
10. 柔韧的高压软管；
11. 最大压力调节阀；
12. 钢瓶气体贮存表；
13. 关钢瓶的阀门；
14. 压缩氮气或空气钢瓶；
15. 密封失效时的防护；
16. 肉眼观察或用显微镜的物镜；
17. 压力室的钢筒。

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CO_2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。

[考参文献]

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.SLavík, “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。

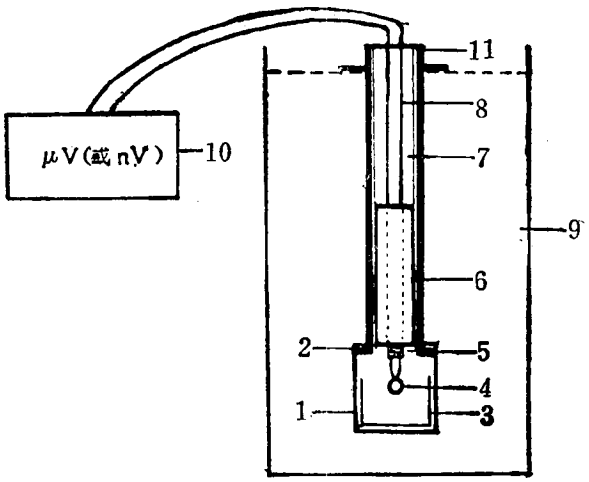


图 4 热电偶湿度计测定样品水势装置示意图
1. 铜质样品杯；2. 橡皮圈；3. 供试样品；4. 热电偶环（滴加溶液）；5. 蜡柱；6. 铜质柱塞；7. 塑料套筒；8. 导线；9. 恒温水浴；10 微伏计或纳伏计；11. 铜质固定管。

[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 0.1μV，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＋0.12μV。那么所加溶液实际电压输出为：

－6.0巴溶液：＋0.95－(＋0.12)－(－0.05)＝＋0.88(μV)

－8.0巴溶液：＋0.10－(＋0.12)－(－0.05)＝＋0.03(μV)

－10.0巴溶液：－0.85－(＋0.12)－(－0.05)＝－0.92(μV)

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 13:30 14:00	14:10 14:40 15:10	15:20 15:50 16:20
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	11:20
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

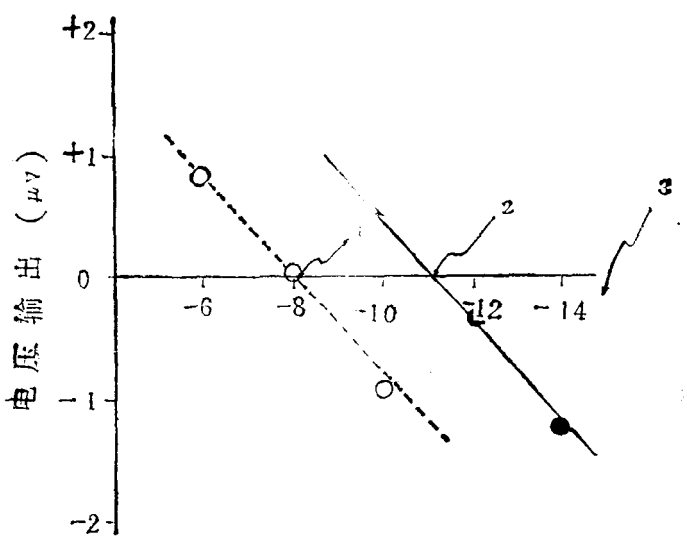


图 5　从电压输出值推算出 ψ_w ψ_s、ψ_p 示意图
1. 样品水势值，8.1巴；
2. 样品渗透势值 11.3巴；
3. 热电偶环上滴加的蔗糖溶液的水势值（巴）

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 +0.12μV 那么所加溶液实际电压输出为：

-10.0巴溶液：

$+0.66-(+0.12)-(-0.05)$
$=+0.59(\mu V)$

-12.0巴溶液：

$-0.25-(+0.12)-(-0.05)$
$=-0.32(\mu V)$

-14.0 巴溶液：

$-1.15-(+0.12)-(-0.05)$
$=-1.22(\mu V)$

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 O_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 "Psychromotry 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 studing plant water relations" PP,380～388, Springer-Verlag.Berlin and New York.1974.

（荆 家 海）

实验八　冰点下降法测定植物组织渗透势

[原理]

按照$\psi_s = -RTC$公式，1克分子浓度非电解质溶液在0℃时的渗透势是：

$$\psi_s = -RTC = -1 \times 0.082 \times 273 = -22.4 \text{（大气压）}$$

物理化学研究告诉我们，溶液的冰点下降值和它的浓度成正比；1克分子的任何非电解质水溶液，冰点下降1.86℃。因此，当一种溶液冰点下降1.86℃时，其渗透势值为 -22.4 大气压。若以Δt代表某溶液的冰点下降值，那么该溶液 $\psi_s = -\frac{22.4}{1.86}\Delta t$。

[仪器设备]

1. 冰点降低测定器：1套（图 6）；
2. 普通温度计：1支 ；
3. 贝克曼温度计：1支（图 7）；
4. 组织捣碎机或榨汁钳，1个：
5. 离心机：1台；
6. 纱布。

[试剂]

粗NaCl（食盐）及冰块。

[材料]

植物叶片（小麦、棉花等）和马铃薯块茎。

[方法步骤]

1. 贝克曼温度计的调节 在测定冰点降低时，很小的温度误差，对计算结果影响很大，所以要用精密测定温度值的贝克曼温度计。贝克曼温度计的结构如图 7 所示。温度计上有上下两个水银槽，两槽间由一根很细的玻璃毛细管连通。整个温度计只有5～6℃的刻度范围，精确至0.01℃。实验者可以根据所测温度的要求调节下水银槽中的水银量，使水银柱上升或下降所指示的读数在标尺刻度范围内。

贝克曼温度计所示的 0℃

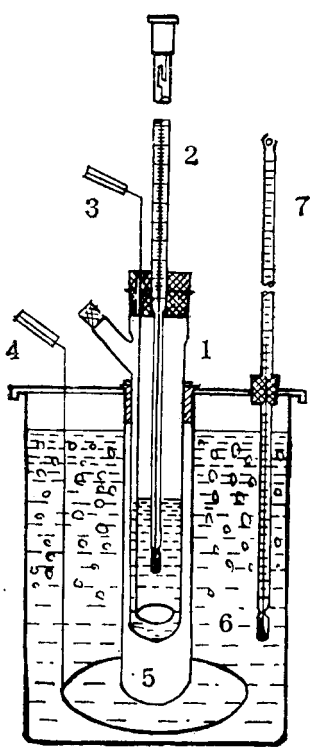


图 6　冰点降低测定器

1. 凝固管；
2. 贝克曼温度计；
3. 搅棒；
4. 搅棒；
5. 空气套管；
6. 冰盐冷剂；
7. 酒精温度计。

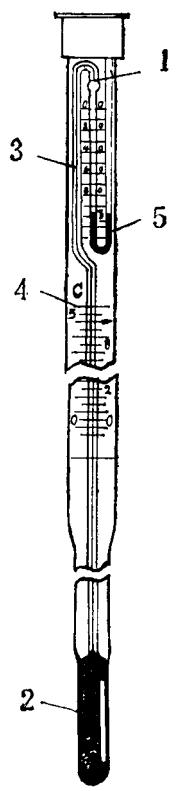


图 7　贝克曼温度计

1. 毛细管末端；
2. 水银球；
3. 毛细管；
4. 最高刻度；
5. 水银贮管；

需要全本请访问 www.ertongbook.com

位置可任意调节。为了测定冰点的降低，最好令真正的0℃在贝氏温度计的1.5。刻度附近。调整0℃位置的方法是把贝氏温度计放在冰水混合液中(0℃)，使水银柱下降，如果水银柱不能达到1.5。位置，即表示水银太少。若水银柱在1.5。以上，则表示水银太多。当水银太少时，可将温度计上端水银倒在上部毛细管上，用手握住水银球，使水银柱上升与槽内水银汇合，然后将温度计放在2～3℃的水中，一分钟后取出，用手轻敲温度计上端，使水银柱在毛细管处断开，将毛细管中的水银倒回上槽中，再将贝克曼温度计放在冰水混合液中，检查位置是否合适。如水银不够，依上法重复调整一次。如水银太多，则直接将贝氏温度计放入2～3℃的水中，使柱内水银溢入上端槽中，一分钟左右轻轻敲断水银柱，放入冰水混合液中检查位置是否在1.5℃附近。

2. 水的冰点测定：将贝氏温度计与冰点降低测定器的内管擦干。管内盛少量蒸馏水，以水银球完全浸没为度，插入贝氏温度计，将内管插入冰盐冷剂（3∶1）中,慢慢搅拌,当水冷至近冰点时，将内管取出，放入预先已放入的冰盐冷剂外套管中，塞好，不断地搅拌冰盐冷剂与蒸馏水，仔细观察温度计的下降至一最低点时（0℃以下），水开始结冰，因结冰时放出融解热，故温度又复上升，此时全部水均开始结冰，温度计上的温度升到最高一点，并停留1～2分钟，这一最高温度即水的冰点。记录这一温度，然后立刻将内管取出，用手掌将冰融化，再重复两三次，其平均值即为水的冰点（t_1）。

3. 植物组织液冰点的测定：取20克组织，放在搅碎机中捣碎，在干净的纱布中榨取汁液，或用榨汁钳榨取组织汁液。把所得的汁液离心，除去沉淀后盛入内管，同上法进行冰点测定，重复三次，记录温度 t_2。$t_1 - t_2 = \Delta t$

植物组织汁液渗透势 $\psi_s = -\frac{22.4}{1.86}\Delta t$（大气压）

[参考文献]

颜季琼等：《植物生理学实验指导》13～16页，上海科技出版社，1959年。

（柴 团 耀）

实验九 质壁分离法测定细胞渗透势

[原理]

在生活细胞和外界溶液构成的渗透体系中，水分总是从高水势一方流向低水势一方。放入不同浓度蔗糖溶液中的生活细胞，有的吸水，有的失水，直至发生质壁分离。当在某一浓度蔗糖溶液中的细胞发生初始质壁分离（$\psi_p = 0$)时，此时外界溶液渗透势等于细胞渗透势。所得结果可按小液流法测定水势实验中公式算出。

[仪器设备]

1. 显微镜：1台；
2. 称瓶：若干个；
3. 粗滤纸；
4. 载玻片；
5. 盖玻片；
6. 小滴瓶（50毫升）：若干个。

[试剂]

蔗糖溶液：配制0.15～0.70M系列溶液，（浓度间隔0.05M），或用NaCl溶液。

[材料]

大葱、洋葱鳞茎、大麦叶片等。

[方法步骤]

1. 取干净称瓶若干个，编号，分别注入不同浓度的蔗糖溶液，加盖。

2. 撕取供试材料表皮组织，每瓶放 3～5 片，置 10～20 分钟，并记录室温。

3. 取出组织小片，放在载玻片上，加一滴原称瓶内溶液，加盖玻片，置显微镜下观察。若在 0.40M 蔗糖溶液内的表皮组织细胞有 50% 发生初始质壁分离，则等渗浓度为 0.40M。如果在 0.40M 内只有不到一半细胞发生质壁分离，而在 0.45M 内大多数（50%以上）细胞发生质壁分离，则等渗浓度为二种浓度平均值，即 0.425M。

[结果计算]

所得到等渗浓度及室温代入下式，

$$O_s = -iCRT$$

式中代表符号已在实验四叙述过。关于等渗系数 i 又名范特荷甫系数，其值为：

$$\text{等渗系数} = \frac{\text{溶液中未解离克分子数} + \text{解离所得克离子数}}{\text{溶液的克分子数}}$$

蔗糖为非电解质，i = 1。如果是 NaCl 溶液，其i值不是 1，常以下式计算：

$$i = 1 + \alpha\ (n - 1)$$

式中，α——电离度，随溶液浓度变化；

n——分子离解后离子数目。

NaCl 的 α值：

溶液浓度（M）	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02
α 值：	0.62	0.70	0.73	0.75	0.78	0.83	0.88	0.92

[参考文献]

1. 徐健安等译（O.A.华尔捷尔等著）：《植物生理学附生物化学原理实验指导》 3 页，农业出版社，1965年。

2. 中国科学院植物研究所生理生化研究室译（F.H.魏海姆等著）：《植物生理学实验》 108-111 页，科学出版社， 1974 年。

（荆 家 海）

实验十 用压力——容积曲线技术测定植物叶片渗透势

[原理]

植物叶片水势（ψ_w）等于渗透势（ψs）与压力势（ψp）之和。叶片在充分吸水饱和之后，随着水分丧失，ψ_w逐渐下降。当 ψp等于零时，ψ_w等于 ψs。ψs与叶片含水量（Vw）之间存在下述关系：

$$1/\psi s = (-1/RTn_s)Vw$$

式中，R 为气体常数；T 为绝对温度；n_s为叶片渗透物质克分子数。若在测定过程中 T 和 n_s不变，那么 $1/\psi s$ 与 Vw 之间的关系是线性的。用压力室测定叶片在不同相对含水量下的水势，绘制相对含水量与水势倒数之间的关系曲线，并外推至 ψp 大于零的范围之内，即可

由此曲线估算各种组织相对含水量或水势水平的 ψ_s 和 ψ_p。

〔仪器设备〕

1. 3005—型压力室；
2. 电子天平；
3. 烘箱；
4. 玻璃钟罩；
5. 烧杯；
6. 剪刀；
7. 刀片。

〔材料〕

棉花等植物叶片。

〔方法步骤〕

1. 取样：剪取棉花功能叶片，将叶柄插入盛有自来水的烧杯中，用剪刀在水中剪断叶柄两次，然后用玻璃罩将烧杯罩住。放置三小时以上，使叶片充分饱和。

2. 测定：取出饱和后的叶片，保留 3 厘米长的叶柄，其余叶柄用刀片切去。擦干叶片表面水分，迅速称重（作为叶片饱和重）。然后将叶片装入压力室钢筒，缓慢加压（0.5 巴／秒），直至切口出现水膜，读取压力值。再减压，等待切口水退回之后，再次缓慢加压，待切口出现水膜时，读取压力值。直至两次压力值接近时，此值作为平衡压。用内装脱脂棉或吸水纸的塑料管（长 5 厘米，直径 1 厘米）吸取切口压出的水分。吸完水之后，迅速将叶片取出称重。将叶片再次装入钢筒，重复上述步骤，测定下一平衡压。当叶片相对含水量低达

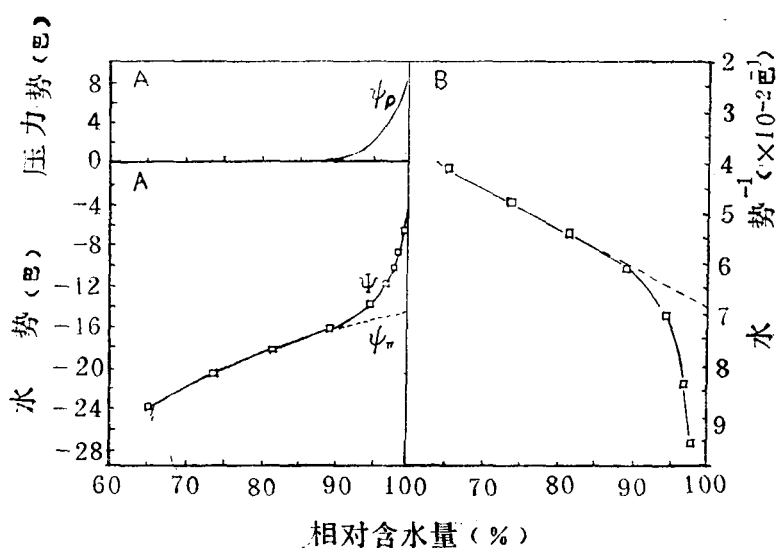


图 8 棉花叶水势（ψ）、渗透势（ψπ）、压力势（ψp）与相对含水量（RWC）关系图
A—ψ、ψπ 和 ψp 与 RWC 关系；
B—ψ^{-1} 和 RWC 关系。

50%（或平衡压 25～30 巴）左右时，将叶片和叶柄分别称重，放入烘箱在 105℃ 杀死，80℃ 下烘至恒重，称重。计算每个平衡压相对应的叶片相对含水量（计算时应除去叶柄重量）。

3. 作图：以叶片相对含水量为横坐标，以水势（平衡压的负值）的倒数为纵坐标绘图。求出膨压消失之后叶片相对含水量与水势倒数之间的直线回归方程，并将此直线向外推至 ψ_p 大于零的范围内（图 8）。

4. 推算叶片渗透势：在上述取样的同时，剪取其它植株相同部位的功能叶片，迅速称

重后采用相同方法饱和，称取饱和重。然后将叶片杀死，烘干，称取干重。计算叶片离体时的相对含水量，从压力——容积曲线上查得该相对含水量对应的渗透势的倒数，推算出取样时叶片的渗透势。

[参考文献]

1. 王万里："压力室 (Pressure Chamber)在植物水分状况研究中的应用"植物生理学通讯，(3)：52～57页，1984年。

2. Hsiao, T.C, and Bradford, K. J: Physiological consequences of cellular water deficits. In limitations to efficient water use in crop production Edited by Taylor H.M. et. al. 227—258.1983。

（马书尚　　荆家海）

实验十一　离体快速称重法测定蒸腾强度

[原理]

植物蒸腾失水，重量减轻。取一定叶面积（或重量）的叶片，称出在一定间隔时间内的失水量，可算出蒸腾强度。

此法可用电子顶载天平或托盘扭力天平或将普通的托盘天平改制均可快速称重。

[仪器设备]

1. 普通托盘天平的改制：在具有横梁游码的托盘天平（感量 0.1 克）上，固定一个扇形板。调节天平零点，使指针偏于扇形板左方，记一记号，作为零点。再于左面加 1 克砝码，指针偏右方，记下记号。然后将两记号间分成 10 格，每格 0.1 克（图 9）。

如有电子顶载天平（感量 0.1 毫克）或托盘扭力天平（感量 0.01 克）最好。

2. 防风玻璃箱：1个（图10）；

3. 叶面积仪：1台；

4. 剪刀：1把；

5. 镊子：1把；

6. 夹子：一个。

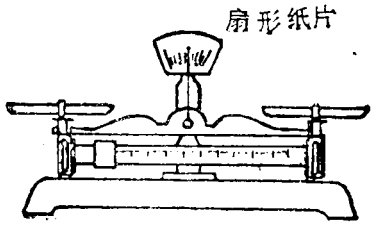


图 9　快速称重天平

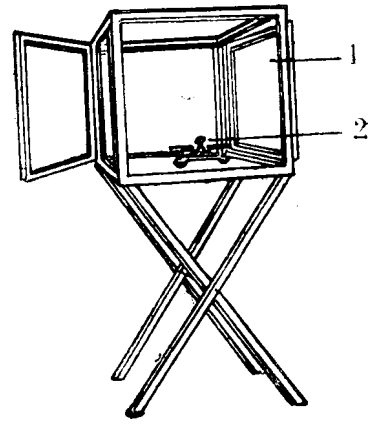


图 10　快速称重法测蒸腾装置
1.玻璃箱；2.快速称重天平。

[材料]

任何植物叶片。

[方法步骤]

1. 剪取重约 20 克（三、五分钟内可蒸腾 1 克左右水分）叶片，置于防风箱天平上称重，再迅速放回原处，用夹子夹在原植株上，以便在原环境条件下蒸腾。

2. 三、五分钟后（准确记下经历时间），称量第二次。

3. 用叶面积仪（或其它方法，见实验三十五）测出叶面积。

4. 计算：按下式计算蒸腾强度：

$$\text{蒸腾强度（克·米}^{-2}\cdot\text{小时}^{-1}) = \frac{\text{蒸腾失水量（克）} \times 600{,}000}{\text{叶面积（厘米}^{2}) \times \text{测定时间（分）}}$$

[参考文献]

1. 山东农学院、西北农学院：《植物生理学实验指导》 113页，山东科学技术出版社， 1980年。

2. 徐健安等译 （O、A、华尔捷尔等著）：《植物生理学附生物化学原理实验指导》 40～41页，农业出版社， 1956年

（荆家海　　柴团耀）

实验十二　吸水纸法测定蒸腾强度

[原理]

夹在叶片上的吸水纸，吸收蒸腾的水分，重量增加。根据测定时间、吸水纸面积和吸水纸吸水增加重量，可计算出叶片蒸腾强度。

[仪器设备]

1. 制作蒸腾夹：取长 3.5 厘米、宽 1.5厘米的载玻片两块。其中一块粘上厚 1 毫米橡皮，中间留出 1 × 2厘米²空处。然后将两块玻璃片粘在文具夹上（图 11）。粘结剂可用火漆或环氧树脂。

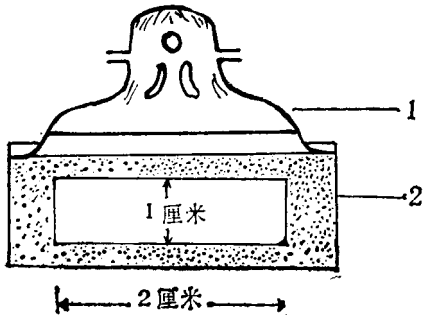


图 11　蒸 腾 夹
1.铁夹；　2.玻璃片。

2. 吸水纸：取质地均匀、吸水性能好的滤纸（如新华滤纸），剪成 1×2 厘米²纸片，放入硅胶干燥瓶中，保持干燥状态备用。

3. 扭力天平（感量 0.1 毫克）；

4. 干湿球温度计；

5. 秒表： 1只；

6. 镊子： 1把。

[方法步骤]

1. 在扭力天平上称出干滤纸重（扭力天平使用见附录）。

2. 将干滤纸迅速放于蒸腾夹中心 1×2 厘米²空处，夹在欲测叶片上。当即记录时间，并观察温湿度。

3. 准确到 5分钟，取下夹子，用镊子迅速取出纸片，在扭力天平上称重。称过的滤纸

片仍放于干燥瓶中，待后利用。

4. 如此重复测定数次。

5. 计算蒸腾强度：将测定结果代入下式：

$$\text{蒸腾强度（克·米}^{-2}\text{·小时}^{-1}\text{）} = \frac{\text{纸片净增重（毫克）} \times 60 \times 10{,}000}{2\text{（厘米}^{2}\text{）} \times 5\text{（分）} \times 1000}$$

$$= \text{纸片净增重} \times 40$$

[附录]

扭力天平 JN—A 型（上海第二天平仪器厂产）（图12）的安装使用：

1. 将天平尽可能放在温度20℃±2℃条件下，置于稳固的台桌上，垫上垫脚，观察水准器（6），两手旋动调水平脚（7），使气泡居于圆圈中央。

2. 取出秤盘（8），挂在秤钩（10）上，盖上计量盒。

3. 转动读数旋钮（4），使读数指针（2）对准零位，然后转动开关旋钮（5），开启天平，观察检验指针（1）与镜子和刻度板上的核验线是否重叠，如果不重叠，须轻轻地拔开保护壳（3），用小螺丝刀微微旋动中间螺丝校正，平衡指针偏右向左校正，偏左向右校正。

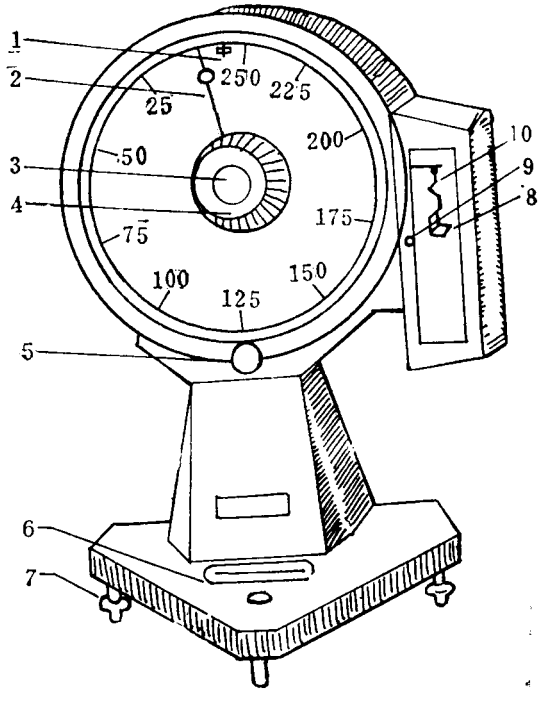


图 12 扭力天平外形图

1. 检验指针；
2. 读数指针；
3. 保护壳；
4. 读数旋钮；
5. 开关旋钮；
6. 水准器；
7. 调水平脚；
8. 称盘；
9. 移门拉手
10. 称钩；

4. 将标准砝码放在秤盘上，关闭计量盒，逆时针转动读数旋钮，使指针对准终点线（最大载荷）上，再转动开关旋钮，开启天平，使平衡指针与核验线重叠，如有偏差，应减去或加上砝码差数，然后再查阅检定证上天平的允许差数，计算天平计量是否符合允差。

5. 转动开关旋钮，关闭天平，将标准砝码取出，旋动读数旋钮，使读数指针回到零位。这样，天平安装完毕，即可使用。

[参考文献]

1. 刘洪范：《化学实验基础》 571～573页，山东科学技术出版社， 1983年。

2. 北京农业大学植物生理组等译（Ф.д.скаэкин 等著）：《植物生理学实验指导》61～62页，高等教育出版社。 1954年。

（荆家海　　马书尚）

需要全本请访问 www.ertongbook.com