

# 生物能温室室内生态条件及其调控技术的研究\*

汤国辉

(南京农业大学, 南京, 210014)

**提要** 通过对生物能和太阳能大棚式温室的室内生态条件及其调控后效应的试验, 得出: 生物能温室的室温与料温和气温的日变化趋势一致, 室温与料温、气温的相关系数分别达0.616, 0.62, 回归方程分别为 $Y=1.23X_1-5.77$ ,  $Y=1.08X_2+20.6$ 。室温一般是进料后1-2天开始上升, 第3-5天随堆温迅速上升, 第7-10天进入高峰期, 至进料后18-20天仍可高出大气温度10℃左右。室温白天受太阳能影响大, 增温快、变幅大, 夜间靠生物能增温, 室温变化平稳。此外, 生物能室温水平分布均匀, 垂直温差显著。虽然室内湿度经常处于雾化状态, 但室内光照基本能满足多种作物生长的要求, 晴天室内光照强度相当于自然光强的46~60.4%。室内CO<sub>2</sub>浓度可高出大气中5.83倍。关或开通气孔, 使室温每小时降或升1~2℃, 覆盖草帘可增温11.3~12.0℃, 晴天中午覆盖草帘可降温7.3~10.8℃, 室内悬挂黑布帘可增温4~6℃, 开门窗有通风降温作用。

## 前言

利用植物的残体等碳氮比例高的有机物与人畜禽类碳氮比例低有机物堆制, 通过微生物活动发酵, 放出的热能, 通过温室(床)装置收集利用。这种新型的生物能源在我国用于培育动植物已取得了非常高的经济和社会效益(汤国辉 1987), 目前正向全国推广。生物能温室具有节能造肥省工省本, 避免自然灾害, 综合利用, 利于向专业化、商品化生产方向发展。温室结构具有能土能洋、能大能小, 能统能分等方面的优越性, 本世纪60年代国内外曾有人用箱子装废弃物深埋土中或地表开沟填上酿热料, 上面覆土种植蔬菜作物, 做过些工作。本文仅对生物能温室室内生态条件及其调控技术作了试验研究和调查。

## 1 试验装置、材料及方法

### 1.1 试验设施

试验地位于江苏省宿迁县曹集乡三灶村池塘边上。9m×7m塑料大棚三座, 简称1号、2号、3号室。

1号生物能对照室: 不育秧, 室内不搭秧架, 不按育秧要求进行调控。首先, 按图1平面布置挖好两个酿热物池, 并挖好通气沟及通气孔, 在通气沟上铺树枝, 防止酿热物料堵塞沟道, 以保证酿热物料内通气, 控制发酵。然后搭大棚钢架内外两层, 再覆盖内

外两层薄膜, 结构见图1、2。

2号生物能育秧温室: 室内育秧, 按育秧的农艺要求调控, 温室结构、尺寸除与1号温室相同外, 室内育秧架全部用毛竹搭成(图3)。

3号太阳能塑料大棚温室: 室内不育秧, 不搭秧架, 不挖酿热物池和投酿热物料, 地上部分温室结构及尺寸与1号室类同, 作为对照。

### 1.2 试验材料和方法

1号室、2号室在大棚搭好后投放酿热物料, 每立方米投稻草80kg, 干牛粪35kg, 人粪尿40kg。酿热物料一次进足, 分层堆制, 每层草厚28cm, 畜粪5cm, 堆好后用人粪尿泼浇。每层装后轻踩, 堆料高出池口16-20cm, 装后拍平, 但不能踩踏结实, 以达到上松下实的目的, 见图2。2号室秧架层次及秧盘平面布置见图2、3。

在秧盘进室后, 采用温湿度自记录仪同时分别测定室内1.5m处温湿度值, 用最高最低温度表测定室内1.5m处昼夜温差, 以普通温度表测定室内0.5、

\* 参加本项工作的还有陈建国、袁钊和、陈三六, 江苏省农科院吴永祥、郭鹏, 宿迁县曹集乡张国祥等同志, 在写作过程中得到南京农业大学孙文全同志的大力帮助, 一并深表谢意!

1987-12-15 收稿

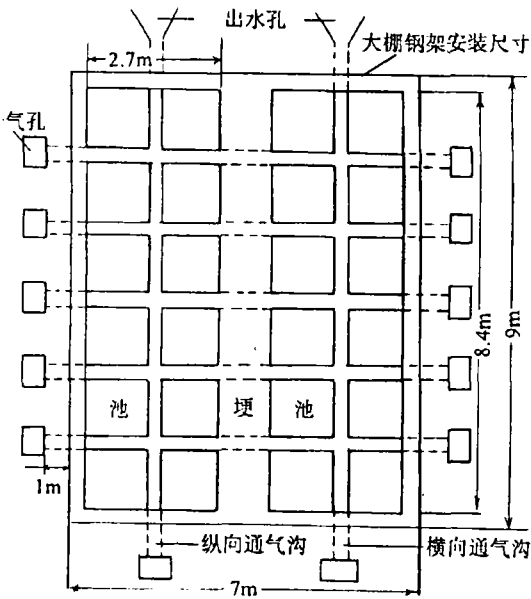


图1 酿热物池平面图

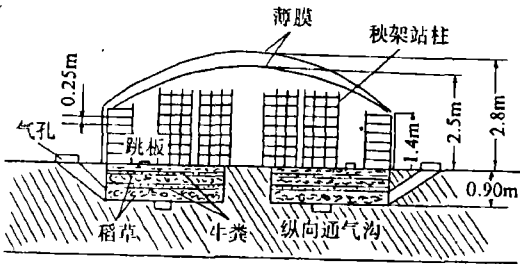


图2 生物能育秧温室截面示意图

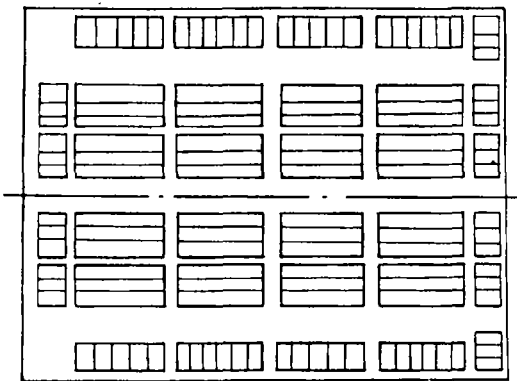


图3 生物能育秧温室秧盘示意图

1.5、2.0m 处的温度差,以插入式温度表,测定酿热物料中40cm、20cm 和酿热物料表面温度变化。室外以离地面1.5m 处的温湿度作对照。本试验于1984年4月17日酿热物进池,进料后第三天每隔2小时测定室温一次。水稻种子于1984年4月13日浸种,4月18日播种,育秧工艺流程为秧盘装营养土1cm—湿盘—播种—喷水—盖种。净播量为1000kg/亩,每盘(40cm×85cm)播干种0.25kg。室内管理按水稻育秧苗生长要求进行。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 三座温室的室温和室外气温差异显著性测验

对三座温室内与室外1个月的日平均气温作最小显著极差测验,(南京农学院主编1980),其结果表明,三座温室的室内和室外气温日平均值之间均有显著差异。

### 2.2 生物能温室室内生态条件

#### 2.2.1 室内温度

##### a. 料温对室温的影响

生物能温室发酵池表面温度变化是酿热物释放酵解能多少的表现,是影响生物能温室温度变化的主要因素。根据测定数据的相关分析(南京农学院主编1980),室温(Y)与发酵池表面温度( $X_1$ )的相关系数( $n=15, P=0.01$ ) $r$ 为0.616,回归方程 $Y=1.23X_1-5.77$ 。如当料面温度为20℃时,室温达18.83℃。

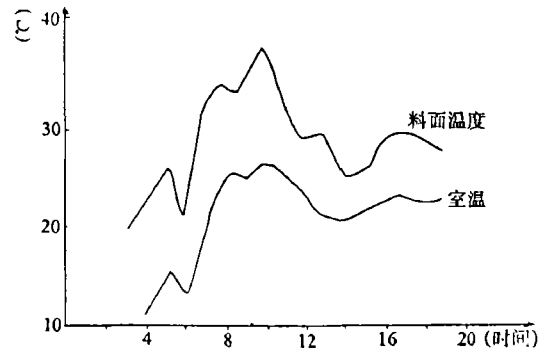


图4 料面温度与室温曲线示意图

也可从料面(0cm)温度与室温的变化趋势看出。多次试验表明,室温的高低受料温的高低影响,呈明显的正相关(图4)。

##### b. 室外气温(太阳能)对室温的影响

从室外气温对生物能温室室温的相关分析表明(南京农学院主编1980):室温(Y)与室外气温

(X<sub>2</sub>) 的相关系数 (n=35, p=0.01) r 为 0.62, 回归方程为  $Y=20.6+1.08X_2$ , 如当外界气温 X<sub>2</sub> 为 8℃ 时, 室温 Y 的值可达 29.24℃。

表1 4月下旬各温室旬增温效应 (°C/10d)

项目	1号生物能温室			3号太阳能温室	2号生物能温室			调控温度
	太阳能	生物能	合计	合计	太阳能	生物能	合计	
白天	92.4	35.0	127.4	92.4	51.5	35.0	86.5	-40.9
天	%	72.5	27.5	100		59.5	40.5	100
夜间	31.7	44.6	76.3	31.7	31.7	61.9	93.6	+17.3
间	%	41.5	58.5	100		33.9	66.1	100

也可从4月下旬1号室和3号室测试值(表1)看出, 未用草帘覆盖调控的1号室的增温效应: 白天太阳能占72.5%, 生物能占27.5%, 夜间太阳能占41.5%, 生物能占58.5%, 但是由于生物能温室在增温的同时, 存在向室外扩散热能的效应, 故温室的保温性能对室温变化也有直接作用。而用草帘覆盖调控的2号室, 白天太阳能占59.5%, 生物能占40.5%, 夜间太阳能占33.9%, 生物能占66.1%。2号室由于热量散失少, 夜间保温效应高, 而没有采用保温措施的1号室夜间增温效应低。

c. 室外天气对生物能温室室温的影响

据1号室4月19日、20日、21日三天不同时间所测得的温度变化(表2)表明, 生物能温室室温受天气影响较大。

表2 生物 温室不同天气下的室温比较表 (°C)

日期	2	8	10	12	14	16	18	20	日均温	外界气温	天气
19/4	20.2	22.9	40.0	45.6	47.2	42.1	30.2	25.7	31.0	16.9	晴
20/4	18.2	19.3	20.5	22.6	24.2	24.7	22.6	21.3	21.3	10.8	阴雨
21/4	19.0	24.3	31.7	40.7	47.3	44.6	33.4	36.0	31.7	14.8	晴
19/4-20/4	2	3.6	19.5	23.0	23.0	17.6	7.6	9.7	9.7	6.1	
20/4-21/4	-0.8	-5	-11.2	-18.1	-23.1	-19.9	-10.8	-10.4	-10.4	-4	

注: 此表值为4月19日~4月21日的连续观察值。

d. 生物能温室室温的主要特点

生物能温室的室温一般是进料后1~2天温度开始上升, 第3~5天室温随堆温上升而迅速上升, 第七~十天进入高峰期, 至进料后18~20天, 室温仍能维持比外界气温高10℃左右, 在外界气温恒定和温室保温性能好时, 室温完全受料温高低支配。在阴雨天, 当气温处在3.6~14.5℃, 平均9.3℃时, 室温仍可保持在18~26.8℃, 平均22.7℃, 可满足多种动植物生长的需要。晴天气温在10~16℃, 室温可达30~40℃, 最高温度一般可出现在白天12~14时之间。

此外, 生物能温室室温白天受太阳能影响大, 增温快, 变幅大。据观察, 白天10时至14时, 是太阳能迅速增加的时候, 也是室温增长幅度最大的高温时段。室温极差可达20℃以上。室内最高温度一般可出现在12时至14时之间, 14时之后, 随太阳能减弱, 室温也相应下降, 15时至17时下降幅度逐步加大, 18时

以后则趋向稳定, 与太阳辐射能的变化规律相一致。在夜间室温主要靠生物能增温, 室温变化平稳。在正常天气条件下, 室温极差一般只有3~8℃, 如果采取保温措施, 室温就更加稳定, 夜间高低温差只有2~3℃。再就是生物能温室与太阳能温室的室温水平分布都比较均匀一致, 但在垂直分布上差异显著。由于生物能温室酿热物释放出的醇解能是由下上传导的, 因而相对地减弱了太阳能向下传导的数量和速度, 在温室上层形成明显的高温层, 使不同层次的室温产生显著的差异。据测定, 在晴暖天气中, 2m处和0.5m处的温差可达11.9~22.3℃(表3)。而太阳能温室的室温完全受阳光的强弱所制约, 室内主要靠空气对流扩散热能, 上下分布比较均匀。其次, 由于顶部接触界面, 积聚热能的能力较中部弱, 故上部的室温往往低于中下部的温度, 这与生物能温室有显著的不同。

表3 不同温室的最大垂直温差表

名称 项目 天气状况	1号生物能温室						3号太阳能温室					
	0.5-1.5m		1.5-2.0m		0.5-2.0m		0.5-1.5m		1.5-2.0m		0.5-2.0m	
	最大差 值(°C)	出现 时间	最大差 值(°C)	出现 时间	最大差 值(°C)	出现 时间	最大差 值(°C)	最大差 值(°C)	出现 时间	最大差 值(°C)		
晴暖	5.0~5.7	16	10.9~14.5	8~10	11.9~22.3	8~12	2.6~2.8	12~14	-2.4~3.0	16	4.6~6.0	12~14
晴冷	2.2~3.0	12~14	8.9~9.6	10~12	10.7~11.4	10~12	4.3~5.8	12~14	-2.0~2.2	16	40	12
阴天	2.2~2.3	8~12	7.4~9.4	10~14	10.1~11.5	10~12	1.6~1.8	8~12	-2.8~-3.3	18~20	1.5~1.9	8~10
大风	3.1~6.4	12~14	4.7~10.0	8~16	10.6~13.6	14~16	4.4~5.0	12~14	-2.4	12	3.8~4.0	12~14
雨天	1.2~1.7	12~14	4.7~7.2	14~16	3.2	16	-1.8	16	-1.4~-1.6	10~14	-2.8	16

注：指一日内出现的最大值。

2.2.2 湿度

根据观察，1号生物能温室室内的酿热物由于含水量高，在酵解释放热能的过程中，水分不断蒸发于室内，使室内的空气相对湿度呈饱和状态或过饱和状态。从4月26日至5月10日观察结果表明：室内空气相对湿度平均为96.5%，其中96%以上的有12天，从而室内经常处于雾化状态。经过调控后的2号室，当室温在30℃以下时，即使室内不喷水，湿度也能稳定在85~90%之间，从4月21日~26日夜间记录的温湿度变化曲线中可以看出：尽管室温变化幅度为20~30℃，湿度变化幅度却只有1%~3%，湿度自记曲线几乎形成一条水平线。当室内温度大于30℃以上时，由于通风关系，室内湿度和温度之间存在显著的负相关。生物能温室从上午8时开始室内湿度随着室温的上升而下降，至10-14时的高温时段室内湿度只有40%左右(图5)。高温时段过后，湿度随温度的下降而上升。通过25组数据相关分析(南京农学院主编1980)，相对湿度(Y)和室内温度(X)显著负相关，r为-0.814(n=25, P=0.01)，回归方程 Y=131.55-1.71X。

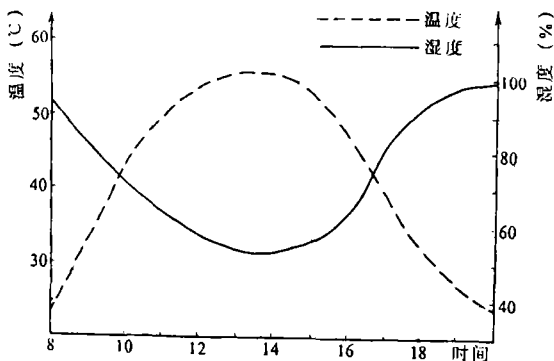


图5 生物能温室8-20点时湿度变化曲线图

2.2.3 光照

2号室棚顶和两侧都能透光，室内光照条件比较好，用2F-2型照度计测定，晴天室内光照强度相当于自然光强的46%~60.4%，多云天气为50.7%，阴雨天为44.2%，在白布遮阴条件下，室内光照强度仍可达到36%以上。

2.2.4 2号室内二氧化碳(CO<sub>2</sub>)浓度

生物能温室中的酿热物在发酵过程中，不仅释放出大量的热量和水汽，同时也产生大量的CO<sub>2</sub>。据测定，在酿热物进坑后52小时，CO<sub>2</sub>的浓度为0.3%，直到第六天，秧苗第一完全叶展出后，二氧化碳浓度达0.175%，是空气中二氧化碳浓度(0.03%)的5.83倍，从而可增加绿色植物的光合势，有利于叶片的增厚和鲜重的提高。在2、8、14、20时四个观察时段中，以夜间2时浓度最高，平均为0.55%，早晨8时最低，平均为0.35%，14时平均只有0.393%。

2.2.5 生物能温室室内生态条件调控

a. 生物能温室关闭气孔0.5-1小时后，室温才有明显的变化。据试验，进料后打开通气孔的比没有打开通气孔的来温早1~2天，白天关闭通气孔室温每小时可下降2℃，夜间打开通气孔室温每小时上升1~2℃，大风天气，关闭上风处通气孔，打开下风处比全开的室温高3~4℃。

b. 表论在晴天、阴天、白天、夜晚，帘后温度变化平稳，在高温时段内，立刻帘后迅速下降。对1号室和3号室进行夜晚覆盖保温试验表明，覆盖草帘的比未覆盖的高11.3~12.0℃(表4)。

据4月19日室温观察结果上午10时2号室帘后，在白天10-16时高温时段内，比1号室低7.3~10.8℃，晚上在18时至第二天8时低温时段内温度比1号室高0.1~7.1℃。可见帘后调控的温度曲线变化平稳，而未覆盖草帘的温度曲线变化较大，无论调控

及未调控的生物能温室的室温均比外界气温高(图6)。

表4 太阳能温室与生物能温室夜晚覆盖保温效应

项 目	生物能温室			太阳能温室		
	覆盖 草帘	未覆盖 草帘	±℃	覆盖 草帘	未覆盖 草帘	±℃
4月25日6时	27.9℃	16.6℃	11.3	16.3℃	15.5℃	0.8
4月26日6时	28.2℃	16.2℃	12	17.7℃	15.8℃	1.9

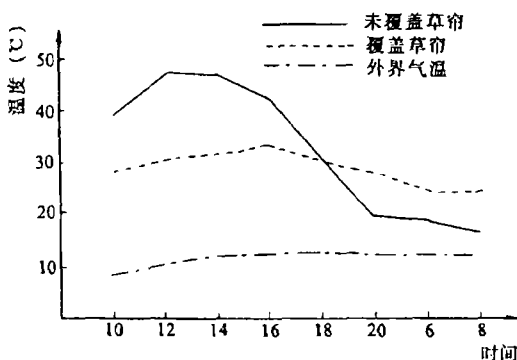


图6 覆盖草帘与未覆盖草帘室温曲线变化

c. 在室温过高时,如需迅速降低室温,可以打开门窗与外界热量进行对流,在短时间内即可达到效果。为了增加室温,增强温室的保温性能,可在墙壁四周挂上塑料薄膜,屋顶挂上黑色薄膜,即可增加室温4—6℃。

d. 生物能温室的室温可进行调控,基本能满足多种动植物的需求。以生物能温室育秧为例(图7),调控后的温度完全能满足秧苗的需求。

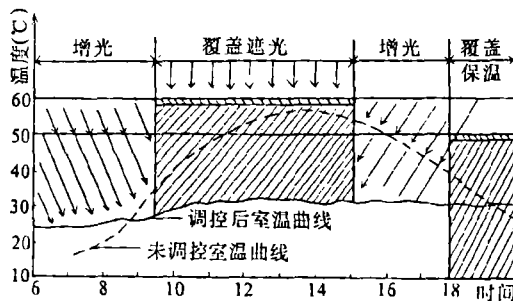


图7 生物能温室室温调控示意图

参考文献

南京农学院主编.田间试验和统计方法.北京:农业出版社, 1980, 194~212  
 汤国辉.生物能温室综合利用技术.农业经济与技术, 1987, 7  
 汤国辉.生物能温室综合利用技术.农业与技术, 1987, 8

STUDY ON REGULATION OF INDOOR ECOLOGICAL CONDITION OF BIOENERGETIC GREENHOUSE. *Tung Chuehui* (Nanjing Agricultural University); *Rural Eco-Environment*, No, 2, 1992, pp. 59--63

**ABSTRACT** The ecological conditions of plastic greenhouse utilized bioenergy and solar energy and its regulation were studied. The experimental results showed that room temperature changes similarly to the material temperature and air temperature outdoor, and that coefficients and regression equation of room temperature (y) to material temperature (X<sub>1</sub>) and air temperature (X<sub>2</sub>) were 0.616, y=1.22X<sub>1</sub>-5.77 and 0.62, y=1.08X<sub>2</sub>+20.6, respectively. Generally, room temperature began to increase 1-2 days after material supply, sharply increase 3-5 days later, with the maximum 7-10 days after material supply, and room temperature was still approx. 10°C higher than air temperature after 18-20 days. Because of the effects of sunshine and bioenergy, day room temperature fluctuated significantly and night temperature remains steadily. In addition, horizontal differences in room temperature were very little but vertical differences were remarkable. Although air humidity was in the condition of vaporization, indoor light intensity was sufficient for the growth of many crops and indoor light intensity in fine day was 46-60.4% of natural light intensity. Carbon dioxide concentration indoor was 5.83 times higher than that of atmosphere. Moreover, Methods for regulating the condition of bioenergetic greenhouse have been proposed, which include mulch with straw bed increasing temperature 11.3-12.0°C, but mulch with straw bed only at noon in fine day decreasing 7.3-10.8°C and hanging black clothes indoor increasing 4-6°C.