

网络出版时间:2014-09-10 18:19

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.10.062

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.10.062.html>

不同秸秆生物反应堆对日光温室黄瓜 生长环境及产量的影响

袁冬贞^{1,2}, 廖允成¹, 王阳峰², 杨 薇^{1,2}, 杨 林², 乔宏喜³, 李 洁³

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省农业技术推广总站, 陕西 西安 710003;

3 延安市农业技术推广中心站, 陕西 延安 716000)

【摘 要】 **【目的】**对 4 种秸秆生物反应堆技术在日光温室黄瓜上的应用效果进行比较, 筛选出最适合延安地区温室黄瓜种植的秸秆生物反应堆技术。**【方法】**选取延安地区最常用的行间内置式、行下内置式、外置式和外置式+行间内置式 4 种秸秆生物反应堆技术, 分别测定其对日光温室内 CO₂ 体积分数、室内气温、地温及黄瓜农艺性状、产量和抗病性等指标的影响, 以不用秸秆生物反应堆技术为对照, 对其效果进行综合评价。**【结果】**与对照相比, 4 种秸秆生物反应堆技术均能增加温室内 CO₂ 体积分数, 提高室温 and 地温, 改善农艺性状, 提高黄瓜产量。其中, 外置式+行间内置式反应堆在提高温室内 CO₂ 体积分数(09:00 和 11:30)及黄瓜株高、茎粗、产量和缩短收获时间方面表现最为明显, 温室内 CO₂ 体积分数分别较对照提高了 160.0%(09:00)、170.8%(11:30), 黄瓜株高、茎粗、产量分别提高了 13.8 cm, 1.1 mm 和 34.6%, 收获时间缩短了 6 d; 该技术在提高室温、黄瓜根部 10 cm 地温及降低白粉病和霜霉病病情指数等方面也有较好表现, 室温、黄瓜根部 10 cm 地温分别较对照提高了 1.9 和 2.9 °C, 白粉病和霜霉病病情指数分别降低 1.4 和 1.7。**【结论】**在延安地区黄瓜日光温室栽培中, 外置式+行间内置式秸秆生物反应堆技术综合表现最为突出, 可以进行示范推广。

【关键词】 秸秆生物反应堆技术; 黄瓜栽培; 日光温室; 温室环境

【中图分类号】 S642.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)10-0186-07

Effects of straw bioreactor on growth environment and yield of cucumber in greenhouse

YUAN Dong-zhen^{1,2}, LIAO Yun-cheng¹, WANG Yang-feng²,
YANG Wei^{1,2}, YANG Lin², QIAO Hong-xi³, LI Jie³

(1 College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Agricultural Technology Promotion Station of Shaanxi, Xi'an, Shaanxi 710003, China;

3 Agricultural Technology Promotion Center of Yan'an, Yan'an, Shaanxi 716000, China)

Abstract: **【Objective】** Effects of 4 straw bioreactors on cucumber in solar greenhouse were analyzed to select the most suitable straw bioreactor in Yan'an area. **【Method】** Four commonly used straw bioreactor types in Yan'an, interline built-in, line built-in, outer built-in, and outer+interline built-in, were selected and their effects on CO₂ volume fraction, air temperature, soil temperature, agronomic traits and cucumber yield were measured. Using technology without straw bioreactor as control, the effect of straw bioreactor types were synthetically evaluated. **【Result】** Compared with the control, all 4 straw bioreactor types increased CO₂ volume fraction, room temperature and soil temperature. The agronomic traits and yield of cu-

【收稿日期】 2014-01-20

【基金项目】 国家自然科学基金项目(31171506)

【作者简介】 袁冬贞(1975—), 女, 陕西西安人, 在读博士, 主要从事耕作与栽培研究。E-mail: dong75dong@126.com

【通信作者】 廖允成(1969—), 男, 安徽六安人, 教授, 博士生导师, 主要从事耕作与栽培研究。E-mail: yunchengliao@163.com

cucumber were improved as well. The outer+interline built-in type had the best increasing effect on CO₂ volume fraction (by 160.0% at 09:30 am and by 170.8% at 11:30 am), cucumber plant height (by 13.8 cm), stem diameter (by 1.1 mm), and yield (by 34.6%) and decreasing effect on time of harvest (by 6 days). The technology also improved the room temperature (by 1.9 °C) and cucumber root 10 cm soil temperature (by 2.9 °C) and reduced the disease indexes of powdery (by 1.4) and downy mildew (by 1.7). 【Conclusion】 The outer + interline built-in type was the most suitable for cucumber planting in greenhouse at Yan'an area.

Key words: straw bioreactor technology; cucumber planting; solar greenhouse; greenhouse environment

秸秆生物反应堆技术是一项利用作物秸秆等廉价农作物废弃资源,提高瓜果和蔬菜产量、改善其品质的现代农业生物工程创新技术,合理开发并综合利用该技术具有重要的经济和生态意义^[1-3]。在反季节蔬菜的生产中,由于通风量减少、光合作用消耗等原因,致使温室内 CO₂ 严重亏缺。CO₂ 不足将导致作物光合速率降低,从而成为温室蔬菜生产的重要限制因素^[4-5]。中国北方地区日光温室蔬菜越冬栽培存在的低温冷害问题,也是影响其高产优质的主要因素之一^[6-7]。因此,补充 CO₂、提高室温和地温,是中国北方地区日光温室必要的增产措施。秸秆生物反应堆技术可以利用微生物菌种将农作物秸秆定向转化为作物生长所需的 CO₂、热量、抗病孢子、有机和无机养料等,从而缓解温室生产中存在的低 CO₂ 和低温问题,提高作物的光合效率,促进作物的生长发育^[8-10]。黄瓜为喜温蔬菜,深受广大生产者 and 消费者喜爱,在北方反季节日光温室中栽培广泛,具有产量高、经济效益好等优点^[11-12],其光合作用最适温度为 25~30 °C。白粉病和霜霉病是黄瓜栽培中常见的 2 种病害,发病率很高,尤其对反季节日光温室内黄瓜产量的影响很大,会使黄瓜减产 10%~40%^[13-14]。秸秆生物反应堆技术在一定程度上对克服冬季温室内因通风不良和湿度过大导致的病害严重等问题具有改善作用^[15-16]。

根据秸秆放置的位置不同,秸秆生物反应堆技术可分为外置式和内置式。其中,内置式又分为行间内置式和行下内置式 2 种。在实际生产中,除了单独使用外,也常常内外置结合使用。然而,不同生产设施的环境调控能力将直接影响作物产量的提高^[17],不同秸秆生物反应堆技术在具体环境下的应用效果也存在差异。

目前,我国学者对秸秆生物反应堆技术的应用进行了大量研究^[18-20],但大部分研究涉及的是秸秆生物反应堆技术的宏观应用效果或其对相关温室因子的影响^[21],而有关日光温室生产中不同秸秆生物

反应堆技术应用效果的比较研究相对薄弱。为此,本研究以“津优 30 号”黄瓜品种为试材,通过栽培试验测定温室黄瓜生长的相关因子,比较 4 种常用的秸秆生物反应堆技术对温室环境及黄瓜生长和产量的影响,以期为延安地区温室蔬菜生产中秸秆生物反应堆技术的推广提供理论支持和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

(1)黄瓜品种。采用当地主栽黄瓜品种“津优 30 号”。

(2)施用的基肥。每 hm² 施农家肥 75 t 作为基肥。

(3)秸秆类型及用量。内置式玉米秸秆用量为 60 t/hm²,外置式玉米秸秆用量为 27 t/hm²。

(4)菌种及用量。菌种采用世明生物反应堆专用菌种 001,用量为 120 kg/hm²。菌种的处理:1 kg 菌种掺 20 kg 麦麸,另加水 20 kg,混合拌匀后,堆积 4 h 使用。

1.2 日光温室的结构与秸秆生物反应堆的建造

1.2.1 日光温室的结构 供试日光温室结构一致,为节能型日光温室,长 50 m,宽 8 m,脊高 4 m,覆盖聚氯乙烯无滴长寿膜。试验温室后墙体及侧墙体为土质结构(图 1)。

1.2.2 内置式秸秆生物反应堆 采用内置式秸秆生物反应堆技术时,一个种植带型总宽 180 cm,其中种植行带宽 60 cm,定植 2 行黄瓜,种植行间宽(人行道)120 cm。建造行间内置式秸秆生物反应堆时,于黄瓜苗定植前 15 d 在种植行间(即人行道)开沟,沟宽 120 cm,深 25 cm,沟长与种植行相等。开沟完成后直接铺放玉米秆,厚度 30 cm,沟两头露出秸秆 10 cm。然后将拌好的菌种均匀撒在玉米秆上,将沟两边的土回填于秸秆上,覆土 25 cm,整平垄面。覆土 3 d 后浇水,浇水 3 d 后,在反应堆上(即行间)按 30 cm×20 cm 的面积用 12 号钢筋打 2 行

孔。距浇第 1 水 10 d 再浇 1 次水,浇匀,2 d 后在种植行定植黄瓜苗,定植后 6 d 浇 1 次透水。待能进

地时在反应堆上打 1 遍孔,以后打孔位置与前次错开,生长期内每月打孔 1 次。

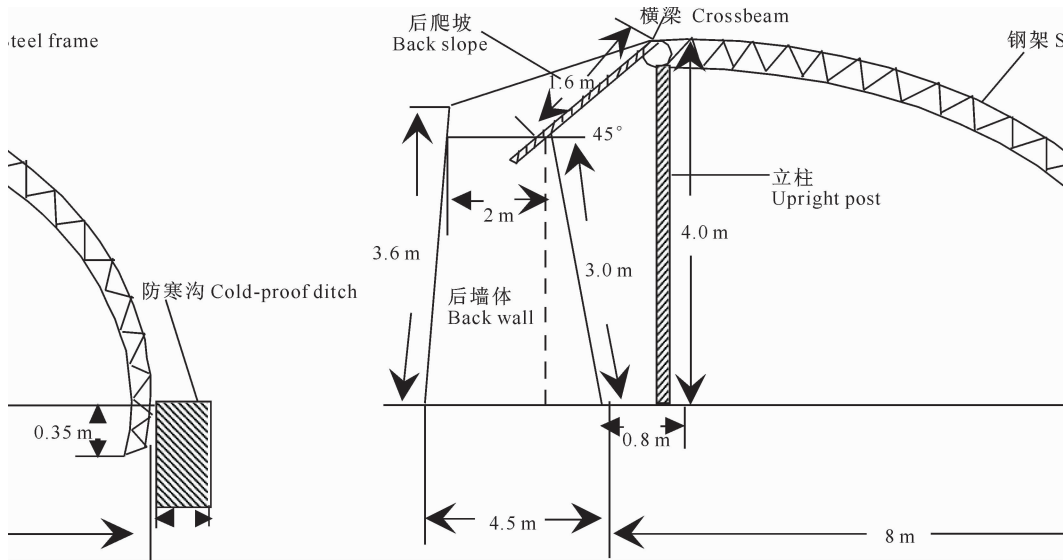


图 1 供试日光温室结构

Fig. 1 Structure of tested solar greenhouse

行下内置式反应堆的建堆操作环节与行间内置式基本相同,区别在于:沟开于种植行下,沟宽 60 cm,深 25 cm;黄瓜苗定植在种植行下,即秸秆生物反应堆上。

1.2.3 外置式秸秆生物反应堆 外置式反应堆,即反应堆建造在温室入口一侧,沿山墙平行挖一个长 600 cm、沟面宽 120 cm、沟底宽 90 cm、深 120 cm 的储气池。在储气池向棚内方向挖一个长 150 cm、宽 65 cm、深 50 cm 的输气道,在输气道前端 50 cm 处建秸秆生物反应堆专用交换机底座。储气池南北两端各建造一个长 50 cm、宽和高均为 20 cm、低于地面 10 cm 的回气道。储气池北端挖一个底部与储气池底部相通且低于底部 10 cm、内径 30 cm×30 cm 的取液池。用厚农膜铺设输气道、回气道、取液池,安装专用交换机。沿储气池长度方向每隔 40 cm 横向铺水泥桩作隔离层,水泥桩上每隔 10 cm 纵向固定一根竹竿,上面横竖交错铺放秸秆,每放 50 cm 厚秸秆撒菌种 1 层,每 hm^2 第 1 次合计用秸秆 12 t,3 d 后向秸秆上浇水并打孔,然后用塑料地膜覆盖秸秆,中部露 10 cm 带宽通气,安装输气带于交换机上,启动交换机。随后每 60 d 再补秸秆 $7.5 \text{ t}/\text{hm}^2$,共补 2 次。

1.3 试验设计

试验于 2009-10—2010-07 在延安市甘泉县高哨乡高哨村(东经 $109^{\circ}21'$,北纬 $36^{\circ}16'$)相连的 5 座日光温室内进行,经统一测定,可知温室内 CO_2 体

积分数、地温、气温等环境条件一致。本试验共设 5 个处理,其中处理 1(CL1)采用行间内置式反应堆,处理 2(CL2)采用行下内置式反应堆,处理 3(CL3)采用外置式反应堆,处理 4(CL4)采用外置式+行间内置式反应堆,处理 5 为对照棚(CK),即不使用秸秆生物反应堆技术。5 座温室均种植“津优 30 号”黄瓜品种,于 10-05 播种,11-20 定植(覆地膜),翌年 07-05 拉秧。CK 按常规管理,CL1、CL2、CL3 和 CL4 按秸秆生物反应堆技术规程进行追肥、浇水管理。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 温室 CO_2 体积分数、气温和地温 取温室内对角线交点及交点与 4 个角连线的中点共 5 个测量点,以下测量均在这 5 个点上,每个点测量 3 次。分别于 2009-12-05、12-25 和 2010-01-15,在温室刚揭帘开交换机后 20 min (09:00) 和未通风前 (11:30),用 TEL7001 型 CO_2 测定仪(北京宝云兴业科贸有限公司生产,测量范围:0~1%,误差 $\pm 5\%$)在距地面 100 cm 处测定 CO_2 体积分数。

气温和地温测定:分别于 2009-12-05、12-25 和 2010-01-15 的 08:30,用 ZDR-20 型智能温湿度记录仪(杭州泽大仪器有限责任公司生产)测量距地面 150 cm 处的气温及黄瓜根部 10 cm 的地温。

1.4.2 黄瓜生长状况和产量 2009-12-25,以上述 5 个点为中心点,各点选择两侧连续 10 株、共计 20

株黄瓜植株,分别测定株高、茎粗、单果质量,并记载采收时间、数量、产量。

1.4.3 黄瓜病害统计指标 黄瓜霜霉病病情分级标准:0 级.无病叶;1 级.病叶数占全株总叶片数量的 1/4 以下、病斑面积占所在叶片面积的 1/4 以下;2 级.病叶数占全株总叶片数量的 1/4 以下、病斑面积占所在叶片面积的 1/4~1/2,或病叶数占全株总叶片数量的 1/4~1/2、病斑面积占所在叶片面积的 1/4 以下;3 级.病叶数占全株总叶片数量的 1/2~3/4、病斑面积占所在叶片面积的 1/2 以上、但病叶尚未干枯或死亡;4 级.全株大多数叶片干枯或死亡^[22]。

黄瓜白粉病病情分级标准:0 级.全株无病;1 级.全株 1/4 以下的叶片有少数病斑;2 级.全株 1/2 以下的叶片有少量病斑或 1/4 以下的叶片有较多的

病斑;3 级.全株 3/4 以下的叶片发病或部分叶片变黄枯死;4 级.全株 3/4 以上的叶片发病或 1/4 以上的叶片变黄枯死^[22]。病情指数的计算公式为:

病情指数 =
$$\frac{\sum(\text{各级病株数} \times \text{相应病情级数})}{\text{调查总株数} \times \text{最高病情级数}} \times 100。$$

1.5 数据统计与分析

所有试验数据采用 SPSS 19.0 软件和 Microsoft Office Excel 2003 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆生物反应堆对日光温室内 CO₂ 体积分数、气温和地温的影响

不同秸秆生物反应堆对日光温室内 CO₂ 体积分数、气温和地温的影响见表 1 和图 2。

表 1 不同秸秆生物反应堆对日光温室内 CO₂ 体积分数的影响

Table 1 Effects of straw bioreactor type on CO₂ volume fraction in greenhouse %

处理 Treatment	2009-12-05		2009-12-25		2010-01-15	
	09:00	11:30	09:00	11:30	09:00	11:30
CK	0.085 33 d	0.027 67 d	0.076 53 d	0.029 11 d	0.072 60 d	0.026 13 d
CL1	0.133 77 c	0.048 41 c	0.118 57 c	0.049 63 c	0.099 57 c	0.048 60 c
CL2	0.135 56 c	0.049 42 c	0.119 67 c	0.050 67 c	0.100 70 c	0.049 59 c
CL3	0.173 27 b	0.062 60 b	0.152 48 b	0.059 47 b	0.167 47 b	0.054 07 b
CL4	0.212 20 a	0.076 21 a	0.188 30 a	0.073 10 a	0.207 17 a	0.074 73 a

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。
Note:Different lowercase letters within each column indicate significant difference (P<0.05). The same below.

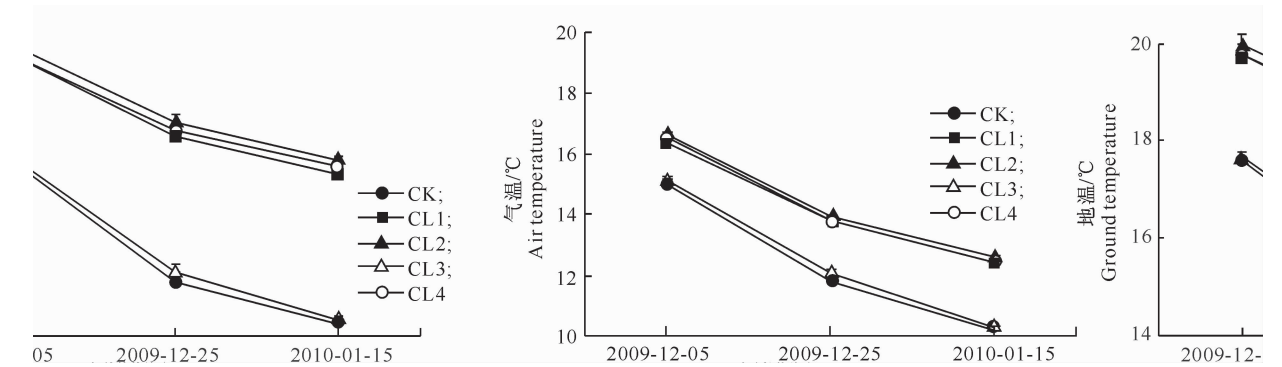


图 2 不同秸秆生物反应堆对日光温室内地温和气温的影响

Fig. 2 Effects of straw bioreactor type on temperature in greenhouse

由表 1 可知,与对照相比,4 种秸秆生物反应堆均对黄瓜生育期 09:00 和 11:30 日光温室内 CO₂ 体积分数具有显著提高的作用。其中 CL4 的效果最明显,两个时点分别较对照平均提高了 160.0% 和 170.8%;CL3 的效果次之,两个时点分别较对照平均提高了 111.0% 和 112.5%;然后是 CL2,两个时点分别较对照平均提高了 51.32% 和 80.81%;CL1 的效果最差,两个时点仅分别较对照平均提高

了 49.62% 和 77.14%,但其与 CL2 的 CO₂ 体积分数无显著差异(P>0.05)。

由图 2 可见,与对照相比,采用内置式秸秆生物反应堆均可明显提高日光温室内气温和地温。

对地温而言,与对照相比,CL1、CL2、CL4 平均分别提高地温 2.8、3.0 和 2.9℃,以 CL2 的效果最明显;CL3 对地温影响不大,仅较对照提高 0.1℃。很明显,CL1、CL2 和 CL4 对于室内地温的提高具

有积极作用。

对室内气温而言,与对照相比,CL1、CL2、CL4 平均分别提高了 1.9、2.0 和 1.9 ℃,以 CL2 的效果最明显;CL3 对室内气温影响不大,仅较对照提高了 0.2 ℃。

2.2 不同秸秆生物反应堆对日光温室内黄瓜生长和病情指数的影响

不同秸秆生物反应堆对日光温室内黄瓜生长和病情指数的影响见表 2。由表 2 可见,采用内置式秸秆生物反应堆的温室,黄瓜株高和茎粗均明显优于对照,其中 CL4 的平均株高较对照高 13.8 cm,平均茎粗较对照粗 1.1 mm;CL2 的平均株高较对照高 11.9 cm,平均茎粗较对照粗 0.88 mm;CL1 的平均株高较对照高 11.7 cm,平均茎粗较对照粗 0.7 mm。而采用外置式秸秆生物反应堆的温室(CL3),黄瓜株高和茎粗与对照差异不显著。

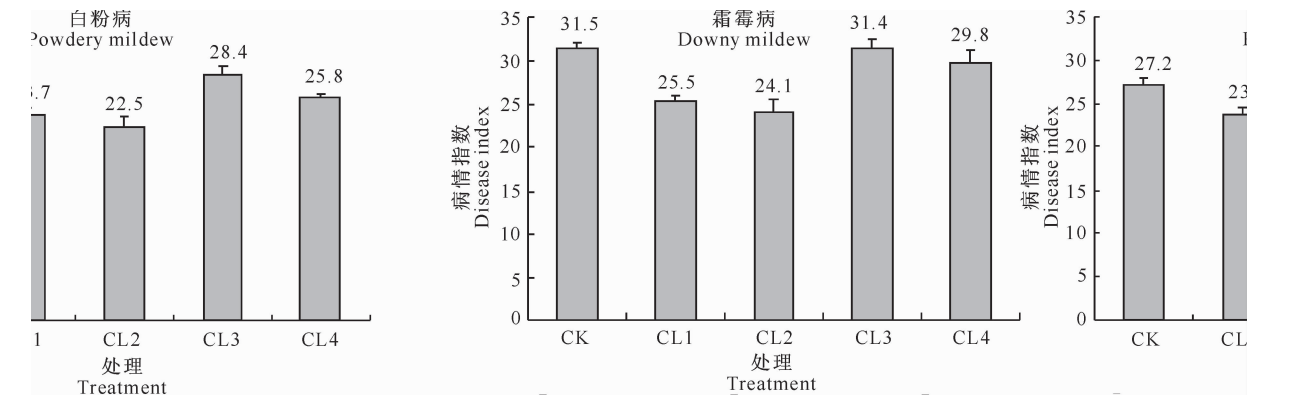


图 3 不同秸秆生物反应堆对日光温室内黄瓜白粉病和霜霉病病情指数的影响
Fig. 3 Effects of straw bioreactor type on the disease index of powdery and downy mildew of cucumber in greenhouse

2.3 不同秸秆生物反应堆对日光温室内黄瓜产量和收获时间的影响

由表 3 可知,与对照相比,应用秸秆生物反应堆技术的日光温室内,黄瓜平均单果质量和产量均有一定增加。其中 CL4 的单果质量较对照增加 31.4 g,增幅最大;CL2、CL1、CL3 分别较对照增加22.0, 20.1 和 12.3 g;4 个处理在单果质量上与对照均存在显著差异,CL1 与 CL2 之间差异不显著。CL1、

表 2 不同秸秆生物反应堆对日光温室内黄瓜生长的影响

Table 2 Effect of straw bioreactor type on cucumber growth in greenhouse		
处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter
CK	163.4 b	6.54 c
CL1	175.1 a	7.24 b
CL2	175.3 a	7.42 ab
CL3	165.1 b	6.73 c
CL4	177.2 a	7.64 a

由图 3 可见,CL1、CL2 和 CL4 的白粉病病情指数均较对照显著下降,其中 CL1 病情指数降低 3.5,CL2 降低 4.7,CL4 降低 1.4,而 CL3 却较对照上升,但差异不显著。CL1 和 CL2 的霜霉病病情指数较对照显著下降,其中 CL1 降低 6.0,CL2 降低 7.4;而 CL3 和 CL4 则下降不明显,CL3 降低 0.1,CL4 降低 1.7。

CL2、CL3 和 CL4 的黄瓜产量较对照分别提高了 22.2%,24.5%,9.5%和 34.6%,且均与对照存在显著差异,而 CL1 与 CL2 之间差异不显著。不同秸秆生物反应堆对日光温室黄瓜的上市时间也有一定影响,以 CK 上市时间为参照,CL2 提前了 8 d,CL1 提前了 7 d,CL4 提前了 6 d,CL3 提前时间最少,仅 5 d。

表 3 不同秸秆生物反应堆对日光温室内黄瓜产量和收获时间的影响
Table 3 Effects of straw bioreactor type on yield and harvesting time of cucumber in greenhouse

处理 Treatment	平均单果质量/g Fruit weight	产量/(t·hm ⁻²) Yield	采收较对照缩减的时间/d Harvesting time shortened
CK	176.3 d	195.54 d	0
CL1	196.4 b	238.85 b	7
CL2	198.3 b	243.48 b	8
CL3	188.6 c	214.17 c	5
CL4	207.7 a	263.16 a	6

3 讨 论

在设施栽培条件下增施 CO_2 可以实现温室蔬菜的高产^[22-23]。本研究结果显示,4 种秸秆生物反应堆技术对提高日光温室内 CO_2 体积分数均有明显作用,其中外置式秸秆生物反应堆的效果优于内置式,这与卞中华等^[20]的研究结果一致。这是由于外置式秸秆生物反应堆在黄瓜生育期内每 60 d 添加 1 次秸秆和菌种,且交换机将反应堆内产生的 CO_2 输送到整个温室,故能够可控、快速、大量地供应 CO_2 ,提高温室内 CO_2 体积分数;而内置式秸秆生物反应堆 CO_2 的释放和扩散均是一个缓慢的过程。行下和行间内置式反应堆的区别仅在于作物定植的位置不同,对提高 CO_2 体积分数的作用差别不大。

室温和地温对于日光温室内植物的生长具有关键作用。本研究中,4 种秸秆生物反应堆技术对提高日光温室气温和地温的作用差异较大,行下内置式秸秆生物反应堆对于地温和室温的提高效果最为明显,其次为外置式+行间内置式和行间内置式,而单纯的外置式秸秆生物反应堆提高地温和室温的效果不显著。这可能是因为行下内置式秸秆生物反应堆作物定植在反应堆上,行间内置式秸秆生物反应堆作物定植在距反应堆 10 cm 处,反应堆释放的热量可直接提高作物根部土壤温度;而外置式秸秆生物反应堆建在山墙边,不能直接改善作物生长的土壤环境,故内置式秸秆生物反应堆提高地温的效果优于外置式,且行下内置式稍优于行间内置式,这与李军见^[9]的研究结果一致。同时,反应堆释放热量,故能够提高室温;不同反应堆形式热量释放的位置虽不同,但由于气体的流动性,表现出各处理间室温的差异小于地温。另外,由于固体的比热容大于气体,故各处理室温在试验期间的变化幅度大于地温。

有研究表明,应用秸秆生物反应堆技术后,蔬菜长势增强,产量提高^[11]。本研究结果显示,与对照相比,应用秸秆生物反应堆技术后黄瓜单果质量和单位面积产量均显著增加,其中以外置式+行间内置式秸秆生物反应堆的效果最为显著,行下内置式和行间内置式次之,最后为外置式;且各处理黄瓜上市时间明显提前,这与曹长余等^[24]的研究结果一致。应用行下和行间内置式秸秆生物反应堆的温室内,植株白粉病和霜霉病病情指数低于外置式+行间内置式和外置式秸秆生物反应堆,其原因可能是:(1)采用内置式秸秆生物反应堆的日光温室,夜间温

度提高,蔬菜叶面结露减轻,不利于病菌的侵染;(2)采用内置式秸秆生物反应堆温室,蔬菜植株长势健壮,对病虫害的抵抗力增强;(3)外置式秸秆生物反应堆技术在开机时,抽风机将反应堆内的湿气抽送到温室内,加大了温室内的空气湿度,导致白粉病和霜霉病的发病率增加。

在实际生产中,单独的内置式或外置式秸秆生物反应堆技术均存在一定的缺陷,内置式由于期间不再添加秸秆和菌种, CO_2 的释放过程是持续、缓慢的,故不如外置式可以在元旦前后、黄瓜的高价期,通过延长开机时间或增加秸秆和菌种来提高 CO_2 体积分数,从而有效提高黄瓜产量,增加效益。单独的外置式秸秆生物反应堆提高室温和地温的效果不明显,且易造成室内湿度增加、病害加重等问题。行下内置式秸秆生物反应堆因秸秆铺放厚度、盖土厚度不一致,浇水不均,易导致菜苗缺水或浇水过多的问题出现,且前期易发生烧苗现象。

另外,与常规管理措施相比,采用秸秆生物反应堆技术需要开沟,费工费时,但目前随着配套开沟机的成功应用,使这一问题得到有效解决。建造秸秆生物反应堆虽然需要在购买菌种、麦麸、输气带、交换机、水泥桩及机械开沟等方面投入一些费用,但与常规栽培方式相比,秸秆生物反应堆技术的增收效果更明显,是投资的 10~12 倍,因此农民容易接受。

综上所述,外置式秸秆生物反应堆提高温室内 CO_2 体积分数的作用明显;行下和行间内置式秸秆生物反应堆可有效提高温室的气温和地温,降低白粉病和霜霉病的病情指数;外置式+行间内置式秸秆生物反应堆兼有外置式和内置式二者的优点,增产增收效果最好,建议在延安地区应用。

[参考文献]

- [1] 冯瑞云,杨武德,王慧杰,等. 秸秆扩蓄肥对土壤水分和马铃薯产量品质及水分利用的影响 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 100-105.
Feng R Y, Yang W D, Wang H J, et al. Effects of straw amendment fertilizers on water use efficiency, yield and quality of potato [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(2): 100-105. (in Chinese)
- [2] Balwinder S, Humphreys E, Eberbach P L, et al. Growth, yield and water productivity of zero till wheat as affected by rice straw mulch and irrigation schedule [J]. Field Crops Research, 2011, 121(2): 209-225.
- [3] Kumar K, Goh K. Nitrogen release from crop residues and organic amendments as affected by biochemical composition [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2003, 34

- (17);2441-2460.
- [4] 杨秋莲,徐全辉. 秸秆生物反应堆对温室气温和二氧化碳浓度的影响 [J]. 安徽农业科学,2011,39(10):5971-5972.
Yang Q L,Xu Q H. Effect of straw bioreactor landfill on temperature and CO₂ concentration in greenhouse [J]. Journal of Anhui Agricultural Science,2011,39(10):5971-5972. (in Chinese)
 - [5] Chen S Y,Zhang X Y,Pei D,et al. Effects of straw mulching on soil temperature,evaporation and yield of winter wheat: Meld experiments on the North China Plain [J]. Annals of Applied Biology,2007,150(3):261-268.
 - [6] 刘杰才,崔世茂,杨文秀,等. 秸秆生物反应堆技术对大棚黄瓜光合性能的影响 [J]. 内蒙古农业大学学报,2010,31(3):85-88.
Liu J C,Cui S M,Yang W X,et al. Effects straw stalk biology reactor on photosynthetic performance of cucumber production in large plastic house [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University,2010,31(3):85-88. (in Chinese)
 - [7] 高丽红,张福漫. 日光温室黄瓜生产中存在问题及解决途径 [J]. 沈阳农业大学学报,2000,31(1):113-116.
Gao L H,Zhang F M. Study on problems and solving-methods in solar greenhouse cucumber production [J]. Journal of Shenyang Agricultural University,2000,31(1):113-116. (in Chinese)
 - [8] 贾振文. 不同产地生物菌种对秸秆生物反应堆温室黄瓜生产的影响 [J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2010,12(1):21-22.
Jia Z W. Effect of spawns from different place on the cucumber planting of straw bioreactor in greenhouse [J]. Journal of Liaoning Agricultural College,2010,12(1):21-22. (in Chinese)
 - [9] 李军见. 秸秆生物反应堆技术在西安地区的应用效果及应用方法研究 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2010.
Li J J. Studies on the application method and effect of straw bioreactor technology in Xi'an [D]. Yangling,Shaanxi:North-west A&F University,2010. (in Chinese)
 - [10] 高祥照,马文奇,马常宝,等. 中国作物秸秆资源利用现状分析 [J]. 华中农业大学学报,2002,21(3):60-65.
Gao X Z,Ma W Q,Ma C B,et al. Analysis on the current status of utilization of crop straw in China [J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2002,21(3):60-65. (in Chinese)
 - [11] 徐全辉,赵 强. 秸秆生物反应堆技术的应用对温室生态环境因子的影响 [J]. 安徽农业科学,2010,38(24):129-130.
Xu Q H,Zhao Q. Effect of straw bioreactor landfill technology on eco-environmental factors in greenhouse [J]. Journal of Anhui Agricultural Science,2010,38(24):129-130. (in Chinese)
 - [12] 郭卫华,李天来. 有机质配施对日光温室 CO₂ 浓度及番茄生理的影响 [J]. 园艺学报,2003,30(5):592-594.
Guo W H,Li T L. Effects of different mixed organic matter application on the CO₂ concentration in greenhouse and the physiological effects of tomato plants [J]. Acta Horticulturae Sinica,2003,30(5):592-594. (in Chinese)
 - [13] 郭敬华,石琳琪,董灵迪,等. 秸秆生物反应堆对日光温室黄瓜生育环境及产量的影响 [J]. 河北农业科学,2009,13(5):17-19.
Guo J H,Shi L Q,Dong L D,et al. Effects of straw bio-reactor on the growth environment and yield of cucumber in solar greenhouse [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences,2009,13(5):17-19. (in Chinese)
 - [14] 喻景权,杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题 [J]. 沈阳农业大学学报,2000,31(1):124-126.
Yu J Q,Du Y S. Soil-sickness problem in the sustainable development for the protected production of vegetables [J]. Journal of Shenyang Agricultural University,2000,31(1):124-126. (in Chinese)
 - [15] Gent M P N. Yield of greenhouse tomato in response to supplemental nitrogen and potassium [J]. Acta Horticulture,2004,633:341-348.
 - [16] 王振庄,鄯东翔,宋建新. 河北省蔬菜秸秆生物反应堆技术应用现状及效果分析 [J]. 河北农业科学,2008,12(2):41-42.
Wang Z Z,Qie D X,Song J X. Vegetable straw stalk biology reactor technology application situation and effect analysis in Hebei Province [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences,2008,12(2):41-42. (in Chinese)
 - [17] 柴如山,牛耀芳,朱丽青,等. 大气 CO₂ 浓度升高对农产品品质影响的研究进展 [J]. 应用生态学报,2011,22(10):2765-2775.
Chai R S,Niu Y F,Zhu L Q,et al. Effect of elevated CO₂ concentration on the quality of agricultural products: A review [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2011,22(10):2765-2775. (in Chinese)
 - [18] 马建华,张丽荣,康萍芝,等. 秸秆生物反应堆技术的应用对设施黄瓜土壤微生物的影响 [J]. 西北农业学报,2010,19(12):161-165.
Ma J H,Zhang L R,Kang P Z,et al. Application impact of straw bioreactor technology on soil microbial of facility cucumber [J]. Acta Agriculture Boreali-Occidentalis Sinica,2010,19(12):161-165. (in Chinese)
 - [19] 李 波,王 斌,王铁良,等. 秸秆生物反应堆技术对温室秋冬茬番茄生长环境影响研究 [J]. 灌溉排水学报,2011,30(5):95-98.
Li B,Wang B,Wang T L,et al. Effect of straw biologic reactor technology on tomato growth environment in greenhouse during autumn-winter [J]. Journal of Irrigation and Drainage,2011,30(5):95-98. (in Chinese)
 - [20] 卞中华,王 玉,胡晓辉,等. 外置式与内置式秸秆生物反应堆对番茄生长及光合性能的影响 [J]. 应用生态学报,2013,24(3):753-758.
Bian Z H,Wang Y,Hu X H,et al. Effect of outer type and built-in type straw bioreactors on tomato growth and photosynthetic performance [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2013,24(3):753-758. (in Chinese)

- Dong S J, Liu M G, Dai F, et al. Variation of nutrients and enzyme activities in *Armeniaca sibirica* softwood cuttings during adventitious root formation under treatments of two hormones [J]. Journal of West China Forestry Science, 2012, 41(6): 26-30. (in Chinese)
- [10] 徐盼盼. 环境因子对牡丹试管苗生根的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.
- Xu P P. The effect of environmental factor on rooting culture of *Paeonia suffruticosa* in vitro [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- [11] 贺 丹. 牡丹试管苗生根调控研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- He D. The control on rooting culture of *Paeonia suffruticosa* in vitro [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2009. (in Chinese)
- [12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 164-165.
- Li H S. Principle and technique of plant physiological and biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2003: 164-165. (in Chinese)
- [13] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理实验 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 37-39.
- Zhu G L, Zhong H W, Zhang A Q. Principle of plant physiological experiment [M]. Beijing: Beijing University Press, 1990: 37-39. (in Chinese)
- [14] 张志良. 植物生理学实验指导 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- Zhang Z L. Principle of plant physiological experiment guidance [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 1990. (in Chinese)
- [15] 扈红军, 曹帮华, 尹伟伦, 等. 不同处理对欧榛硬枝扦插生根的影响及生根过程中相关氧化酶活性的变化 [J]. 林业科学, 2007, 43(12): 70-75.
- Hu H J, Cao B H, Yin W L, et al. Effects of different treatments on hardwood-cutting rooting and related oxidase activity changes during rooting of *Corylus avellana* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(12): 70-75. (in Chinese)
- [16] Moncousin C, Gaspar T H. Peroxidase as a marker for rooting improvement of *Cynara scolymus* L. cultivated in vitro [J]. Biochemie und Physiologie der Pflanzen, 1983, 178: 263-271.
- [17] Haissig B E. Influence of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development [J]. NZ J For Sci, 1974, 4: 311-323.
- [18] Conzalez A, Tames S R, Rodriguez R. Ethylene in relation to protein, peroxidase and polyphenol oxidase activities during rooting in hazelnut cotyledons [J]. Physiol Plant, 1991, 83: 611-620.
- [19] 宋金耀, 宋 刚, 李 辉, 等. 几种园艺植物扦插生根过程中生化指标的变化 [J]. 江苏农业科学, 2010(3): 211-214.
- Song J Y, Song G, Li H, et al. The changes of several horticultural plants physiological index during rooting process [J]. Journal of Jiangsu Agri Sci, 2010(3): 211-214. (in Chinese)
- [20] 崔堂兵, 郭 勇, 张长远. 植物组织培养中褐变现象的产生机理及克服方法 [J]. 广东农业科学, 2001(3): 16-18.
- Cui T B, Guo Y, Zhang C Y. Occurring mechanism and overcoming ways of browning in plant tissue culture [J]. Journal of Guangdong Agri Sci, 2001(3): 16-18. (in Chinese)
- [21] Jackson M B. New root formation in plant and cuttings [M]. Lancaster: Martinus Nijhoff Publishers, 1986: 223-253.
- [22] Gebhardt K. Activation of indole-3-acetic acid oxidase from horseradish and *Prunus* by phenols and H_2O_2 [J]. Plant Growth Reg, 1982, 1: 73-84.
- [23] Gaspar T, Kevers C, Hausman J F, et al. Practical uses of peroxidase activity as a predictive marker of rooting performance of micropropagated shoot [J]. Agronomic, 1992(12): 757-765.
- [24] 宋丽红, 曹帮华. 光叶楮扦插生根的吡哆乙酸氧化酶、多酚氧化酶、过氧化物酶活性变化研究 [J]. 武汉植物学研究, 2005, 23(4): 347-350.
- Song L H, Cao B H. Studies on activities of indoleacetic acid oxidase, polyphenol oxidase and peroxidase in cuttings of *Broussonetia papyrifera* during rooting process [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2005, 23(4): 347-350. (in Chinese)
- (上接第 192 页)
- [21] 薛正平, 李 军, 张莉蕴, 等. 大棚黄瓜霜霉病农业气象条件研究 [C]// 第七届长三角气象科技论坛论文集. 浙江嘉兴: [s. n.], 2010: 580-584.
- Xue Z P, Li J, Zhang L Y, et al. Study on meteorological condition of downy mildew of cucumber in greenhouse [C]// Symposium of meteorological science and technology forum of Yangtze river delta (7th). Jiaxing, Zhejiang: [s. n.], 2010: 580-584. (in Chinese)
- [22] 全国农业技术推广服务中心. 农作物有害生物测报技术手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 347.
- National Agricultural Technology Extension Service Center. Report to technical manual measuring biological pests [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2006: 347. (in Chinese)
- [23] 刘金泉, 崔世茂. CO_2 施肥对黄瓜光合作用及相关生理过程的影响研究进展 [J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(3): 322-325.
- Liu J Q, Cui S M. Advanced on effects of photosynthesis and relevant physiological courses of cucumber with CO_2 fertilizer [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2007, 28(3): 322-325. (in Chinese)
- [24] 曹长余, 韩秀玲, 高秀美. 秸秆生物反应堆技术对日光温室番茄应用效果的研究 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13(8): 82-83.
- Cao C Y, Han X L, Gao X M. Research of the application for straw bioreactor on tomato in greenhouse [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2007, 13(8): 82-83. (in Chinese)