

国外农业科技资料编译

日本蔬菜温室生产经验

沈阳农学院

国外农业科技资料编译(27)

日本蔬菜温室生产经验

沈阳农学院科技情报室出版

1979年12月

前言

近二、三十年来，日本蔬菜保护地生产发展迅速，面积不断扩大，技术逐渐提高，已经达到了现代化的水平。

日本的气候条件及蔬菜栽培方式与我国有很多相似之处。他们的一些好经验是值得学习的。

根据教学与科研的需要，我们翻译了一些有关文章，汇集成册，供作参考。由于时间仓促，加上翻译水平所限，定有不少错误之处，欢迎批评指正。

(22)	科技情报室	六
(25)	沈阳农学院	十
(26)	蔬菜栽培教研室	八
(29)		六
(32)		十
(38)	一九七九.七.	一十
(47)		二十

目 录

一、关于温室的设计和安全标准·····	(1)
二、 温室加温必需的热量和必需的最大 换气量的计算·····	(12)
三、 立体栽培和移动栽培的现状·····	(23)
四、 覆盖园艺防风防雪对策·····	(33)
五、 覆盖园艺最近的材料·····	(42)
六、 覆盖园艺的作物生育环境及其特性·····	(47)
七、 覆盖园艺的土壤管理与施肥·····	(55)
八、 保护地果菜的浓度危害及其对策·····	(62)
九、 覆盖园艺的水分管理和灌水设备·····	(69)
十、 覆盖栽培中病害的种类及防治·····	(82)
十一、覆盖栽培蔬菜害虫的生态及防治·····	(88)
十二、覆盖园艺的CO ₂ 施用技术·····	(97)

关于温室的设计和安全标准

羽 仓 弘 人

1、温室设计的要点

所谓覆盖园艺，就是用温室覆盖农田，设置通风、加温、降温、灌水等装备，人为地创造适合作物生育的良好环境，生产并销售农产品，以获取收益的一系列经济活动。所以，温室是这种覆盖园艺的基础。从所谓生产体系化的论点来看，可以说，温室乃是构成产销系统的中心环节之一。

上面极简要地概括了覆盖园艺的意义，并可由此引伸出以下四项温室设计上的基本原则：

- 1) 温室必须能提供适合作物生育之空间；
- 2) 温室必须能够有效地进行栽培作业和管理；
- 3) 因为温室是覆盖园艺生产的基础，因此，它必须具有必要的强度和持久性；
- 4) 温室建筑费等原始投资及维持费、运转费等经常费用，在经营上不能太大。

第一项中提到的温室是否适合于作物的生育，应从以下几点加以判断：第一点，必须能按照作物在不同生育时期所需要的适宜条件来调节光照、温湿度、 CO_2 浓度、气流等空气条件；温室的骨架、通风口的开闭装置、温湿度的控制装置要尽量地不影响透光，应着重注意保持室内均匀一致的条件，以此作为判断结构优劣的标准。这些要求大多是相互矛盾，如果优先考虑某一方面，往往就会影响其它必要的性能。因此，设计人员在设计上必须经常考虑到温室的首要目的是作物的栽培。

第二点，能否高效率地进行栽培作业，也是非常重要的。因此，设计人员所设计的温室，必须能在外界气候发生变化时，便于可靠地进行迅速调整室内环境的作业。同时，还应充分考虑能高效地进行收获作业，收获作业的形式随作物种类及使用之机具而有所不同，必须进行充分调查并按照作业体系制定畦的配置、走道、出入口等线路计划。

如第三项所指明的，因为温室是覆盖园艺生产的基础，需耐久长期使用，为此，结构和覆盖物的原材料及部件，连接部的强度和刚度都应能足以抵抗预料中的暴风、大雪、地震等自然灾害，不能用腐蚀、腐朽或材质不良的有危险性的建筑材料。

2、温室的设计

(1) 经营计划

(2) 建造计划

• 千叶工业大学

应根据事先的调查, 确定建造计划的轮廓, 再开始具体的设计。在设计上应就如下事项在现场进行充分的调查。

1) 地形——调查周围的情况, 如与海岸线的距离, 山、谷、河流的位置, 与树木、房屋有关的日照情况, 主风的风向、暴风的风道、地形是否容易积雪、以及灌溉、排水状况等。

2) 气象记录——从附近的观测场、试验场、学校等调查进行设计所必需的暴风、降雪记录。

3) 地质——采用直接基础时, 从地表至少要深挖2米左右, 进行试掘, 调查建筑用地的土质及其软硬程度, 确定基础之接地面积, 在该处作地耐力试验。土质不好, 采用支承桩作基础时, 要钻孔调查支持层的深度和硬度。使用木桩时, 还要了解地下静水位的位置。

在上述现场调查的基础上, 制定配置计划和建筑计划。配置计划要着眼于有效而经济地配置地面上的育苗温室、栽培温室和锅炉房、管理室, 同时要求便于进行温度管理、水分管理、栽培作业、收获及运输作业。在设计上还要从注意降低维持费的角度来确定栽培温室的方向、间口、进深和与管理室之间的距离。

建筑计划应根据预算按如下项目进行:

1) 平面计划——间口、进深、栽培床的配置、走道、加温灌水装置及其控制装置的位置;

2) 立面计划——出入口、侧窗、天窗、换气扇的大小及位置;

3) 剖面计划——檐高、屋顶坡度;

4) 结构计划——基础、骨架、覆盖材料的种类和施工方法;

5) 设备计划——加温、灌水、换气设备的种类和容量, 二层幕帘、收获和运输机具的种类;

(3) 结构设计

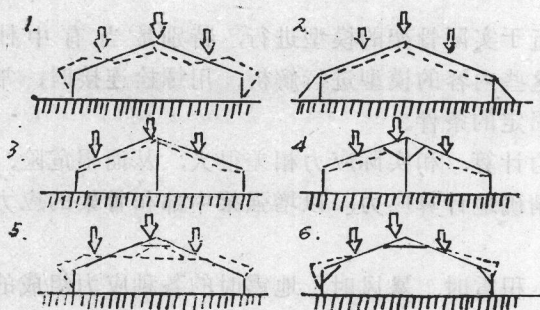
结构设计依据日本覆盖园艺协会《园艺用覆盖设施安全结构标准》进行, 但构件的设计及其它细部因为没有规定, 以依据日本建筑学会《钢结构设计规范》等有关规定进行设计为宜。

结构设计大体由: ①结构计划; ②结构计算; ③设计图三部分组成。

在结构计划中要确定骨架材料的选择和结构形式、基础形式。要从多种结构设想中选定既满足已有条件而又最经济的方案, 这需要有多年的经验。设计时最重要的观点是整个骨架的稳定性及对风、雪荷重的处理方法。特别是由于温室结构比一般建筑物弱得多, 因此, 设计上必须注意变形问题。

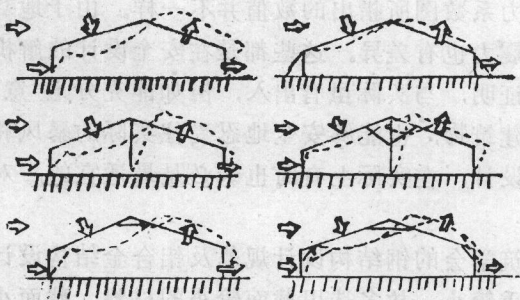
例如, 图2表示的是承受同样积雪荷重和风荷重的屋架变形的情况。从中可以看到, 中柱、横连杆对于雪荷重是起作用的, 但对于风荷重则基本无效。然而若在中柱上部加设斜撑则能进一步增强对于荷重的抗力。

特别是从图中可以看出, 设置控柱效果最好。虽然如此, 但这种方法至今还未被积极采用。设控柱对于温室并无妨碍, 所以是应予积极利用的一种结构方式。



- 1、双屋面型
- 2、带控柱双屋面型
- 3、带中柱双屋面型
- 4、带斜撑、中柱双屋面型
- 5、带横连杆双屋面型
- 6、带斜撑、横连杆双屋面型

a 由积雪荷重引起的结构变形



- 1、双屋面型
- 2、带控柱双屋面型
- 3、带中柱双屋面型
- 4、带斜撑、中柱双屋面型
- 5、带横连杆双屋面型
- 6、带斜撑、横连杆双屋面型

b、由风压力引起的结构变形

图 2、骨架变形的几种情况 (虚线表示变形)

结构设计按以下顺序进行:

1) 预备计算

荷重骨架的部件断面的假定

2) 骨架应力的计算

固定荷重、积雪荷重、风压力、其它荷重

3) 应力的组合和设计应力的确定

4) 构件断面的设计和连接部分的设计

桁木、框架、梁、桁架、柱、屋顶、拉杆、山墙、其它构件

5) 基础的设计

6) 复盖材料的设计

荷重可从园艺用覆盖设施安全结构标准求得。该标准是结合温室特点所作之规定。也就是说,风雪荷重是根据建筑地点附近的气象记录,按照温室的耐用年限及重要程度,预料在再现期间内会再出现一次以上的最大风、雪荷载数值所做的规定。

另外,荷重包括整个结构的平均荷重和局部风压,连栋温室谷部的积雪等局部荷重两种。计算柱、梁等构件的荷载用前者,计算复盖材料和支持它的檩条等的荷载时用后

者。

结构应力的计算，应尽可能按接近于实际骨架的模型进行，特别是当有中柱、斜撑、横连杆等补强构件时，要用包含这些内容的模型进行解析。用螺栓连接时，常常由于接合部分的刚度不够，而不能满足固定的条件。

在这种情况下，对结构所作的应力计算，和实际应力相差很大，从而很危险。这时采用接合部回转的半固定框架结构来精确地计算应力，以增强梁中部和骨架的应力，在设计上是很必要的。

应力组合是根据安全标准由平时、积雪时、暴风时、地震时的各种应力组成的，也就是以最不利条件下之应力作为构件的设计应力。同时，这些应力常容易被误解为就是暴风、地震当时的作用，实际上，这些应力是动态地增长的，这两者有很大的差异。例如，风压的分布十分复杂，和标准的风力系数图所指出的数值并不一样。由于地基的情况和温室的刚度不同，作用于温室的地震力也有差异。这些都是在安全设计的解析上容易被简单化的事情，不过，以往的经验证明，与实际虽有出入，但如能充分注意以单纯形式上的静外力进行设计，所建造之建筑物，也能够安全地忍受住实际的暴风和地震力，所以，按照标准值所作的最适宜的设计，在实际上有时也未必是最适宜的，对此必须十分注意。

构件断面的设计，主要依据日本建筑学会的钢结构设计规范及铝合金结构设计施工规范进行即可。因为温室设计所用之荷重较小，故多选用截面较小的材料。截面小就容易扭曲，容易局部纵向弯曲。因此，应尽量选用两轴对称之截面，同时注意选用厚度符合宽厚比规定的钢材，另外，长细比过大时，即使在计算上是安全的，但在超荷载情况下，安全性变小，应予以注意。特别是由于温室的自重较轻，设计上雪荷重、风荷重大大超过一般建筑物，所以，当这些荷重超过了设计荷重时，结构的力量就更加不足了。

连接部特别重要，容易成为结构上的薄弱环节。此外，要使施工顺利而且正确，安装复盖材料等工作不出毛病，如果没有局部的详图，那么，在计算上耐力再大也毫无意义。这在设计上要充分注意。再有，虽然在平面图上做了研究，但因为实际上是立体组装，所以，没有考虑周到之处，往往成为施工上的障碍。因此，建议尽可能做出模型，事先加以探讨。

用螺栓连接时，容易出问题的是螺栓的余隙过大和缘端距离不足。如果螺栓余隙超过了规定，初期滑动变形就大，难以确保连接部分的刚度。所以，重要的连接部分最好用高强螺栓磨擦接合。如果缘端距离不足，则在螺栓还没发挥预计的耐力之前造成前端部分断裂，所以必须确保应有的距离。另外，通过角形钢管等的箱形截面的部件用螺栓连接时，如果把端面截掉而不加处理，则断面就要变形，螺栓就不紧，所以要在顶端焊接钢板，或在里边放进隔板、钢管。

在螺栓连接部分的计算上易发生错误的是，有过分考虑迴转中心位置的倾向。除经试验确定情形之外，最好还是采用习惯的设计方式来计算。

焊接作为一种主要的连接方法，也常用于温室骨架的连接。焊接有对接及填角焊接两种。前者由于是把原件完全融合在一起，所以，如果焊接部分没有裂痕等缺陷，则具有比原件更高的强度。因为温室几乎都是由薄板构成，故很少用对接法焊接，而大多采

用填角焊接。

填角焊接是由剪切传递应力的连接法。薄板的填角尺寸等于板的厚度。焊道的长度要在板厚的10倍以上，且至少不短于4厘米，再短则效果降低。另外，承受拉力的角部，应尽量不切割成弧形，而要在四周焊接，节点板、钢板等承受挠力的材料，在实行填角焊接时，应尽量实行双面焊接。

焊接设计是重要的，而施工则更为重要。完好的焊缝可靠性高，有毛病的焊接部分则因应力低，容易脆裂，因而很危险，焊接缺陷中最危险的是开裂，此外，还容易产生咬边、卷入熔渣、焊接气体等与开裂有关的缺陷，所以，焊接之前要观察好材料聚集的精确程度，选择适宜的焊条，用容量足够大的焊机，适当的电流，由优秀的焊工在良好的脚手架上，以正确的姿势和合理的运条方法进行焊接，这是获得可靠的焊接连接的必要条件。另外，焊接原件含碳量高时，容易产生开裂。若焊接部分有水分，则氢气进入溶化的金属之中，也是开裂的原因。在风大的地方进行焊接，由于保护材料燃烧而产生的保护性气体被风吹散，已熔化的金属和空气直接接触而发生氧化、氮化致使金属变脆，成为开裂的原因。因此，在现场等野外作业时，要注意以下几点：①气温不应低于 0°C ；②风速在2米/秒以上时，要设适当的防风设备；③下雨或湿度高时，要停止作业；④焊接部分一定不能有水。

基础设计的要点是对于作用于基础上的水平引力和拔力的处理方法问题。通常因为温室结构很轻，对于铅直荷重来说，除非地基非常不好，问题是不大的。但是，因为重量轻，柱脚产生的水平反力将造成基础底面的弯曲挠矩，处理反而很困难，在刮暴风时，对侧柱、中柱将产生拔力。砂质土壤对拔力的抵抗力小，在设计上必须充分加大基础的底脚，用自重加以抵销。

最后，在表1记载了作者制定的温室设计和计划的简明对照表，以供参考。

表 1 设计计划对照表

总项目	对 照 项 目	符合否	要 点
1、配置计划	1、机械（拖拉机、中耕机、卡车）是否容易进入。 2、场地内道路是否便于作业。 3、设施的方向能否使日照均匀一致。 4、土地利用%之多少。 5、管理室（包括锅炉房）位置是否适当。 6、是否充分考虑了建筑		3、设施的方位，全国平均南北为65%，东西为25%。 4、土地的利用率因设施的形状而异，实际上可达60—85%。 5、管理间的位置对于经营的影响很大，对管道工程的费用也有影响。

	区内的排水问题。 7、关于风 ① 设施是否位于南面有宽阔谷地的风口上。 ② 设施的配置和主风平行抑或垂直。 ③ 设施有没有配置在受风最厉害的地方。 8、在多雪地区 ① 各栋之间的间隔能否充分堆积屋顶落下之积雪。 ② 排除积雪的作业有无障碍。 ③ 有无窝雪的地方。 ④ 会不会因为冬季的季节风及日照使屋顶积雪偏集在一侧。	7、关于风 ① 要避开招风的地方。 ② 对自然通风影响很大。 8、多雪地区要充分注意积雪及其处理。 ① 单栋易于排除屋顶的积雪 ② 设融雪装置。 ③ 除雪的道路宽度要够用。 ④ 设流(雪)水沟。
2. 设施计划	A. 平面计划 1、床宽、路宽对作物生长和栽培管理是否合适。 2、床、路的配置对栽培管理、收获运输作业是否适当。 3、设施的利用率如何。 4、间口为几米。 5、单栋抑或连栋。	要充分考虑设施的利用率和作业效率。 间口大小要充分考虑,间口大时在结构上必须设中柱。
	B. 剖面计划 ① 室内有效空间对作物生育是否适当。 ② 室内空间在作业时是否方便。 ③ 作物的引数、支架够用否 ④ 檐高几米。	② 从全国来看,双屋面的檐高是1.8—2.0米,园屋顶为1.6—2.0米,作为作业空间稍低些。
	C. 立面计划 ① 出入口的高和宽是否足以运进机械、材料。 ② 侧窗、天窗的位置大	② 侧窗是空气的吸入口,天

	小、开闭方法是否良好。 ③ 换气扇的位置是否适当。	窗是排气口，在计划时要很好地平衡。
3. 结构计划	A. 总体计划 ① 屋顶面、侧面均匀地配置力量均衡的斜拉杆，使温室成为周正的整体。 ② 骨架的结构是否简洁而且力的方向明确。 ③ 柱、梁等的断面大小是否和设施的规模相适应。 B. 设计条件 ① 是否按照日本设施园艺协会的结构安全标准进行设计。 ② 设计风速，积雪荷重是否适当。 C. 地形、土质、地基 ① 是否做了场地地形的调查。 ② 场地的土质是粘土还是砂质土。 ③ 场地每平方米的耐力为多少吨。 ④ 用桩作地基，桩的长粗及根数是否够用。 ⑤ 木桩是否进行了防腐处理。 ⑥ 基础是否够深够大。 ⑦ 基础内是否有铁筋。 ⑧ 铁筋外浇注的混凝土是否在 6 cm 以上。 ⑨ 是独立基础还是连续基础。 ⑩ 锚栓钢板是否埋得端正。 D. 骨架	① 形成一个立体的整体，能够抵抗风雪。 ② 结构应该是连外行人看起来也很明确，有稳定感，复杂的结构是完全不合理的。 ③ 感到过粗或过细时，要询问设计人员。 由于设计条件与结构强度有极大的关系，要叮询设计人员是否做了充分的调查。 地形正式调查的费用很高，不易办到，用简易方法也一定要调查。 ⑤ 木桩处于地下水位以下的部分不需防腐，地下水位以上的部分要进行防腐处理。 ⑥ 一般浅的基础大多易倒，抗拔力也较差。 ⑦ 土中的铁筋外面的混凝土厚度要在 6 cm 以上。 ⑧ 设施四周的强度，以连续基础为好。

骨架的间隔是否适当。

(1) 柱子

- ① 柱是否过于细长。
- ② 柱的断面是否不易扭曲。
- ③ 柱脚的基础螺栓位置是否端正, 是否从螺帽中伸出了3扣左右, 伸出部分是否一致。
- ④ 地脚螺栓的螺帽是否为双重螺帽。
- ⑤ 柱脚的形状是否不致积存土、水。
- ⑥ 用钢管或角形管做柱子时, 下边是否留有放水孔。

(2) 梁(三角形屋架的上弦)

- ① 梁在非横倒放时, 有无连接材料。
- ② 梁的断面是否不易产生扭曲。
- ③ 梁的高度是否足够。
- ④ 组合梁是否构成桁架(三角形)。若为格栅(四角形)时, 在计算上是否安全。
- ⑤ 梁的接头是否位于应力小处。
- ⑥ 接头强度够否, 施工是否合理。
- ⑦ 柱和梁的连接部, 强度够否, 施工是否合理。

(3) 檩条、胴ぶち

- ① 檩条胴ぶち间隔的确定是否考虑了覆盖材料的强度。
- ② 檩、胴ぶち的强度和挠度够否。
- ③ 檩条上容易滴落露水, 是否考虑了防止方法。

(4) 斜拉筋(屋顶、侧面、中柱之间)

- ① 柱过于细长则耐力小。
- ② 角钢或轻型钢单个使用, 易于扭曲, 应予注意检查。

- ⑤ 由于柱脚部分容易生锈, 为了经常保持干燥状态, 其形状应不致积存土或水。
- ⑥ 管材或角型钢管内部很容易结露, 要设放水孔。

- ① 梁在不是横放时, 于中间加连接材料补强。
- ② 梁的挠度: 玻璃温室不超过跨度的 $1/200$, 其它温室在 $1/100$ 以内。
- ④ 组合梁应尽量形成桁架结构。
- ⑤ 梁的连接点, 柱的连接部分容易成为薄弱环节, 另外也出现过按图纸无法施工的设计, 这点应十分注意。

- ① 檩、胴ぶち的间隔根据覆盖材料的厚度确定。
- ② 檩的挠度, 玻璃温室为跨度的 $1/150$, 其它温室在 $1/100$ 以内。
- ③ 从檩上流下来的露水常常滴落下来。

① 斜拉筋配置是否均匀。 ② 斜拉筋的角度是否过斜或过于直立。 ③ 用园钢为斜拉筋时,拉线螺丝是否紧固而不松驰。 ④ 斜拉筋顶端是否放在柱和梁的交点上,或者交点附近,以构成规则的三角形。 ⑤ 斜拉筋的安装处是否拉紧而不再伸长,强度是否够用?	② 斜拉筋过平或过于直立效果小,纵横之比约为 $\frac{1}{3} \leq \frac{\text{横}}{\text{纵}} \leq 2$ ④ 交叉的斜拉筋不成三角形没有效果。
(5) 斜撑、横连杆 ① 斜撑是否不过于细长。 ② 斜撑的断面是否易扭曲。 ③ 横连杆安装得是否紧固。 ④ 斜撑、横连杆的安装部分是否变形小而强度足够。 ⑤ 安装斜撑、横连杆的柱在受到较大的力时是否仍十分安全。	斜撑、横连杆的安装问题较多,如安装上有错误,则该部分弯曲。
(6) 连接方法 (1) 焊接 ① 图纸上是否明确地标出了连接部分的记号,长度及大小。 ② 焊道是否过短。 ③ 焊接处的焊纹是否规则。 ④ 焊缝的始端、末端是否利索。 ⑤ 焊件是否未被熔蚀。 ⑥ 熔渣是否已仔细地清除了。 (2) 螺栓连接 ① 螺栓余隙是否过大。 ② 螺栓间隔、缘端距离是否恰当。	(1)—②长度在4cm以下的短焊道耐力是有问题的。 (1)—③焊缝利索者为焊接正确。 (1)—④为了保护焊接的金属,上面有熔渣。焊接完了之后,若不彻底清除掉,即使在上面涂上油漆也是无效的。 (2)—②缘端距离小者,即由此断裂。
(7) 防锈、防腐处理 ① 是否镀锌或防锈涂漆两遍	① 涂漆的耐久性决定于涂抹

	以上。 ② 对现场焊接、螺栓、螺帽是否和原件作了同样的防锈处理。	的厚度，不涂抹二次以上者无效。												
	E. 覆盖材料 1.复盖材料的强度够否。 2.设施的屋顶、墙面的隅角部分在暴风时要承受局部风压，是否做了充分探讨。 3.安装工序是否恰当，强度是否够大。 4.对于破损、修理等取换方法是否作了充分的探讨。 5.是否探讨了保温性能及耐候性。	3.按玻璃的方法，卡钉的间隔为250—400mm，承受局部风压处在300mm以下。												
	F. 天窗、侧窗、出入口 1.开闭装置的工作是否良好。 2.强度是否足够。 3.遇暴风，不开窗时能否关得住。 4.开闭装置对双重帘幕有无妨碍。	天窗在暴风时常发生刮开事故，要有能完全拴牢的装置。												
4.设备计划	A. 加温设备 1) 是否按照作物的适宜温度确定管理界限。 2) 是否调查了外界不同季节的气温。 3) 加温负荷是否适当。 4) 是否选择了适宜的加温机。 ① 加温方式是否适当。 ② 实际加温能力是否不低于标定的加温能力。 ③ 室内温度是否不均。 ④ 维修、管理等能力是否充分。 5)加温管道对作业有无妨碍。	加温设备的缺点(全国平均%) <table><tr><td>实际能力低于标定能力</td><td>6.0</td></tr><tr><td>室内加温不均匀现象</td><td>28.0</td></tr><tr><td>加温管道不合适作业困难</td><td>4.0</td></tr><tr><td>没设吸气口(或吸气口小)</td><td>1.0</td></tr><tr><td>生产单位(厂商、商店)在修补,维持管理方面的服务不善</td><td>8.0</td></tr><tr><td>其它</td><td>2.0</td></tr></table>	实际能力低于标定能力	6.0	室内加温不均匀现象	28.0	加温管道不合适作业困难	4.0	没设吸气口(或吸气口小)	1.0	生产单位(厂商、商店)在修补,维持管理方面的服务不善	8.0	其它	2.0
实际能力低于标定能力	6.0													
室内加温不均匀现象	28.0													
加温管道不合适作业困难	4.0													
没设吸气口(或吸气口小)	1.0													
生产单位(厂商、商店)在修补,维持管理方面的服务不善	8.0													
其它	2.0													

6) 加温成本是否过高。	
B. 换气设备	换气扇的缺点 (全国平均%)
	换气能力不足 40
	温度分布不均衡 31
	防锈不良、铁件生锈 2
	运转的音响过高 9
	安装位置不当 6
C. 灌水设备	吸气口面积小 9
	其 它 4
	灌水装置的缺点 (全国平均%)
	灌水不均匀 34
	出水口堵塞 30
	容易引起故障 1
D. 双重幕帘装置	灌水需时过长 9
	其 它 1.4
	双重幕帘的缺点 (全国平均%)
	薄膜粘着而卷放不顺利 15
	不能顺利地开闭 7
	开闭需时过长 21
	有水珠滴落 44
	因积水而不能正常开闭 24

节译自日本《农业および园艺》52 (1), 165—171, 1977

张振武摘译 于长涛校

温室加温必需的热量 和必需的最大换气量的计算

内 嶋 善 兵 衛 *

1. 前 言

覆盖园艺是为了人为地在温室中创造适合于蔬菜生长发育的气候环境而建立的。温室的性能是能够防止靠太阳能增高了温度的空气跑到室外。晴朗的白天, 温室保持较高的温度, 但太阳一落则散热增多, 温室内的温度就会逐渐下降。特别是在严寒的冬天和早春, 温室内的夜间温度相当低, 如果不采取措施, 就会出现低于蔬菜生长发育的临界温度。因此, 在寒冷的季节栽培蔬菜, 温室的加温是必不可少的。

随着温室周年利用的进展, 常常由于白天太阳能的累积而使温室中出现强烈的高温, 阻碍蔬菜的生长发育。为了使蔬菜免受高温的影响, 必须把太阳能的一部分排出温室。其有效的方法就是温室换气, 也就是使温室内外空气自然地或强制地进行交换。

这里所说的加温和换气, 是使温室内的气候环境维持在适合于蔬菜生长发育范围的最基本的技术。因此, 在这方面做过较多的研究, 而且已创造了一些技术措施。但是, 这些措施不仅受温室的构造、管理和作物种类的影响, 而且外部气候对其也有较大的影响。因此, 在这里以如何根据外部气候条件来计算必需的加热量和必需的换气量为主要内容, 来说明温室的加温和换气的设计。

2. 温室的加温

(1) 加温负荷

在低温期间(夜间或寒冷的白天)为了使温室内的气温维持蔬菜生长发育所需要的温度, 就要在温室内增加热量, 通常把增加的热量称为加温负荷(H , 千卡/小时)。这种加温负荷包括以下几项的和:

$$H = H_w + H_v + H_s + H_R \quad (1)$$

式中 H_w 是流过温室墙面的热贯流量(千卡/小时), H_v 是温室内外空气交换的总热量(千卡/小时), H_s 是室内地面收支的热量(千卡/小时), H_R 是短波辐射产生的热量(千卡/小时), 在夜间为零。(1)式的右边各项在温室内温度下降时规定取正值, 在温度上升时取负值。

现在, 以计算夜间的加温负荷为主, 把右边的各项用物理关系表示如下:

$$\left. \begin{aligned} H_w &= A_w k_t (i T_a - o T_a), \\ H_v &= A_w k_v (i T_a - o T_a), \\ H_s &= A_f B_0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

这里 A_w 和 A_f 是墙壁面积和室内土地面积(米²), iT_a 和 oT_a 是室内和室外的气温(°C), B_o 是土壤热通量(千卡/米²·时), k_t 和 k_v^* 是热贯流率和换气热传导系数(千卡/米²·时), 并可将其以下式来表示(假定墙面为单层):

$$k_t = \left(\frac{1}{i\alpha} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{o\alpha} \right)^{-1}$$

$$k_v^* = \rho \frac{Q_v}{A_w} C_p \left[1 + \frac{2}{\Delta T} \left\{ i r_a \cdot e(iT_a) - o e_a \right\} \right]$$

$i\alpha$ 和 $o\alpha$ 是墙内外的导热系数(千卡/米²·时·°C), λ 是墙壁材料的热贯流率(千卡/米·时·°C), L 是墙的厚度(米), ρ 和 C_p 是空气的密度(公斤/米³)和恒压比热(千卡/公斤·°C), $i r_a$ 是室内的相对湿度(0~1.0), $e(iT_a)$ 是在室内气温下的饱和水气压(mmHg), $o e_a$ 是外部的的水气压(mmHg), $\Delta T = iT_a - oT_a$ (°C). 如果利用(2)式代入(1)式就得:

$$H = A_w K_H \Delta T \quad (3)$$

式中 K_H 是放热系数(加温负荷系数), 可用下式表示.

$$K_H = (k_t + k_v^* + \frac{A_f}{A_w} \frac{B_o}{\Delta T})$$

(3)式可用来确定每小时的加温负荷, 即加温设备的容量.

(2) 加温温度·时数

在 τ 期间(小时)的总加温负荷(H_{heat} 千卡)可用下式求出:

$$H_{heat} = A_w K_H D_H \quad (4)$$

式中 D_H 称为加温的温度·时数, 关于必要加温时期, 是室内要求的气温和不同时间外界气温之差的平均值的总和. 如下面所说明的那样, 因为 K_H 变化不大, 所以 H_{heat} 与温度·时数成比例. 在 D_H 的求法上曾提出过好多种方法(川胜¹⁾、中川³⁾、内嶋⁹⁾), 但综合多数资料求出的每一天的 D_H 为:

$$D_H = 2.18 (T_c - T_{min})^{1.66} \quad (5)$$

式中 T_c 和 T_{min} 是温室设定温度和外界最低气温(°C). 由(5)式得到的关系示于图1. 设定的温度根据作物的种类而变化, 例如:

柿子椒

22°C

茄

子

12°C