

李昆 著

昆虫生态及预测预报 实验指导

南京农学院

一九八一年一月

目 录

实验一	室内温度条件的控制、调节及常用仪器	1
实验二	室内相对湿度条件的控制	9
实验三	土壤含水量的控制方法与昆虫生存发育的关系	17
实验四	温湿度条件对昆虫的影响	21
实验五	发育起点和有效积温的测定与计算	22
实验六	昆虫的过冷却现象, 热电偶及半导体热敏电阻的应用	40
实验七	昆虫的营养及人工饲料饲养方法	46
实验八	昆虫的滞育特性和光照周期对滞育的影响	57
实验九	种群密度的调查统计方法	59
实验十	昆虫种群空间分布型的统计分析	64
实验十一	害虫预测预报的相关回归分析	79

85.12.6



实验一 室内温度条件的控制、调节及常用仪器

初步了解昆虫生态学研究，有关控制温度条件的仪器，熟悉昆虫生态学研究常见温箱的结构及其使用方法。

控制温度的方法：温度是昆虫生态学因子中，最主要的因子，对昆虫的生长、发育以及行为等方面影响颇大，室内生态研究中需要控制各种不同的温度条件，所创造的温度范围，是要求在昆虫的最高和最低致死温度之间，一般是自 -40°C — 50°C 之间，关于温度控制的原理：必须具有一个良好的保温装置系统，分别通以冷流与热流，冷流和热流的开放或关闭由一温度调节器控制，凡控制高于室内温度的温箱称为培养箱，这只需要一般的保温壳，加热器和恒温调节器都可以达到，反之，创造低于室温的称为低温箱（或冰箱），这需要借助于冷冻设备，另外从温度变化情况来看，又可分为恒温条件及变温条件，比较接近自然的生态实验方法是创造变温的环境，这样可以得出接近于自然状况的实验结果。

1、温箱的结构及其原理：温箱的结构可分为保温箱壳，加热器和温度调节器三个主要部分。

(1) 箱壳：由外壳及内壳组成，一般用两层金属构成，中间填以各种热绝缘物质（石棉板、软木、锯木屑、玻璃丝等）这样构成的温箱可以维持温度比较均匀恒定，保证在各种温湿度条件下，都不致发生变质变形现象，为了节省金属，外壳也可以用木材代替，但木材应选择木质坚实而充分干燥的材料，另外，还有一种在箱壳夹层间注水的，称隔水式温箱，保温性能较好。

一般温箱内部是黑暗的，在昆虫生态学中常需要加上光照条件，这可在箱内装上1—2个日光灯，灯管可直接安装在内壳与外壳之间，而将内壳的一处改用既能传热又能透光的材料

(如铁纱)，也可在箱的一侧改用双层玻璃，光线装在箱外，自然光照温箱只要在外壳的一面或多面装上双层玻璃，其间隔在1~2厘米。

(2)加热口：热流通常从外壳内面装上电热丝，所以电热丝的长短粗细要视温箱的体积和要求的最高温度而定，各种电热丝功率大小，应以箱壳大小而定，但应分散装在防火绝缘柱上。原则上体积愈小，所用电热丝亦愈小，如所需温度不超过 50°C ，而室内温度不低于 0°C 时，容积在 $1/4$ 立方米者可用直径0.2毫米以下的电热丝， $1/2$ 立方米者用0.3~0.4毫米，1立方米以上者用0.4~0.5毫米，一般温箱加热口是将400~600W的电热丝安装于温箱底层，选择高号级的细电热丝比较好。

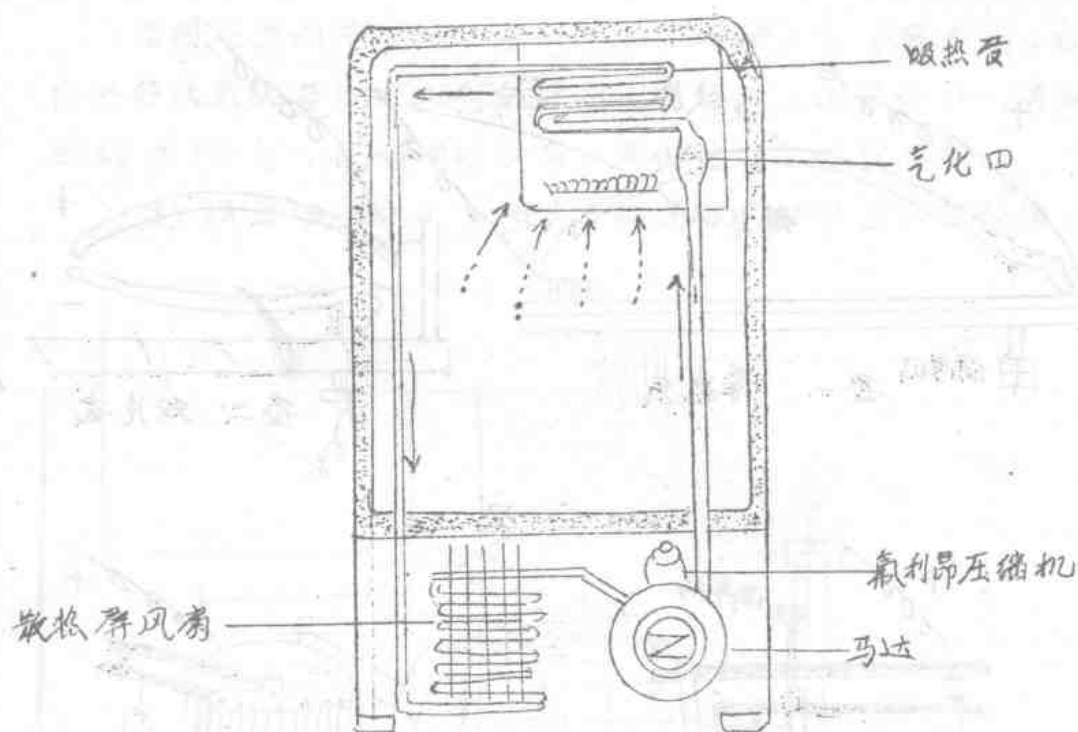
电热丝应尽可能安装在除顶部以外的各壁上，市售温箱往往只有底部或三面有热流，另外还可以利用高瓦数的灯泡代替电热丝作为热流，隔水式温箱是通过水的加温作用，因水的比热很大，所以形成的温度也比较最为稳定，市售还有一种油电两用温箱，在没有电热时，可以用其中的油灯加热。大型的温室是用炉火，煤气，水暖设备为热流。

为了克服温箱底部和上部之间温度的差异，在箱顶开有通气孔以便散发多余热量，大的培养箱中常置一小电扇，使空气上下流通。

(3)降温：要创造低于室温的温度条件，常用下列二种方法：

A. 冰块法：当要求低温的时间不长，空间面积不大时，可用水块置于广口双层玻璃绝热保温瓶中（即一般盛冰棒的广口保温瓶）所形成的温度及可能保持的低温时间，视所用冰块的质量及保温瓶的质量而定，用于冰作制冷剂时，可以形成 -78°C 左右的低温，用普通制冰厂所造的冰块，可造成 -20°C 左右的低温。

b. 冰冻机法：冰冻机一般都造成冰箱的形式，制冷的原理是利用一个气体压缩机，将制冷剂（如氟利昂等低沸点的物质）压缩在一个附散热器的容器内，然后经过管道进入低温室自气化而减压释出。因释出时是由液态变为气态，所以要有自由吸收大量的热能，故就能将周围的空气冷却，因冷空气具有下降趋势的，所以降温部分和升温加热部分都安装在保温箱的顶部。

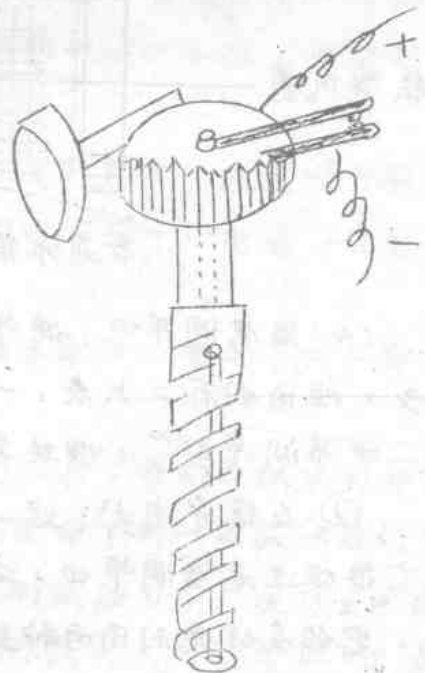
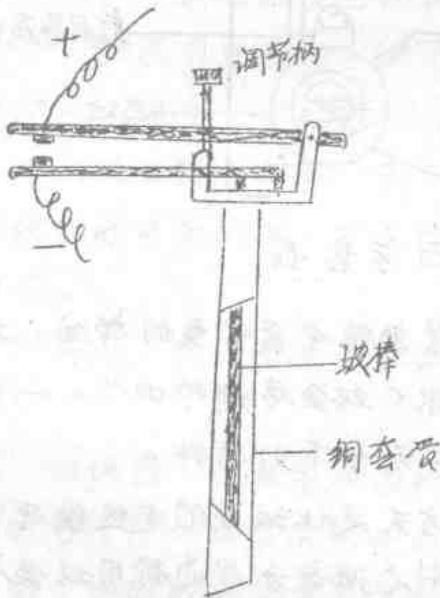
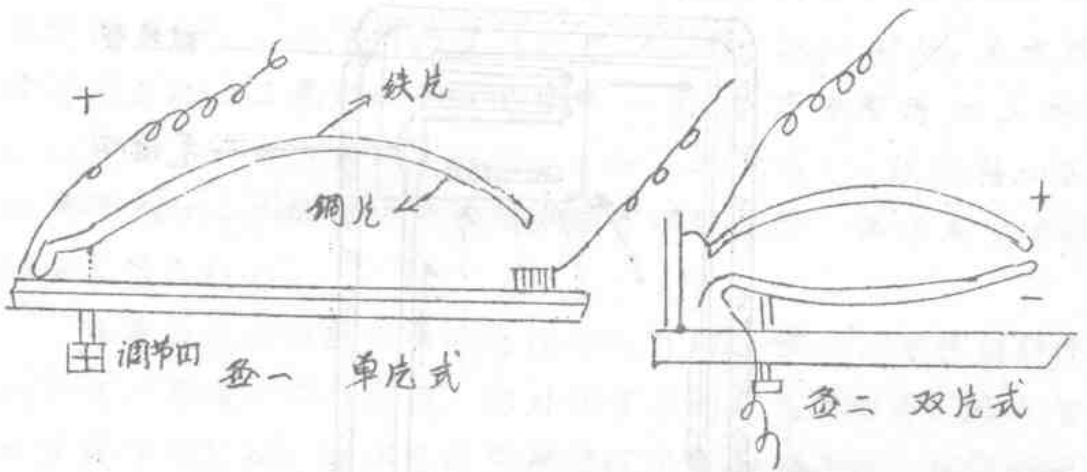


普通冰箱剖面示意图

(4) 温度调节回：调节回是冰箱中最重要的部分，其形式凡多，常用的有两大类，一类称“双金属调节回”，一类是“汞—甲苯调节回”，按其导电方式分下列两种。

① 直接导电式：这一种方式是让通电的电热线所需的电流直接经过温度调节回，这样的温度部分普通都用双金属片造成，它的原理是利用两种热膨胀系数不同的金属，紧紧地焊接在一起，这样形成的双金属片（热膨胀系数大的金属片在里层）

在不同的温度情况下，就会呈不同的弯曲度，把电流接于双金属片上，当温度下降，双金属片的弯曲较大，片子的前端便与另一端靠接在一起，电流通过，电热丝就发热，当温度上升时，双金属片又逐渐伸长，达到一定程度时，片子的前端又行分离，电流亦告中断，温度便行止上升，这样反复循环，便能把温度维持在一一定的范围内，随双金属片制造的方式不同又可分为单片式，双片式或棒式、螺旋式等（图 1、2、3、4）



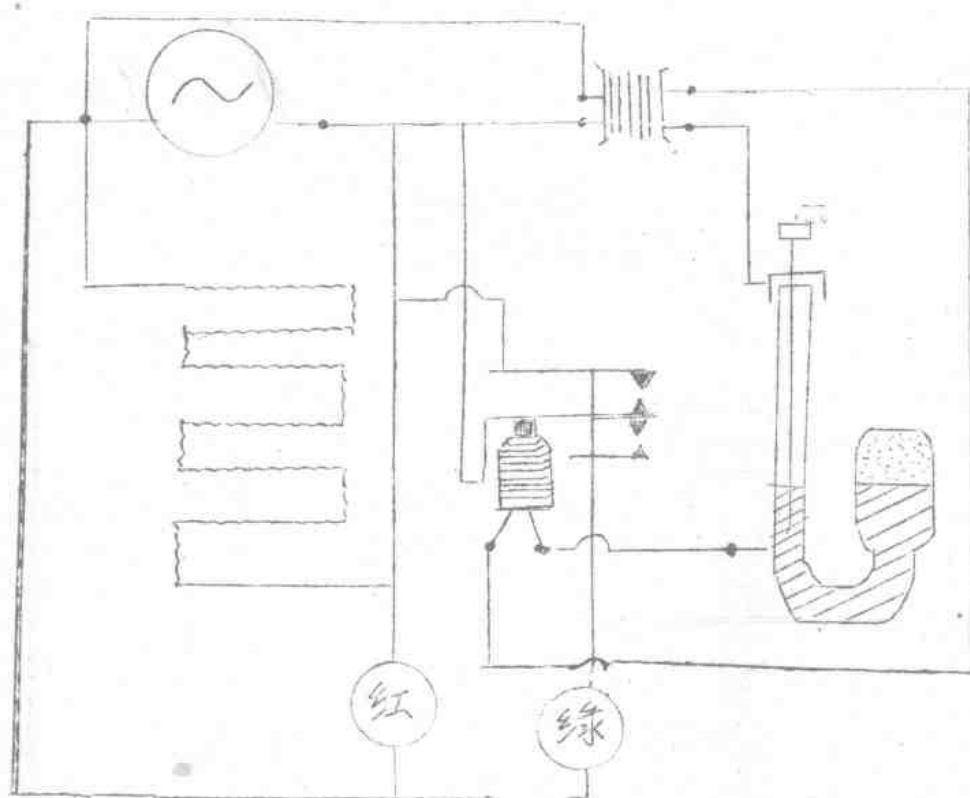
图三 棒式

图四 螺旋式

② 间接导电式：间接导电式调节器是利用各种膨胀系数较大的液体，盛在一定的容器内，造成毛细管，使它受热膨胀时，即接通低电压的电磁继电器电路的电流，于是磁铁发生作用，即将原来接通电热丝的电流电钮拉开，使电流中断，停止加热。当温度冷却时，毛细物质收缩，继电器电路的低压电流中断，电磁铁作用停止，电热丝电路的电钮又藉弹簧的作用，弹回原处接通电流，温度又行上升，所以间接导电式调节器电流的通路恰好与电热丝电流的继续是相反的。

常用毛细管调节器有1) 汞—甲苯(或醚)式(图5)，设计良好的此类调节器所控制的温度比较精确，误差很小，可以控制到 $0.1 \pm ^\circ\text{C}$ ，但初调时没有一定的标准，比较麻烦。

2) 接点温度计式，调节手续简便，温度控制较精确，但



图五 间接导电式(汞—甲苯毛细管调节器)

至于电磁线圈电流，有直线式的，也有电子管控制的，这就与所谓电子管继电器。

2. 温度的测量与记录

测量温箱内温度，通常用下列三种方法：

(1) 温箱被调温度计，这实质上是一种普通用的一种温度计，但为了便于深入箱内测量温度，又便于在箱外观察，所以这种温度计非标尺部分比较长，而且为了便于固定，温度计上常有一膨大的吊状部分。

(2) 热电偶测温度，此种温度计较灵敏，可以制成细小的探针，测量昆虫和蠕类的体温，以及不同环境的温度，其测定方法和原理将在以后实验中进行。

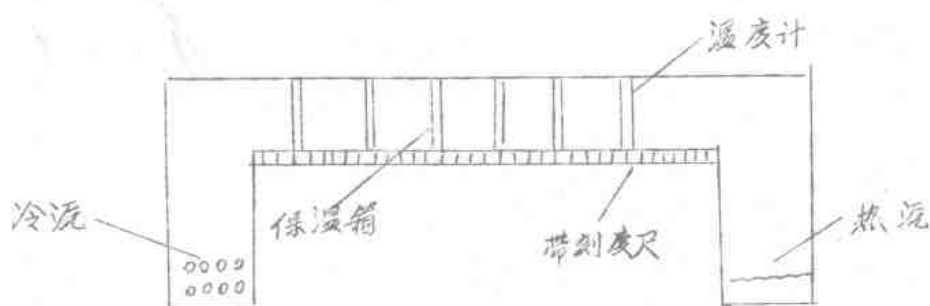
(3) 半导体温度计，半导体温度计是利用一种半导体（镍、钴、锰、铬等金属氧化物）的固体溶液和不良导体，如 $Mg(AIO_2)_2$ 等烧结而成的热敏电阻，利用这样的电阻和其他固定电阻及电流计组成一个平衡的电桥，当温度变化时，因热敏电阻的导电性能起了变化，通过电流计可以测得电流的变化而换算成温度，因为这种热敏电阻的灵敏度很高，又可以造成很小的体积，所以在昆虫生态学上也很合用，但是这种电阻常是不稳定的，是它的缺点。

3. 温箱性能的测定

新制备的温箱，必须要测定它的性能，对恒温箱来说，它的性能的优劣，决定于它的温度的稳定程度，凡是经调节后的温度，能保持在愈小的差异范围内，则该温箱的性能愈佳，在昆虫生态实验上说，温差最好不要超过 $\pm 0.5^\circ C$ 范围以上，要测定这种温度的稳定性能，普通可用两种方法：① 定时观察记录测定方法，利用比较精密的温度计（一般要求最少可观察到 $1/10^\circ C$ ）置于已调节稳定的温箱中，每隔一定的时间（每隔 10~30 分钟），观察一次温度，此种观察应力求使眼睛和水银柱上表面及温度标尺在一水平线上，这样把观察到的温度

准确的记录下来，最少连续一天（最好始终由一人观察），并将最高和最低温度之差，即为该温箱的温差，多次的取平均值，即作为该温箱的实际计称温度。② 自记温度法，将普通气象学上所用的自记温度计，置于温箱内记录温度的变化，再分析它的结果，这一方法最为简便，但一般自记温度计对温度的反应都不十分灵敏，所以对于短暂时间的温度变化，常不能记录下来。

4、等级温箱，为了创造生态试验中所需的各种温度条件，除了用多个单独调节的加热器及冰箱调节成各种温度使用外，还有将冷流和热流各置于一端，中间都互相贯通以成梯度温度的所谓“复式温箱”或“桥式温箱”这样的桥式温箱对于试验昆虫的适温选择方面特别适用。



桥式温箱示意图

实验作业：

- 1、绘出一个温箱的完整的构造图
- 2、温箱的类型有几种，在进行以下实验中各要求那种类型？

型？

- ① 一般昆虫饲养
- ② 测定昆虫含水量或物质重量
- ③ 测定昆虫的积温或适温范围
- ④ 昆虫的趋温性

- 3、观察筒式、复壁式及水浴式温箱的完整构造

4、按顺序将湿箱调节到 20°C 、 30°C 或 40°C 并写出调节程序。

5、常用湿度调节的导电方式有何不同？双金属片及汞—苯式各属那一类？

实验二 室内相对湿度条件的控制

一、目的：学习实验室常用的几种控制空气湿度的方法，并在昆虫生态学研究中常用的有关仪器。

二、材料：

1. KOH 、 H_2SO_4 、蒸馏水和各种盐类
2. 标本瓶、干燥皿或其他容器、易筒、烧杯、凡士林等。
3. 比重计、湿度计、天平。

三、实验内容：在室内进行昆虫生态学研究，需要控制空气湿度，以进行一定空气温湿度组合对昆虫的影响，其原理是利用不同的物质在不同的浓度和温度下，产生不同的蒸气压，此溶液置于密封的容器内，就能维持一定的湿度。

湿度是用来表示空气中水汽含量的指数，昆虫生态学中通常用相对湿度（ γ ）或饱和差（ d ）来表示。

控制空气湿度的方法

1、小容积内湿度的控制：利用酸、碱类、盐类的结晶或盐类过饱和溶液等，密封在一定的容器中，维持一定的湿度。

(1) 酸、碱类维持相对湿度法——常用以维持湿度的酸类为硫酸，碱类为苛性钾，其不同浓度的溶液具有一定的吸收或放出水汽的作用，在密封的容器中，水汽的吸收随浓度的增加而增加，其控制湿度与浓度成反比（浓度愈大，湿度愈小）， KOH 可控制的最低湿度约 13—15%， $NaOH$ 为 5%， H_2SO_4 为 0.100% 的相对湿度可以用冰控制。

下列两表分别表示在 $15^{\circ}C$ 及 $20^{\circ}C$ 下各种浓度 KOH

及 H_2SO_4 可控制的相对湿度及其比类。

表 1 不同浓度苛性钾溶液可控制的相对湿度

相对湿度% (20°C)	重 量 (百克溶液中KOH的克数)	比 类 (克/毫升) (15°C)
100	0	1.000
95	7.00	1.064
90	11.75	1.109
85	15.80	1.148
80	19.25	1.181
75	22.25	1.211
70	25.00	1.239
65	27.30	1.263
60	29.50	1.285
55	31.60	1.308
50	33.70	1.330
45	35.80	1.353
40	37.95	1.379
35	40.10	1.400
30	42.30	1.425
25	44.50	1.450
20	47.00	1.479
15	49.80	1.512.

表2 不同浓度硫酸溶液所控制的相对湿度

相对湿度% (25°C)	重量% (百克溶液 中H ₂ SO ₄ 的克数)	比重 (克/毫升)	
		15°C	20°C
100	0	0.999	0.998
95	11.02	1.075	1.073
90	17.91	1.126	1.123
85	22.88	1.165	1.162
80	26.79	1.196	1.193
75	30.14	1.223	1.219
70	33.09	1.248	1.245
65	35.80	1.271	1.267
60	38.35	1.292	1.289
55	40.75	1.313	1.309
50	43.10	1.334	1.330
45	45.41	1.355	1.351
40	47.71	1.377	1.373
35	50.04	1.400	1.396
30	52.45	1.423	1.419
25	55.01	1.449	1.445
20	57.76	1.478	1.474
15	60.80	1.511	1.507
10	64.45	1.551	1.546
5	69.44	1.608	1.604

应当指出，同一浓度的溶液在不同温度下能控制的相对湿度稍有不同，但差异很小，在昆虫生态学试验中并无明显的影

响。

表 3

重量 % (百克溶液中含 KOH 的克数)	密闭内的水汽压 (mm) 及相对湿度 (RH)							
	0°C		20°C		40°C		60°C	
	V.P	R.H	V.P	R.H	V.P	R.H	V.P	R.H
4.76	4.43	96.75	17.0	96.93	53.5	96.68	144.6	96.75
16.67	3.83	83.64	14.7	83.81	46.4	83.85	125.4	83.90
28.57	2.82	61.58	10.9	62.15	34.6	62.52	94.0	62.89
33.33	2.30	50.23	8.9	50.75	28.6	51.68	78.6	52.59

应用 H_2SO_4 和 KOH 控制湿度各有其优缺点，因试验过程中，试验物不断散发水汽，而二者均能自空气中吸收水分，逐渐改变湿度，故不能长期恒定湿度。 H_2SO_4 的蒸汽对试验物具有毒害的，只能在短时间实验中应用完，KOH 优点在于能吸收空气中 CO_2 ，简化了密闭内通风工作，但是由 KOH 吸收 CO_2 生成碳酸盐，而能逐渐改变溶液的浓度，从而改变空气湿度，不过这种变化不是很大的。

配制不同浓度的方法通常有如下二种

(a) 比重法：用纯溶的 KOH（棒状或粒状）或 H_2SO_4 及蒸馏水先配成比你要求控制的最小湿度为浓的溶液作为母液，测其比重，然后取适量的母液加水或加入母液，反复测其比重达到所要求的比重。

配制 H_2SO_4 及 KOH 溶液时都会发热，必须注意安全应将浓硫酸缓缓加入水中。

测其比重时可将溶液装入量筒内，为了保证液面清洁，最好将溶液装到没出来后再量，加水或母液后必须将溶液充分搅动，并将比重计用水洗净擦干后再量。由于溶液比重随温度而变化，如要求很精确时，应将溶液冷却到一定温度，如量时的温度比定刻度时高 $10^\circ C$ ，则读刻度时要往下读 0.0005，及

之柱上读 0.0005，一般只需要量出 0.005 g/ml 即可。

(b) 称量法：称量法同样应先配好较可控制湿度为浓的母液，测得其正确比重后即可称量法计称，如欲配成某一比重的溶液，取一部分母液并测其重量，根据下式求出应加的水量（比重号计）

$$W = \frac{S}{A} - 1$$

式中 S 为母液浓度（重量%），可由比重查出其浓度 A 为要求液浓度（重量%）。求得 W 后乘以母液量即得应加入的水量。

比重法的缺点是每配一种浓度都必须用多量的溶液，同时还须反复测定比重，比较费事。称量法只需测得准确比重，用不论多少量母液即可称出应加的水量。固体 KOH 因其有强烈的吸水性不宜用它直接按重量配成所需要的浓度。

(2) 盐类：多种盐类的结晶及其饱和溶液具有不同程度的吸水作用，而对昆虫无害，可用控制湿度。

表4 几种盐类过饱和溶液在不同湿度下可能控制的相对湿度

药品名称	不同湿度(%)下的相对湿度					
	10	15	20	25	30	40
酒石酸钠 $Na_2C_4H_4O_6 \cdot 2H_2O$	—	94.0	82.0	72.0	92.0	92.0
氯化钠 $NaCl$	77.5	78.3	76.5	75.9	75.5	74.5
酒石酸钾	—	75.0	75.0	75.0	75.0	—
果糖 (左旋糖)	57.0	—	55.0	55.0	—	55.0
碳酸钾 $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$	47.0	—	44.0	43.0	—	44.0
氯化镁 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	33.5	—	34.9	33.0	—	32.5
醋酸钾 $KC_2H_3O_2$	21.0	—	20.0	17.0	15.0	12.0
氯化锂 $LiCl \cdot H_2O$	—	15.0	15.0	—	13.0	13.0
氯化锌 $ZnCl_2$	—	10.0	10.0	—	10.0	10.0

表 5

几种盐的饱和溶液在 20°C 下
所控制的对湿度

名 称	分 子 式	湿度 %	名 称	分 子 式	湿度 %
硫酸钙	$\text{CaSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	98	硝酸钠	NaNO_3	76
硫酸钾	K_2SO_4	98	氯化钴	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	67
亚硫酸钠	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	95	亚硝酸钠	NaNO_2	66
硫酸氢二钠	$\text{Na}_2\text{HFO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	95	硝酸铵	NH_4NO_3	64
硝酸钾	KNO_3	94	溴化钠	$\text{NaBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	58
硫酸钠	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	93	硝酸镁	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	53
磷酸氢二钾	K_2HPO_4	92	硝酸钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	53
酒石酸钠	$\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	92	重铬酸钠	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	52
氯化钡	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	88	硫酸氢钠	$\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	52
铬酸钾	K_2CrO_4	88	亚硝酸钾	KNO_2	45
碳酸钠	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	88	碳酸钾	$\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	43
氯化钾	KCl	87	硝酸锌	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	42
硫酸氢钾	KHSO_4	86	氯化镁	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	33
溴化钾	KBr	84	氯化钙	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	20
无水硫酸钠	Na_2SO_4	82	醋酸钾	$\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	20
氯化铵	NH_4Cl	79	氯化锌	ZnCl_2	17
草 酸	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	76	氯化锂	$\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$	15
氯化钠	NaCl	76	磷酸	$\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	9

在实际应用时，可以用过量的盐类在干燥瓶中或大培养皿中，用含有过量的盐类液体来制造所要求的湿度。

2. 大容积内湿度的控制：要在较大规模的范围内控制湿度，普通都用冷却除湿法，它的原理是当空气冷却到露点以下时，即有一部分水分会凝结成水或冰，设法将这种已凝聚的水分除去，再将空气加热至所需要的湿度，这样含有相对湿度即比原来低，至于相对湿度降低的程度，视所要求的湿度及最低除湿温度之差而已。

若要求试验所用的湿度高于大气中的现有湿度，则可以用器皿盛水，将纱布悬挂在水面上，以增加蒸发面积，必要时还可以将纱布挂在电灯泡上加热，则水分蒸发更快，若要在更大的规模上加湿，则可以直接通入蒸汽。

(3) 常用湿箱湿度的调节：普通用的湿箱，若无特殊装置，即能用简单的办法来增加高湿度，而不能降低湿度，要增高湿度除可用上述的挂湿布法外，若试验物带有植物时，相对湿度亦常自行升高，且常会达到饱和湿度。这时为了降低湿度，可以将湿箱的通风孔打开，而开放的程度，能在一定的程度上调节箱内湿度。

3. 湿度的测另

在生态学上常用相对湿度法表示湿度，测另的方法有二种：

(1) 干湿球温度计：用两支温度计组成，一支的球部暴露于空气中，称为干球，另一支的球部裹有纱布，并接于水桶上，称为湿球，纱布上水分的蒸发量，随空气中的含氧量而异，空气愈干燥，水分蒸发愈快，因水分蒸发时，要自周围吸收汽化热，所以湿球的温度比干球温度低，湿球温度降低的程度与水分蒸发速度成正比，所以两支温度计的差数表示出空气中的相对湿度（常造成一表来读出相对湿度），若带有通气装置的，就称为通风干湿球温度计。

(2) 毛发湿度计：脱脂的人发，在不同的湿度下，表现出