

# 基于西藏耐低温菌群的秸秆生物反应堆应用效果研究

刘文哲<sup>1</sup>, 于皓然<sup>2</sup>, 关法春<sup>1\*</sup>, 郭永刚<sup>2</sup>, 时君友<sup>3</sup>, 王明明<sup>4</sup>, 李晓峰<sup>4</sup>, 祝延立<sup>1</sup>

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 西藏农牧学院, 西藏 林芝 860000; 3. 北华大学材料科学与工程学院, 吉林 吉林 132013; 4. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130102)

**摘要:** 为了明确基于高原耐低温菌群的秸秆生物反应堆技术的应用效果, 本文通过对比分析方法, 研究秸秆生物反应堆处理下的温室温度和油麦菜生长状况。结果表明: 在试验期间, 秸秆生物反应堆温度始终 50 °C 以上, 生物反应堆放热提高了反应堆处理(SY)处理温室内温度, 在试验期内 9: 00 和 21: 00 的 SY 处理温室内温度提升效果明显, 平均温度分别比对照增加 2.45 °C 和 1.95 °C, 9: 00 和 21: 00 的 SY 处理温室内最低温度分别是 CK 的 5.86 倍和 1.5 倍, 处理间差异分别呈极显著水平 ( $P<0.01$ ) 和显著水平 ( $P<0.05$ ), 但在 15: 00, 处理间温度差异不明显。SY 处理温室内最低温度的升高, 改善了油麦菜的生长状况, 其功能叶叶长、叶片数、株高和单株鲜重、干重等指标均极显著高于对照 ( $P<0.01$ )。因此, 基于高原耐低温菌群的秸秆生物反应堆技术, 对温室油麦菜生产中的增温和增产效果明显, 这为高寒地区冬季温室秸秆生物反应堆技术的推广提供生产依据。

**关键词:** 耐低温; 微生物; 秸秆生物反应堆; 温室

中图分类号: S141.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)05-0136-04

## Study on Application Effect of Straw Bioreactor based on Tibetan Cold-Adapted Resistant Bacteria

LIU Wenzhe<sup>1</sup>, YU Haoran<sup>2</sup>, GUAN Fachun<sup>1\*</sup>, GUO Yonggang<sup>2</sup>, SHI Junyou<sup>3</sup>, WANG Mingming<sup>4</sup>, LI Xiaofeng<sup>4</sup>, ZHU Yanli<sup>1</sup>

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Tibet Agriculture and Animal Husbandry University, Nyingchi 860000; 3. College of Material Science and Engineering, Beihua University, Jilin 132013; 4. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China)

**Abstract:** In order to clarify the application effect of straw bioreactor technology based on low temperature resistant flora in plateau, the greenhouse temperature and the growth of oil and wheat vegetables under the treatment of straw bioreactor, by the way of the comparative analysis. The results showed that the temperature of straw bioreactor was always above 50 °C, and the stacking heat of biological reaction increased the temperature in SY treatment greenhouse during the experiment period. The average temperatures at 9: 00 and 21: 00 in SY treatment respectively increased 2.45 °C and 1.95 °C than those in the CK, especially for SY treatment at 9: 00 and 21: 00, the minimum temperature in SY treatment greenhouse was 5.86 times and 1.5 times of CK respectively, and the difference between treatments was very significant ( $P<0.01$ ) and significant ( $P<0.05$ ), but there was no significant difference in temperature at 15: 00. Compared with the control, the increase of the minimum temperature in the greenhouse treated with SY treatment improved the growth status of oil wheat vegetables. The indexes of functional leaf length, leaf number, plant height, fresh weight and dry weight per plant were significantly higher than those of the control ( $P<0.01$ ). Therefore, the straw bioreactor technology based on plateau low-temperature resistant bacteria has an obvious effect on increasing temperature and yield in the production of greenhouse oil, wheat and vegetables, which provides a production basis for the popularization of greenhouse straw bioreactor technology in winter in alpine region.

**Key words:** Cold-adapted; Micro-organism; Straw bioreactor; Greenhouse

收稿日期: 2022-09-19

基金项目: 吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2021ZY036); 吉林省科技厅项目(20200602054ZP、20210101097JC); 西藏自治区科技厅项目(XZ201703-GC-11)

作者简介: 刘文哲(1967-), 男, 副研究员, 从事农业科技管理、土壤肥力研究。

通讯作者: 关法春, 男, 博士, 副研究员, E-mail: guanfachun@163.com

随着设施农业的不断发展,设施蔬菜生产成了高寒地区冬季蔬菜种植的重要组成部分,但设施冬季加温面临加热成本高、操作复杂等难题,探索低成本、持续供热的简便加热技术,是实现高寒地区冬季设施蔬菜高效生产的重要保证。“秸秆生物反应堆”技术是一项利用秸秆降解菌分解作物秸秆,通过反应堆释放热量、CO<sub>2</sub>来为作物营造更好的生长环境,从而实现作物高产、优质的高效生物质能利用技术<sup>[1-3]</sup>,其主要应用于设施蔬菜的冬季生产,可以解决温室内温度较低、作物产量低和品质下降等诸多问题<sup>[4-5]</sup>,以往在短期蔬菜生产上曾经取得初步的应用效果,但由于秸秆生物反应堆使用的菌剂不同,使用效果差异较大,尤其是在高寒地区,温室夜间温度经常低于15℃的一般发酵温度指标,目前生产上由于缺少能够在夜间温度较低下发酵的菌剂,以至于在一年之中温度最低时节,生物反应堆对温室内温度提升有限,往往还需要依赖常规燃煤等方式来进行温室加温。

为此,本试验应用基于西藏高海拔地区特异性微生物资源研发出的新型耐低温菌剂<sup>[6]</sup>,来启动内置式秸秆生物反应堆,研究了秸秆生物反应堆独立供热对日光温室温度以及对油麦菜株高、功能叶叶长、功能叶叶宽、产量的影响,以期探明秸秆生物反应堆在设施蔬菜生产中的应用效果,解决严寒冬季生物反应堆独立供热难题,从而为高寒地区冬季温室秸秆生物反应堆技术的推广提供生产依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验于2021年1月1日至2月28日,在长春市九台区耐尔温室公司进行,试验期间最低温度为-26℃。试验期间最低气温见图1。

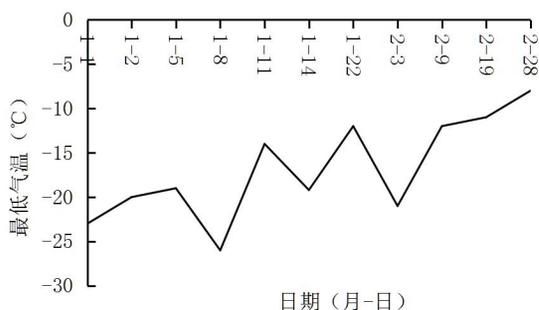


图1 试验期间日最低气温

### 1.2 试验材料

供试油麦菜品种‘蓝剑’,为市售叶用型油麦菜品种。耐低温菌群采自西藏自治区那曲市那曲镇西北郊(92°1'12"E、31°26'12"N),海拔4 820 m,属

大陆性高原季风气候区,平均气温1.3℃,年平均降水量490.2 mm。耐低温菌群从小嵩草根际土壤中分离、筛选得到,后在吉林省农业科学院农村能源与生态研究所经过进一步筛选、扩繁、组合、复配和前期验证后,制成微生物复合菌剂<sup>[7]</sup>,主要成分为多黏类芽孢杆菌,有效活菌数≥10亿cfu/g。

### 1.3 试验设计

试验选用两个架构完全一致的“耐尔”型日光温室,单体面积均为280 m<sup>2</sup>。一栋温室内使用秸秆生物反应堆,设为反应堆处理(SY),以前排未使用秸秆生物反应堆的同型温室为对照(CK)。SY处理事先配置发酵底料,底料是由9 kg菌剂与30 kg麦麸、20 kg尿素、5 kg红糖、3 kg生石灰和0.01 kg催化剂混合搅拌而成;在温室内靠墙侧设置长6 m宽1 m高2.5 m的长方形框,在填入1.5 t秸秆的过程中,将发酵底料均匀撒入,并同步撒水,最后保持秸秆堆含水量60%左右,然后覆上塑料膜即可。油麦菜盆栽种植,每个温室内的相同区域种植,3次重复,每个重复3个种植盆,每盆6株,株行距为10 cm×15 cm。1月4日于油麦菜二叶一心期开始移栽。在温室中设置5只水银温度计测量室温,其中2只距离地面50 cm,3只距离地面10 cm,5只温度计挂在同一平面内,自12月24日建堆,1月1日后进行温度记录。初期3 d测定一次,后续7~10 d测温一次。3月1日采用收割法采集植株数据。

### 1.4 数据采集

株高采用米尺(精度1.0 mm)测量植物茎基部到叶片最高点的高度,功能叶叶长、叶宽指标选择整株叶片中最长的叶,分别测量叶耳到叶片尖端的直线距离和叶片最宽处宽度。鲜重采用直接称重法测定,最后将叶片放入80℃烘箱中烘干至恒重后称取每株干重。每日记录温度时间点,分别选在温室篷布掀开时(一般为温室内温度最低点的9:00)、15:00和21:00,记录5只水银温度计(精确到0.2℃)示数的平均值。

### 1.5 数据处理

数据通过Excel 2017运算整理,用SPSS 19.0软件进行统计分析,采用LSD法进行差异显著性分析,并采用Excel 2017软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆生物反应堆的温度变化

由图2可知,在整个试验期内秸秆生物反应堆的堆温变化不大。在前21 d,堆温呈现平稳缓慢降低趋势,在随后的7 d骤然降低,然后又缓慢

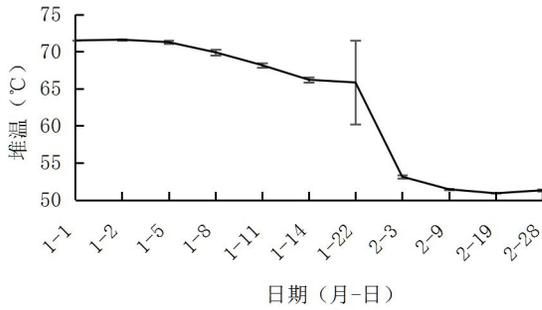


图2 秸秆生物反应堆的堆温变化

降低并趋于平稳,2周后最终降至最低温度50.9℃(2月19日)。说明在秸秆发酵21d后是堆温变化的关键时期;发酵60d后,堆温趋于平稳并维持在50℃以上水平,具备长期放热提升温室内温度的条件。

2.2 秸秆生物反应堆对温室温度的影响

夜间最低温度是影响温室生产性能的主要因子,9:00为早上揭棉时间,这个时间的最低温度基本反映了每天温室内的最低值。由图3可知,处理间试验期内9:00的温室内温度出现明显的差异。SY处理在试验期内9:00的温室内温度一直高于CK,整个试验期内SY处理相比于CK温室内温度平均提升2.45℃。SY处理和CK在试验期内温室内温度最低值分别为4.1℃和0.7℃,处理间差异显著( $P<0.05$ )。此外,CK 1月8日9:00最低温度曾出现零下值,而SY处理最低温度均在2.1℃以上,因此,秸秆反应堆有利于提升SY处理温室内9:00的温度,避免室温0℃以下蔬菜受冻现象的发生。

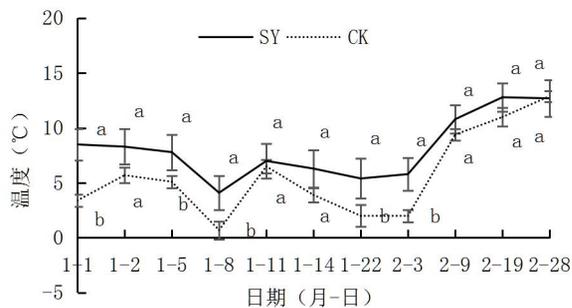


图3 上午9:00不同处理温室内气温

SY处理和CK试验期内15:00的温室内温度差别不大(图4),在整个试验期内,SY处理不同时期15:00的温室内平均温度比CK高出0.37℃,SY处理15:00的温室内最高温度为26.2℃,仅比CK高出0.8℃,最低温度为13.7℃,仅比CK高出1.7℃,上述指标处理间差异不显著。因此秸秆生物反应堆对白天关棚前的温室温度影响不大。

21:00能够反映上半夜植物光合产物运移转化时间段的温度。由图5可以看出,试验期内21:00

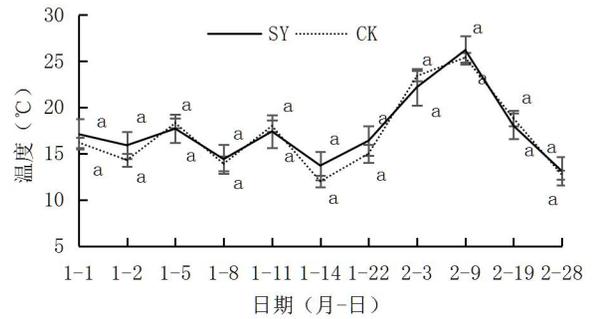


图4 15:00时不同处理温室内气温

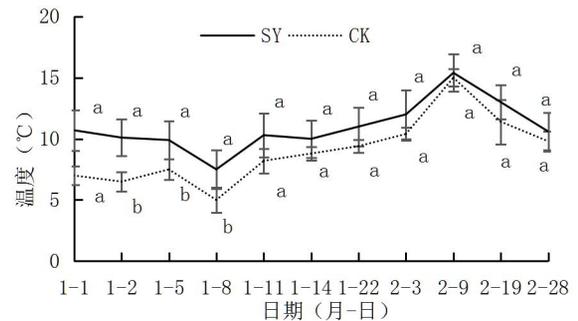


图5 21:00时不同处理温室内气温

的不同处理温室内温度差异明显。SY处理21:00时温室内温度始终高于CK,平均高出1.95℃。SY处理21:00时温室内最低温度为7.5℃,比CK高2.50℃,处理间差异显著( $P<0.05$ )。说明秸秆生物反应堆对温室内最低温度的提升效果较好。

2.3 秸秆生物反应堆对油麦菜生长及生物量的影响

从表1可以看出,处理间油麦菜生长指标差异较大。SY处理油麦菜的功能叶叶长、叶片数、株高分别为45.56 cm、20.28、49.45 cm,分别是CK的1.30倍、1.53倍、1.33倍,处理间差异极显著( $P<0.01$ );SY处理叶宽为6.89 cm,是CK的1.16倍,但差异不显著( $P>0.05$ )。

表1 不同处理下油麦菜生长指标和生物量

项目	SY	CK
功能叶叶长(cm)	45.56±8.52**	35.08±6.17
功能叶叶宽(cm)	6.89±1.78	5.95±1.37
叶片数(个)	20.28±1.78**	13.22±3.15
株高(cm)	49.45±10.22**	37.26±5.93
鲜重(g/株)	134.28±85.62**	50.61±23.62
干重(g/株)	10.02±6.16**	4.05±2.04

注:“\*”表示差异显著( $P<0.05$ ),“\*\*”表示差异极显著( $P<0.01$ )

与对照相比,SY处理明显增加油麦菜的生物量。SY处理油麦菜的鲜重和干重分别为134.28 g/株和10.02 g/株,分别是CK的2.65倍和2.47倍,

差异极显著( $P<0.01$ )。因此秸秆生物反应堆的应用通过改善油麦菜的生长指标和生物量,从而显著增加油麦菜的产量。

### 3 讨 论

秸秆生物反应堆技术能改善作物生长环境,显著提高温室温度<sup>[8-9]</sup>。在高寒地区设施蔬菜栽培过程中,由于气候寒冷,温室内温度一直是影响蔬菜产量的要素之一<sup>[10]</sup>。在试验期间,秸秆生物反应堆最低温度为50.9℃,提升了温室的温度,SY处理温室内在9:00的温度平均提升了2.45℃,最低温度是CK的5.86倍,提升效果明显;在21:00的室内温度提升效果也较明显,平均比CK高出1.95℃,最低温度是CK的1.5倍( $P<0.05$ )。但秸秆生物反应堆对试验期内温室内最高温度及15:00的温室内温度提升均不明显,这与白天的日光温室主要依赖太阳光能加温有关(冬季温室一般在15:00盖棉被),导致生物反应堆升温效果不明显。在整个试验期间,相比于CK,SY处理9:00和21:00的温度升温趋势明显,结合试验地日最低温度变化趋势来看,温室外气温谷值出现在1月8日,为-26℃,在这一天CK温室内最低温度出现在9:00,达到0.7℃,而SY处理温室内最低温度为4.1℃,说明SY处理下的温室具备更好的应对北方冬季低温的能力。

温室内早晚温度的提升能够显著提高作物的生长势和产量,本文结果与前人研究相似<sup>[11-12]</sup>。SY处理油麦菜的功能叶长、叶宽均增大,尤其是叶长极显著增大,是CK的1.30倍( $P<0.01$ ),进而增大油麦菜的有效光合面积,提高油麦菜的光合效率,使SY处理下油麦菜增产<sup>[13-14]</sup>。另外,秸秆生物反应堆提高土壤肥力和温室内CO<sub>2</sub>浓度也是作物高产优质的重要原因<sup>[15]</sup>,SY处理油麦菜的鲜重和干重分别为对照的2.65倍和2.47倍。秸秆生物反应堆技术大量利用闲置的秸秆资源,为温室内作物创造更好的生长发育环境,产量得到提高,符合现代化农业生产发展趋势。

### 4 结 论

试验期间秸秆生物反应堆温度始终保持50℃以上,生物反应堆放热提高了温室内温度,其中9:00和21:00的SY处理温室内温度提升效果明显,温度分别比对照增加2.45℃和1.95℃,9:00

和21:00的SY处理温室内最低温度分别是CK的5.86倍和1.5倍,差异呈极显著水平( $P<0.01$ )和显著水平( $P<0.05$ ),但在15:00处理间差异不明显。与对照相比,SY处理温室内最低温度的升高,改善了油麦菜的生长状况,其功能叶叶长、叶片数、株高和单株鲜重、干重等指标均极显著高于对照( $P<0.01$ )。因此,秸秆生物反应堆既能提高温室设施蔬菜产量,又能利用农业生产中废弃的秸秆资源,是一种值得推广的生态农业技术。

### 参考文献:

- [1] 张洪海,李新宇,曹丽华,等.内置式秸秆生物反应堆技术在大棚甜瓜上的应用[J].江苏农业科学,2012,40(4):173-174.
- [2] 赵有斌.大棚秸秆生物反应堆技术及其应用效果[J].现代农业科技,2012(17):189.
- [3] 曹云娥,于华清,包长征.内置式秸秆生物反应堆对日光温室西葫芦生长的影响[J].北方园艺,2010(11):58-60.
- [4] 王 昊,韦 峰,张战胜,等.不同种秸秆生物反应堆对冬季日光温室番茄生长发育的影响[J].中国土壤与肥料,2018(2):141-146.
- [5] 徐全辉,赵 强.秸秆生物反应堆对温室茄子光合能力的影响[J].安徽农业科学,2010,38(23):12380-12381.
- [6] 赵震虎,鹿 鑫,关法春,等.耐低温生物发酵下的冬季油菜生产效果研究[J].西南民族大学学报(自然科学版),2021,47(2):124-127.
- [7] 关法春,刘 亮,苗彦军,等.低温菌对冬季水稻秸秆发酵腐解特性的影响[J].西南民族大学学报(自然科学版),2019,45(4):338-342.
- [8] 张同兴,韩丽娟,祝军岐.内置式秸秆生物反应堆技术在大棚西瓜上的应用试验初报[J].陕西农业科学,2008,10(1):48-49.
- [9] 李军见.秸秆生物反应堆技术在西安地区设施生产中的应用及前景分析[J].陕西农业科学,2009,55(6):263-264,268.
- [10] 张瑞弯,田军仓,马继梅.不同灌水温度对油麦菜生长和光合作用的影响[J].中国农村水利水电,2017(4):1-2.
- [11] 钱春荣,于 洋,赵 杨,等.寒地春玉米生长发育及产量对花前夜间增温的响应[J].应用生态学报,2012,23(9):2483-2488.
- [12] 魏金连,潘晓华,邓强辉.夜间温度升高对双季早晚稻产量的影响[J].生态学报,2010,30(10):2793-2798.
- [13] 周新华,朱宜春,潘文婷,等.不同油茶无性系苗期光合效率的研究[J].江西农业大学学报,2015,37(3):461-465.
- [14] 党 科,宫香伟,吕思明,等.糜子/绿豆间作模式下施氮量对绿豆叶片光合特性及产量的影响[J].作物学报,2021,46(7):1175-1187.
- [15] 梁传斌,李建国,张 雪,等.栽培密度对杂交粳稻辽优5206产量及光合特性的影响[J].东北农业科学,2020,45(5):13-17.

(责任编辑:刘洪霞)