

刘长梅,赵欣茹,汪晓宇,等. 不同类型日光温室环境性能及越冬茬黄瓜栽培效果比较研究[J]. 江苏农业科学,2023,51(3):147-155.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.03.022

不同类型日光温室环境性能及越冬茬黄瓜栽培效果比较研究

刘长梅¹, 赵欣茹¹, 汪晓宇¹, 李莹¹, 李海俊¹, 安磊², 张海军³, 张达林⁴, 叶林¹

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750000; 2. 宁夏职业技术学院, 宁夏银川 750000;

3. 宁夏建成农林开发有限公司, 宁夏银川 750000; 4. 宁夏农垦集团有限公司, 宁夏银川 750000)

摘要:研究复合相变墙体材料对日光温室内环境性能及黄瓜生长发育的影响,以黄瓜为试验材料,以传统土墙日光温室为对照,2座添加相变材料的日光温室为处理,对日光温室内环境性能及黄瓜栽培效果进行比较。结果表明,从环境性能方面,日光温室北墙添加1cm相变材料能够显著提升温室墙体吸放热的能力,日光温室的保温蓄热性能表现为改造温室>相变墙体温室>传统温室,其中改造温室在晴天条件下的蓄热能力最好,日平均气温、地温分别比对照高出3.5、3.3℃;在不良天气条件下能够保持良好的保温效果,日平均气温、地温比对照最高分别可高出0.8、2.9℃,在冬季最冷月呈现出相变温室平均气温总是高于对照温室,最高可高出2.8℃;日光温室建造成本表现为相变温室>改造温室>传统温室;通过对黄瓜生长指标的测定发现,改造的相变涂层的日光温室可明显改善黄瓜生长的环境,日光温室内黄瓜生长效果和产量表现为改造温室>相变温室>传统温室,其中改造温室的黄瓜含水率、维生素C含量、可溶性糖含量、产量均高于对照,较对照分别增加55%、27%、24%、59%。综合对比分析可知,添加相变材料1cm的改造温室的环境性能更优越且建造成本较低,是适合宁夏地区经济发展水平的日光温室类型,可进一步示范和推广。本试验结果可为宁夏地区冬季利用相变墙体材料日光温室生产越冬茬瓜菜提供理论依据和参考价值。

关键词:日光温度;相变温室;环境性能;黄瓜;栽培效果

中图分类号:S642.204 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)03-0147-08

日光温室作为一种普遍应用的农业设施,在我国占据非常重要的地位,尤其是寒冷的西北地区^[1]。随着日光温室反季栽培行业的不断发展和农业科技水平的提高,为了达到产量增收的目的,提高农业设施设备的使用效率,人们将温室性能^[2]与植物栽培效果相结合进行研究^[3]。张继波等发现,在阳顶日光温室内种植喜温类蔬菜的效果优于其他温室,这类温室的保温蓄热性能尤为突出^[4]。阿拉帕提·塔依尔江等在测定番茄光合的3d内发现,主动采光型日光温室的光照条件更优越,且番茄产量远高于普通型温室^[5]。

日光温室环境性能受多方面因素的影响,如不同的覆盖材料、方位大小、结构以及类型等。米兴

旺等的研究表明,与室外温度相比,混凝土墙、法兰墙、石垒墙、全钢架安装型和砖结构等5种不同墙体材料的日光温室,其室内温度显著高于室外,且混凝土墙和石垒墙温室保温蓄热效果显著优于其他3种温室^[6]。申婷婷等规划3种新型墙体结构的日光温室:相变固化土自动蓄热温室、模块化素土自动蓄热温室、现浇混凝土被迫蓄热日光温室,结果表明,模块化素土自动蓄热温室具有良好的保温性能,能确保作物良好生长,且建造便利,值得农户去推广^[7]。因为各地温室建造水平参差不齐,对日光温室结构与类型的认识与选择不够全面,在种植方案进行前,对温室进行勘测、对比、改造,能够筛选出更适合园艺作物生长的日光温室类型,达到增收提质的目的^[8]。本研究通过对宁夏吴忠地区冬季3种后墙添加相变材料日光温室内环境特点和黄瓜栽培效果比较,研究3种日光温室的环境变化规律及对温室内蔬菜生长发育和产量的影响,旨在为宁夏地区日光温室越冬茬瓜菜高效生产提供理论依据和技术支撑。

收稿日期:2022-03-19

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划(编号:2019BFF02005);宁夏回族自治区重点研发计划(引才专项)(编号:2021BEB04064)。

作者简介:刘长梅(1998—),女,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为蔬菜栽培生理生态。E-mail:2452698652@qq.com。

通信作者:叶林,博士,副教授,研究方向为设施园艺蔬菜栽培生理生态。E-mail:yelin.3993@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

宁夏回族自治区吴忠市孙家滩地处中温带干旱气候区,雨期短,水分蒸发较强;光照时间长,无霜期短,春季风多沙多^[9]。

1.2 试验设计

试验在宁夏回族自治区吴忠市利通区孙家滩农业园区进行。选取了 3 种不同类型的温室,分别

为 T1:传统温室,是传统干打土垒式日光温室,未经任何加工与改造;T2:相变温室,采用新型集热设备,轻质复合型墙体,由传统的宽厚土质墙体升级为异质复合主动保温蓄热窄墙体,是传统墙体厚度的 0.09~0.12 倍,墙体内外采用喷涂工艺;T3:改造温室,即在传统温室的基础上加以改造而成,是将传统温室后墙砖砌体拆除、改造后屋面、上半截平土下半截抹相变材料砂浆,其厚度约 1 cm。具体参数见图 1、表 1。

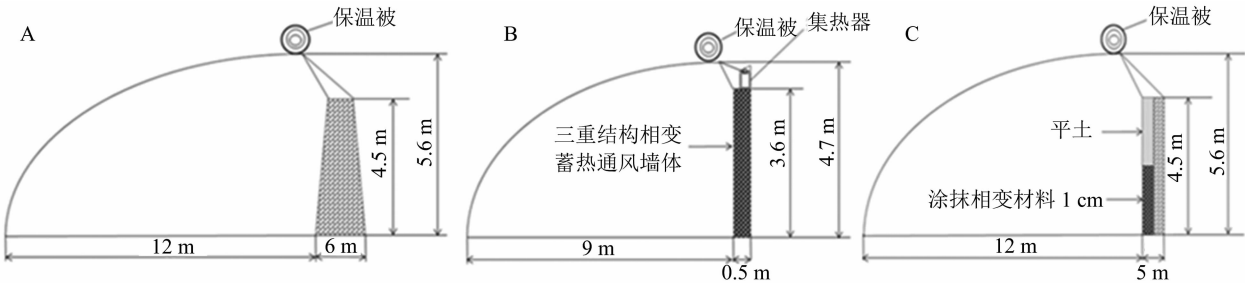


图1 传统温室(A)、相变温室(B)、改造温室(C)的结构

表 1 不同日光温室结构主要参数

温室类型	主要参数			
	脊高(m)	跨度(m)	高跨比	长度(m)
T1	5.60	12	1 : 2.170	72
T2	4.71	9	1 : 1.923	80
T3	5.60	12	1 : 2.170	72

试验从 2020 年 11 月 15 日开始定植,栽培蔬菜作物为黄瓜,品种为津冬 626,行距为 1.4 m,株距为 0.2 m,单垄单行种植。定植前施入有机肥,缓苗后采用水肥一体化设备,管理同常规黄瓜栽培。每个温室固定测样 50 株。日光温室的环境因子用紫藤连线仪器采集,每个温室装有 3 个紫藤仪器,各传感器分别安装于日光温室东部、中部、西部距后墙 4 m 处,其中土壤温度探点位于地表以下 15 cm 处,每 0.5 h 记录 1 个数据。按常规方法记录每个温室的空气温度、光照度、空气湿度、土壤温度、二氧化碳浓度、土壤水分;用卷尺测定黄瓜株高、叶面积,用游标卡尺测定茎粗,用便携式叶绿素仪测定叶绿素含量;使用台秤测定每个温室内每次采收的黄瓜质量;维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定^[10],可溶性糖含量采用蒽酮法测定^[11],可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝染色法测定^[12]。

1.3 数据处理

采用 SPSS 20.0 进行试验数据分析,采用 Excel 2016 处理数据,用 Origin 2019b 作图。

2 结果与分析

2.1 不同温室环境因子实测分析

2.1.1 冬季典型天气日光温室内气温的变化 气温与温室环境性能的优劣联系最为密切,尤其是夜间低温时表现更为明显,温度的下限对作物生长效果有着重要的影响^[13]。从图 2 可见,各温室室内气温变化趋势基本一致。晴天白天,T1、T2、T3 温室增温迅速,T3 温室的最高气温比 T1、T2 温室分别高出 5.6、2.4℃。阴天白天,T1、T2、T3 温室增温比晴天较缓,T3 温室的最高气温分别比 T1、T2 温室高 1.9、1.2℃。从图 2-c 可以看出,雪天各温室室内气温变化较晴天和阴天气温波动较大,这是由于室外气温较低的缘故。雪天保温被不揭起,不受外界低温影响,室内气温变化幅度较小。雪天白天,T1、T2、T3 温室增温较缓,T3 温室的最高气温分别比 T1、T2 温室高 2.5、0.8℃。由于 T2、T3 温室采用了相变材料,能够白天放热晚上吸热,所以 T2、T3 温室在 3 种典型天气条件下的夜间气温都高于 T1 温室,其中 T3 温室在晴天条件下的蓄热能力最好,在雪天的保温能力最好,T2 温室在晴天的温度平衡能力最好,这是因为黄瓜在白天生育适温为 25~32℃,温度过高或过低都不利于黄瓜正常生长发育。

2.1.2 冬季典型天气日光温室内地温的变化 对比图 3-a 与图 3-b 可知,典型晴天和阴天的 3 种

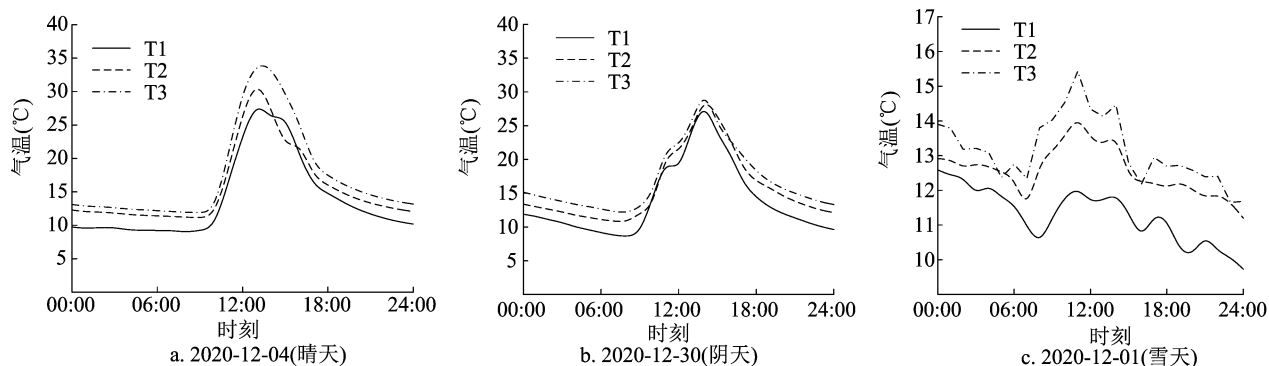


图2 不同温室在典型天气条件下室内气温的变化

温室地温变化趋势基本一致,而典型雪天在 09:00—16:00 地温上升幅度较小,这可能是因为外界气温过低,使得温室内温度受影响较大。由图 3-a 可知,T1、T2、T3 温室的日平均地温分别为 15.7、17.4、18.9℃,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 3.2、1.5℃;3 种温室夜间的平均地温分别为 15.6、17.3、18.9℃,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 3.3、1.6℃。由图 3-b 可知,T1、T2、T3 温室的日平均地温分别为 17.1、18.7、19.1℃,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 2.0、0.4℃;3 种温室夜间的平均地温分

别为 16.6、17.2、19.2℃,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 2.6、2.0℃。由图 3-c 可知,T1、T2、T3 温室的日平均地温分别为 14.9、16.5、17.8℃,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 2.9、1.3℃;3 种温室夜间的平均地温分别为 12.0、13.9、15.0℃,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 3.0、1.1℃。黄瓜最适宜地温为 20~25℃,最低为 15℃左右,只有 T3 温室在典型晴天和阴天白天都达到了最适地温,说明 T3 温室能够给黄瓜提供良好的地温条件。

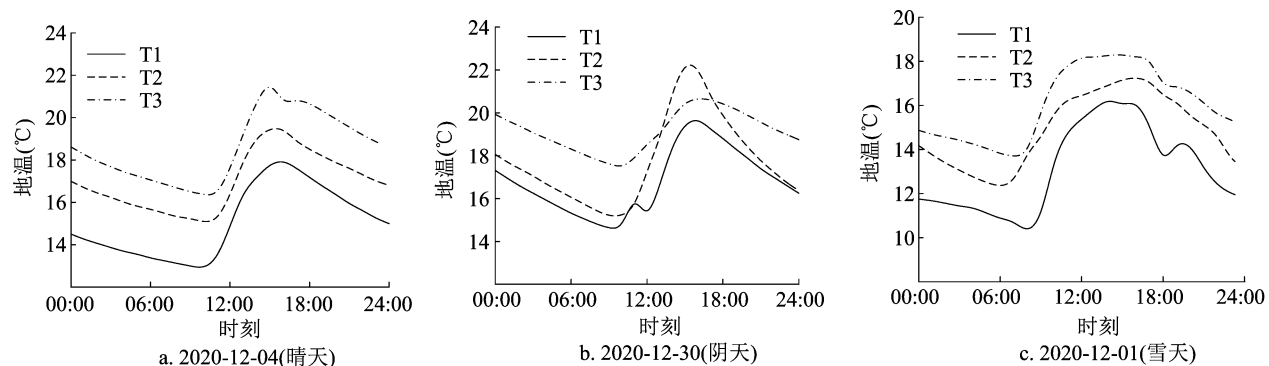


图3 不同温室在典型天气条件下室内地温的变化

2.1.3 冬季典型天气日光温室内光照度的变化
植物生长过程中的生命活动离不开光照,光合作用的正常进行才能让植物生产更多自身所需要的生存物质,高效发挥光照对植物的作用是促进温室作物良好发展的关键点^[14]。在典型晴天条件下,T1、T2、T3 温室白天平均光照度分别为 18.52、22.94、32.43 klx,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 13.92、9.49 klx。在典型阴天条件下,T1、T2、T3 温室白天平均光照度分别为 13.9、21.56、29.45 klx,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 15.55、7.89 klx。在典型雪天条件下,T1、T2、T3 温室白天平均光照度分别为 0.90、2.77、5.66 klx,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 4.76、2.89 klx。黄瓜喜光,也有一定的耐弱光能力,

黄瓜的最适光照度为 20~60 klx,而在生长期,最适光照度为 40~60 klx,20 klx 以下植株生育迟缓。由图 4-a、图 4-b 可知,3 个温室的光照度都在 20 klx 以上,但是只有 T3 温室能够达到最适光照度,所以 T3 温室能够满足黄瓜正常生长所需的光照条件。

2.1.4 冬季典型天气日光温室内二氧化碳浓度的变化
由图 5-a 可以看出,晴天 T2、T3 温室室内 CO₂ 浓度变化趋势基本一致,T1 温室室内 CO₂ 浓度变化不明显。T2、T3 温室夜间室内 CO₂ 浓度缓慢升高,T2、T3 温室于 10:00 达最高浓度,T2 温室为 915 mg/L,T3 温室达 954 mg/L,之后迅速下降,T2 温室于 15:00 左右达到最低浓度,为 419 mg/L,T3 温室于 16:00 左右达到最低浓度,为 469 mg/L,之

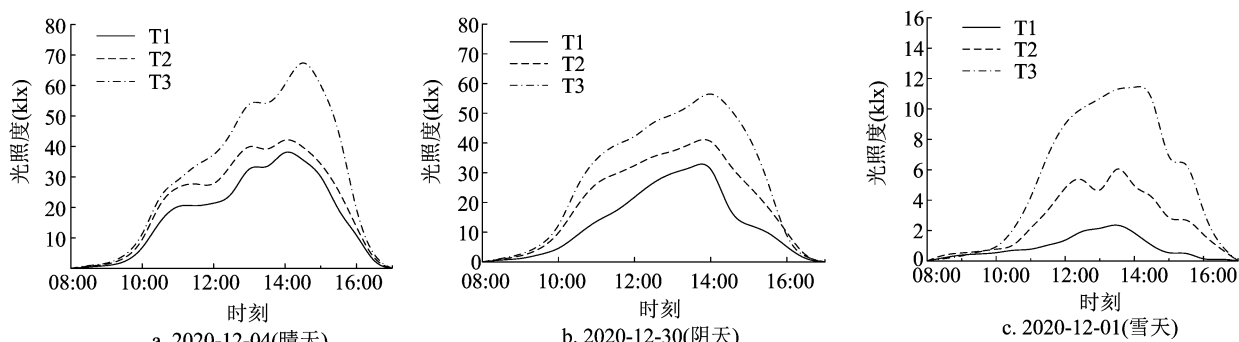


图4 不同温室在典型天气条件下室内光照度的变化

后开始上升。由图 5 - b 可以看出,阴天 T2、T3 温室室内 CO_2 浓度变化趋势基本一致,T1 温室室内 CO_2 浓度变化不明显。T2、T3 温室夜间室内 CO_2 浓度缓慢升高, T2 温室于 08:00 达到最高浓度,为 1 218 mg/L,T3 温室于 09:00 达到最高浓度,为 949 mg/L,之后迅速下降,T2、T3 温室于 16:00 左右达到最低浓度,为 444 mg/L,之后开始上升。由图 5 - c 可以看出,雪天 T2、T3 温室室内 CO_2 浓度变化趋势基本一致,T1 温室室内 CO_2 浓度变化不明显。T2、T3 温室夜间室内 CO_2 浓度缓慢升高,T2 温室于

05:00 达到最高浓度,为 588 mg/L,T3 温室于 06:00 达到最高浓度,为 622 mg/L,之后缓慢下降,T2 温室于 13:00 左右达到最低浓度,为 407 mg/L,T3 温室于 15:00 左右达到最低浓度,为 406 mg/L,之后开始上升。由图 5 可知,3 种温室在典型天气条件下夜间 CO_2 浓度高于白天,这是由于植物白天进行光合作用,室内 CO_2 浓度迅速降低,其次,只有 T2 温室在典型阴天时达到 1 000 mg/L 的 CO_2 浓度,而其他天气时段内,3 个温室内的 CO_2 浓度都没有达到黄瓜高产的浓度范围。

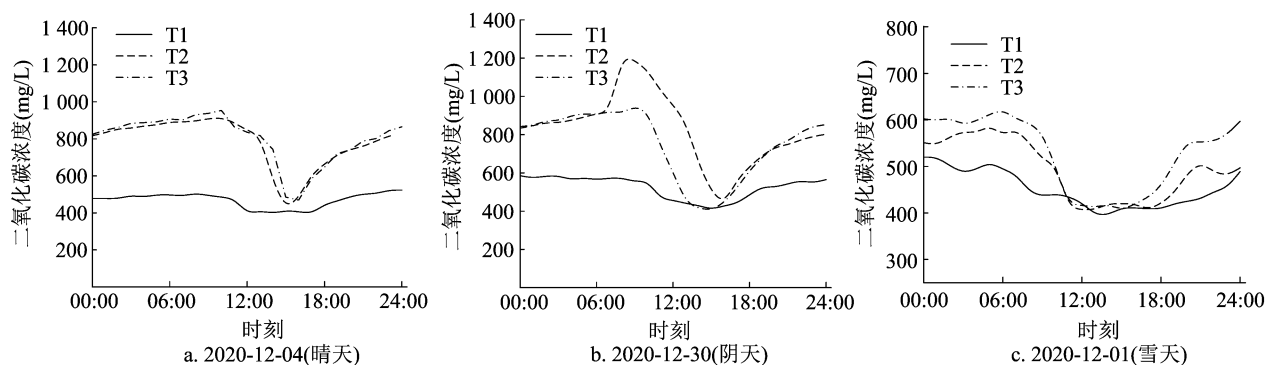


图5 不同温室在典型天气条件下室内二氧化碳浓度的变化

2.1.5 冬季典型天气日光温室内空气湿度的变化

水分作为植物本体重要的组成部分之一,一般能达到 80% ~ 95%,影响着园艺作物的生长过程,因此温室内的湿度环境对作物的生长尤为重要^[15]。由图 6 - a 可以看出,T1、T2、T3 温室内空气湿度变化趋势基本一致,晴天白天,T1、T2、T3 温室的日平均空气湿度分别为 43.4%、50.4%、53.3%,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 9.9%、2.9%。由图 6 - b 可以看出,T1、T2、T3 温室内空气湿度变化趋势基本一致,阴天白天,T1、T2、T3 温室的日平均空气湿度分别为 44.2%、56.7%、64.0%,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 19.8%、7.3%。由图 6 - c 可以看出,T1、T2、T3 温室内空气湿度变化趋势基本一致,雪天白

天,T1、T2、T3 温室的日平均空气湿度分别为 64.6%、74.4%、80.9%,T3 温室分别比 T1、T2 温室高 16.3%、6.5%。高湿是温室内部环境的突出特点,黄瓜喜欢湿润的天气,由图 6 可知,在典型晴天、阴天、雪天条件下,T2、T3 温室在夜间都能达到黄瓜良好生长的湿度条件。

2.1.6 冬季典型天气日光温室内土壤水分的变化

由图 7 - a 可以看出,晴天 T2 温室的土壤水分含量从 0:00 到白天处于缓慢下降的趋势,T1、T3 温室的土壤水分含量从 0:00—17:00 呈上升趋势,在 17:00 左右达到峰值,推测是灌水引起的,之后缓慢下降。由图 7 - b 可以看出,阴天 T2 温室的土壤水分含量一直处于平缓状态,T1、T3 温室分别在 12:00、

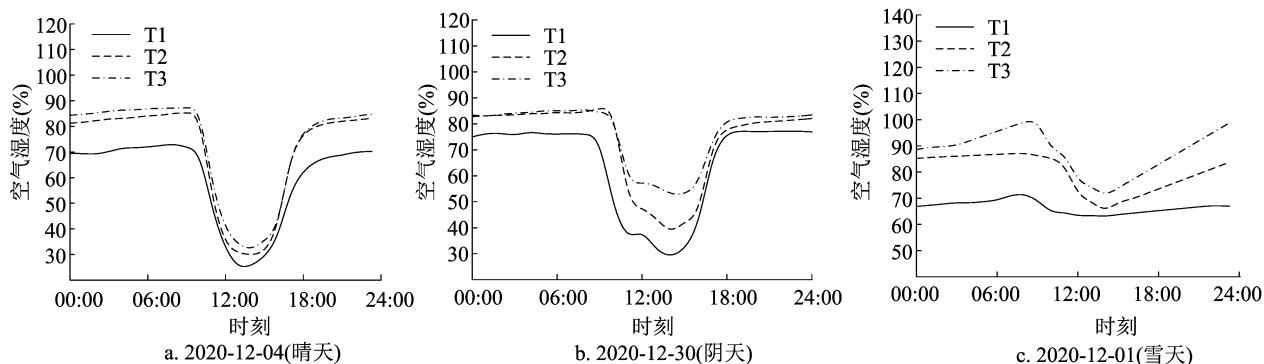


图6 不同温室在典型天气条件下室内空气湿度的变化

11:00 出现一个小高峰,其他时段处于平缓状态。由图 7 -c 可以看出,雪天 T1、T2、T3 温室的土壤水分含量变化趋势大致相同,夜间处于平缓状态,在

白天 10:00—17:00 出现一个小高峰,然后缓慢下降。在典型雪天条件下,T1、T2、T3 温室平均土壤水分含量分别为 24.5%、25.3%、25.0%。

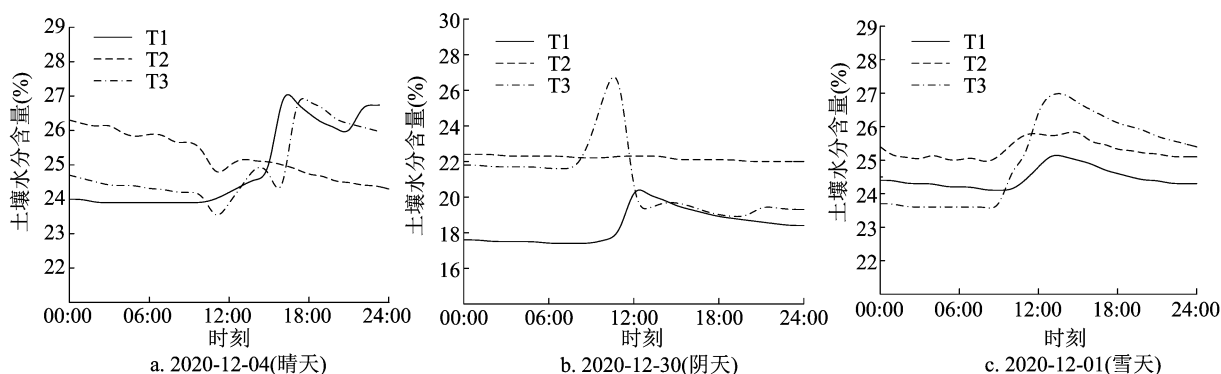


图7 不同温室在典型天气条件下室内土壤水分含量的变化

2.1.7 冬季日光温室温度的比较 日光温室为解决北方冬季蔬菜供应,改善人民生活发挥了很大的作用。温室室内的温度下限是限制作物是否能正常生长的关键因素,温度过低,会导致植物生长缓慢甚至死亡,因为作物发育的一切反应都需要在一定温度下进行,作物生长的好坏决定着农民冬季能否正常收获新鲜蔬菜,因此,选取 3 种供试温室在生

育期内外界温度最低时来分析温室的保温性能,本试验选择 2021 年 1 月。

从图 8 可以看出,3 座温室的室内气温均高于外界气温,而在不同日期内以及不同天气条件下,3 座日光温室内的气温随着外界天气条件的变化而变化,从整体来看,3 座温室的气温表现为 $T3 > T2 > T1$ 。

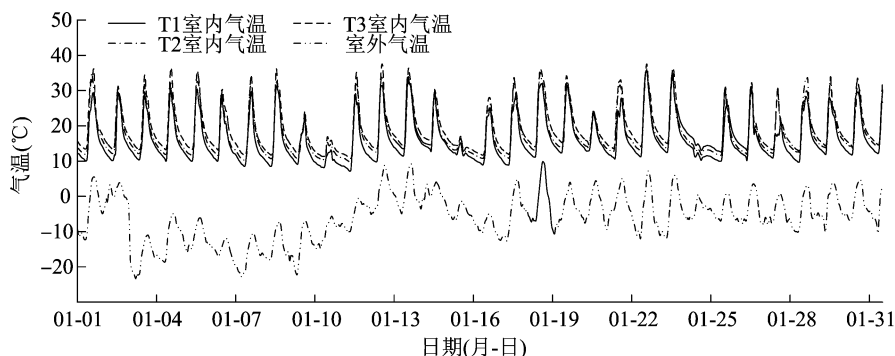


图8 2021 年 1 月 3 种日光温室室内气温变化的比较

地温是另外一个与作物生长有密切联系的因素,若地温较低,会直接影响园艺作物根系吸收矿

质营养和水分。气温和地温要同时达到要求才能保证作物的生长发育。图 9 为 2021 年 1 月 3 种日

光温室室内的地温变化,可以看出,地温的变化趋势和气温相似,但地温的变化幅度小于气温,3 座日

光温室的地温表现为 $T3 > T2 > T1$ 。

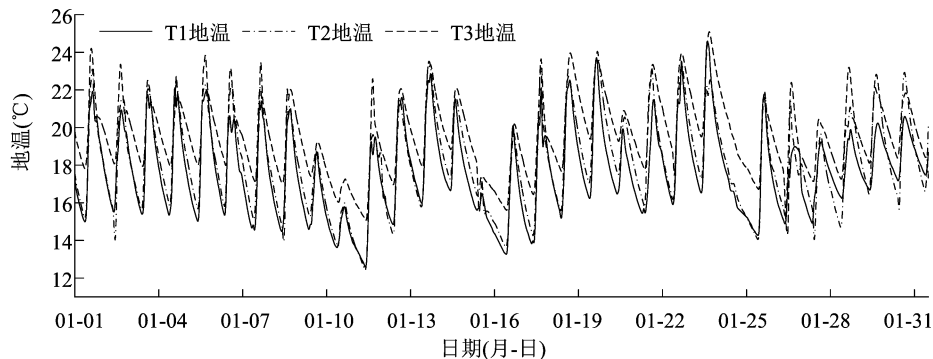


图9 2021 年 1 月 3 种日光温室室内地温变化的比较

2021 年 1 月 3 座温室气温的统计数据见表 2。日光温室中气温的下限值关乎到作物生长发育的好坏,若气温过低,会引起黄瓜减产、生长速度减缓等问题^[3]。T3 温室最低气温较 T1、T2 温室分别高 3.3、1.0℃,说明温室 T3 的保温蓄热性能较好,能够在极端天气下保持较高的气温,防止作物凋萎。3 座日光温室气温有一定差异,平均气温最高的是 T3 温室,为 19.0℃,分别比 T1、T2 温室高 2.8、1.3℃。说明 T3 温室的保温蓄热性能较为稳定,优于 T1、T2 温室,更有利于作物生长。

表 2 2021 年 1 月 3 座日光温室气温比较

温室	气温(℃)			
	最高气温	最低气温	平均气温	平均气温温差
T1	36.0	7.1	16.2	2.8
T2	37.9	9.4	17.7	1.3
T3	38.5	10.4	19.0	0.0

积温的大小能够反映出作物生长时热量条件的好坏,因为热量是植物生长过程中必不可少的因素之一。热量的高低以及持续时长是由积温来决定的,农户对温度的重视程度也决定了对积温这一指标的认识程度,因此人们将积温理论应用在多个方面,如引种、预防农业气象灾害等方面^[16]。

从表 3 可以看出,温室的活动积温 and 有效积温大小表现为 $T3 > T2 > T1$,说明 T3 温室的热量条件最好,能够满足植物正常生长发育。

表 3 不同温室积温比较

处理	积温(℃)	
	活动积温	有效积温
T1	147 316	64 146
T2	163 589	72 129
T3	196 670	93 800

2.2 不同温室环境对黄瓜生长发育的影响

从图 10 - A 可知,各处理的株高变化较明显,随着时间的变化而呈上升趋势,其中 T1、T2 温室的株高上升缓慢,T3 温室上升较快,T3 温室的株高均高于对照 T1 温室,在处理 80 d 后达到 128.71 cm, T3、T2 温室分别比 T1 温室提高 160%、75%。从图 10 - B 可知,各处理的茎粗随着时间的变化而呈上升趋势,总体变化幅度不大,相同处理时间段内 T3 温室的茎粗均高于对照 T1 温室,在处理 80 d 后达到 9.45 mm, T3、T2 温室分别比 T1 温室提高 22%、14%。从图 10 - C 可知,各处理的叶绿素含量总体变化幅度不大,在处理前期可以看出,各处理的叶绿素含量随处理时间的延长而增高,处理后期叶绿素含量上升缓慢,但整体上高于前期的叶绿素含量,可能是由于进入低温极端天气后,叶绿素的合成受到影响导致的。从图 10 - D 可知,各处理的叶面积随着时间的变化而呈上升趋势,在处理前期可以看出,各处理的叶面积上升较快,在处理后期上升速度较慢。相同处理时间段内 T3 温室的叶面积均高于对照 T1 温室,在处理 80 d 后达到最大值,为 388.95 cm², T3、T2 温室分别比 T1 温室提高 88%、12%;相同处理时间段内各处理均存在显著差异 ($P < 0.05$)。

2.3 不同温室环境对黄瓜光合特性、产量及品质的影响

由表 4 可知,3 个温室的气孔限制值和气孔导度均无显著差异,T3 温室的气孔限制值和气孔导度均最高,比 T1 温室分别高 23%、12%。3 个温室间蒸腾速率均存在显著差异,T3 温室的净光合速率与 T2 温室存在显著差异,与 T1 温室具有一致性,无显著差异。

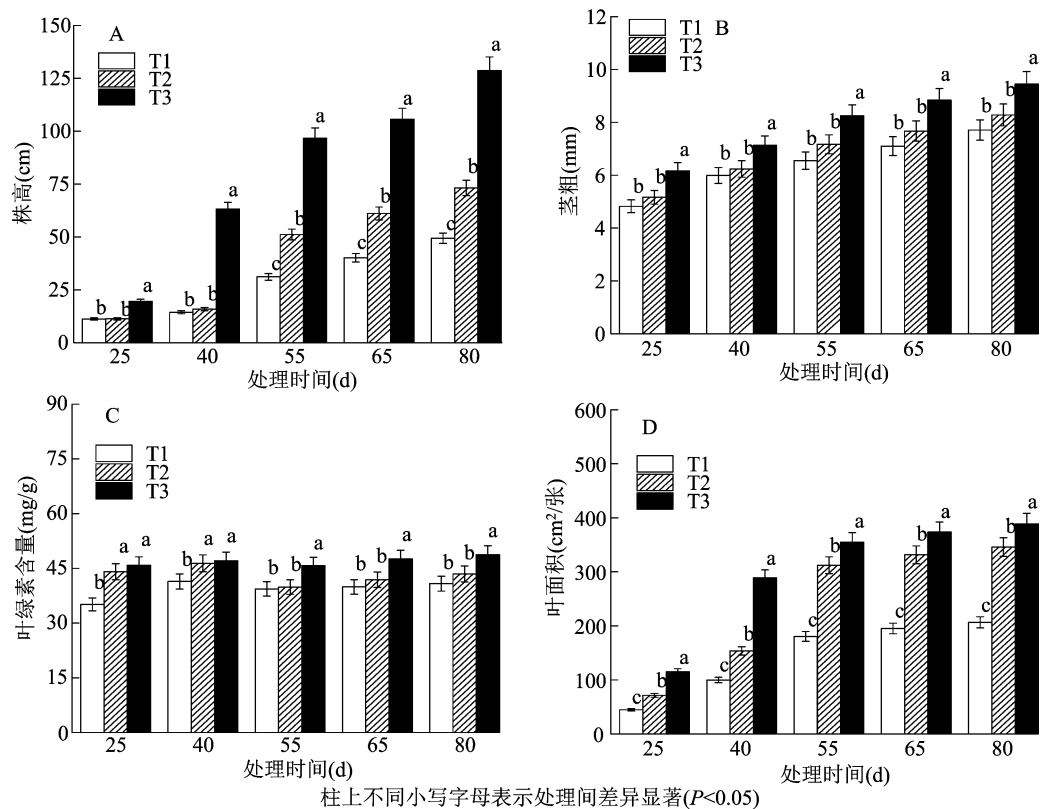


图10 不同温室环境对黄瓜生长的影响

表 4 不同温室环境对黄瓜光合特性的影响

处理	净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	气孔限制值	气孔导度 [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	蒸腾速率 [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
T1	17.27 ± 3.45ab	0.13 ± 0.02a	0.70 ± 0.16a	3.60 ± 0.35c
T2	15.54 ± 3.52b	0.15 ± 0.03a	0.77 ± 0.24a	4.22 ± 0.20b
T3	17.98 ± 3.83a	0.16 ± 0.02a	0.79 ± 0.19a	5.40 ± 0.53a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),表6同。

不同温室各个时期内产量的变化见表 5,各温室的黄瓜产量随时间变化而上升,在相同时期内,T3 温室的黄瓜产量均高于 T1、T2 温室,T3 温室的总产量分别比 T1、T2 温室提高 59%、33%。说明 T3 温室的增产效果最好。

表 5 不同温室产量比较

处理	产量(kg/hm²)			
	前期	中期	后期	总计
T1	582.40	711.68	954.51	2 248.59
T2	853.47	1 085.00	1 289.02	3 227.49
T3	935.76	1 155.78	1 497.45	3 588.99

植物含水率的高低能够间接表现出植物生长发育的状况;维生素 C 是植物进行新陈代谢不可或缺的因素之一,同时也能够反映植物的抗逆性^[17];

可溶性糖、可溶性蛋白质的作用是能够维持植物蛋白的稳定^[18]。由表 6 可知,黄瓜的各项品质指标均以 T3 温室最优。T3 温室的黄瓜含水率、维生素 C 含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量分别比 T1 温室提高 55%、27%、24%、51%。T1 温室与 T2、T3 温室的含水率存在显著差异;T1、T2 温室与 T3 温室的维生素 C 含量存在显著差异;T3 温室的可溶性糖含量显著高于 T1 温室,两者与 T2 温室均差异不显著;3 个处理的可溶性蛋白含量无显著差异。

表 6 不同温室环境对黄瓜品质的影响

处理	含水率 (%)	维生素 C 含量 (mg/kg)	可溶性糖 含量(%)	可溶性蛋白 含量(mg/kg)
T1	56.91 ± 7.19b	13.83 ± 12.44b	3.13 ± 17.01b	1.81 ± 4.74a
T2	83.23 ± 6.97a	14.81 ± 11.51b	3.73 ± 9.22ab	2.30 ± 4.76a
T3	88.53 ± 4.13a	17.67 ± 5.70a	3.89 ± 13.31a	2.75 ± 6.64a

2.4 不同温室建造费用以及环境性能的综合分析

由表 7 可知,传统温室的建造费用为 6.79 万元,相变温室的建造费用为 42.7 万元,改造温室的建造费用为 10.17 万元,传统温室和改造温室的造价分别比相变温室低 35.91 万、32.53 万元,从建造成本来看,传统温室耗材少,资金投入少,而相变温室和改造温室造价较高,但从设施环境的角度来看,相变温室和改造温室的环境性能都比较优越,其中改造温室的造价更低,具有显著的推广优势。

表 7 不同日光温室建造费用

温室类型	建造费用(万元)			
	总费用	材料	人工	加工
T1	6.79	0.45	0.34	6.00
T2	42.70	17.77	18.30	6.63
T3	10.17	1.82	0.27	8.08

3 讨论与结论

T2 温室从结构、设备、温室的建造方面都采用了优质材料。但是从降低日光温室的造价、提高温室生产效率和经济效益、促进本地区设施农业的快速发展、增加农民生产利润出发,同时考虑到宁夏中部地区光热资源丰富、经济发展水平低等问题^[19-20],T2 温室优越的环境性能未被直接释放出来,而 T3 温室相对于 T1 温室经过材料、结构的改进,经过多年设备与技术的开发与使用,不仅造价低,而且冬季保温能力明显优于 T1、T2 温室,适宜喜温蔬菜的种植栽培。2 座相变涂层温室综合比较来看,T2、T3 温室的环境性能和栽培效果都优于对照,但是从现实角度来考虑,不仅要考虑产出还要考虑成本。从日光温室的生产效率来看,对旧温室进行改造和回收利用不仅可以实现可持续发展,而且由于其造价相对较低、保温性能好,是农民的良好选择,适合推广和示范^[21]。

本研究结果表明,温室后墙添加相变材料能够明显提升温室保温蓄热性能和改善蔬菜生长效果,这与任佳楠等的研究结果^[21-22]一致。从环境性能方面,日光温室的保温蓄热性能表现为改造温室 > 相变温室 > 传统温室,其中 T3 温室在晴天条件下的蓄热能力最好,日平均气温和地温比对照高出 3.5、3.3℃;在不良天气条件下能够保持良好的保温效果,日平均气温、地温比对照最高可高 0.8、2.9℃;在冬季最冷月呈现出相变温室平均气温总是高于对照温室,最高可达 2.8℃。日光温室建造

成本表现为相变温室 > 改造温室 > 传统温室;日光温室内黄瓜生长效果和产量表现为改造温室 > 相变温室 > 传统温室,通过对黄瓜生长指标的测定发现,相变涂层温室可明显改善瓜菜生长的环境。其中改造温室的黄瓜含水率、维生素 C 含量、可溶性糖含量、产量均高于对照,较对照分别增加 55%、27%、24%、59%。综上所述,相变涂层的改造温室能够提升温室吸放热的能力,进而提高室内温度,促进黄瓜生长发育。

综合比较可知,相变涂层的改造温室更经济节能且温室内环境更适宜黄瓜生长,是更适合宁夏中部地区环境特点及经济发展水平的日光温室类型,在该地区这种类型的温室适合进一步示范和推广。

参考文献:

[1] 苏安峻. 岳普湖县日光温室性能评价及其蔬菜茬口安排[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.

[2] 李红岭,张丽红,曹 华,等. 京郊日光温室性能比较[J]. 中国蔬菜,2004(3):42-43.

[3] 刘玉凤,邹志荣,蒋国振. 跨度对日光温室气温和番茄生长的影响及模拟分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(1):204-209.

[4] 张继波,李 楠,陈 辰,等. 山东冬春季双屋面日光温室温湿度变化特征研究[C]//中国气象学会. 第 33 届中国气象学会年会 S14 提升气象科技创新能力,保障农业丰产增效. 西安,2016:697-703.

[5] 阿拉帕提·塔依尔江,贾 凯,张 妮,等. 日光温室主动采光对盆栽番茄光合特性与农艺性状的影响[J]. 西北农业学报,2020,29(9):1399-1409.

[6] 米兴旺,何 萌,王学强,等. 不同墙体材料日光温室冬季温光环境分析[J]. 甘肃农业科技,2019(10):41-47.

[7] 申婷婷,鲍恩财,曹晏飞,等. 不同墙体结构日光温室性能测试及分析[J]. 中国农业大学学报,2019,24(3):94-101.

[8] 王 妍. 宁夏日光温室结构优化及性能分析[J]. 宁夏农林科技,2009,50(5):6-7.

[9] 狄良川,崔明堂. 论西部地区现代农业的创新与发展:以宁夏吴忠孙家滩现代农业示范园区为例[J]. 现代农业,2015(2):75-78.

[10] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2003:128-131.

[11] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007.

[12] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 2 版. 广州:华南理工大学出版社,2006.

[13] 肖金鑫,李建明,武 莹. 大跨度非对称酿热温室热环境及节地增产效果分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2020,48(1):65-76.

[14] de los Angeles Moreno - Teruel M, Molina - Aiz F D, Peña - Fernández A, et al. The effect of diffuse film covers on microclimate

毕路然,史贵红,师桂英,等. 浸种处理对兰州百合萌发、农艺性状和根际土壤微环境的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(3):155-160.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.03.023

浸种处理对兰州百合萌发、农艺性状 和根际土壤微环境的影响

毕路然¹, 史贵红¹, 师桂英¹, 杨宏羽¹, 张立彭², 李 慧¹, 于彦琳¹

(1. 甘肃农业大学园艺学院, 甘肃兰州 730070; 2. 临洮县农技推广站, 甘肃定西 743000)

摘要:为了筛选出较优的兰州百合种球浸种剂配方,设置3个处理,分别为CK(不做任何处理)、T1处理(0.33 g/L 磷酸二氢钾+1.67 g/L 生根粉+0.33 g/L 多菌灵+0.20 g/L 阿维菌素)、T2处理(0.33 g/L 磷酸二氢钾+1.67 g/L 生根粉+特8TM菌剂浸种),分析不同浸种剂配方处理对兰州百合发芽生长、根际土壤理化性状及微生物类群的影响。结果表明,2种浸种剂配方处理T1、T2对于百合生长具有正向调控效应。与CK相比,2个处理都明显改善了百合种球发芽指标及植株生长指标,其中T2处理优于T1处理。T2处理后,百合收获期地下部干质量、鲜质量分别比CK增加74.27%、69.24%。壮苗指数在开花期比CK显著增加43.96%、根冠比无显著影响。2种浸种处理降低了土壤容重、土壤pH值,增加了土壤养分含量。T2处理后土壤碱解氮、速效磷含量分别比CK显著增加55.25%、127.83%。土壤酶活性也得到了提高。T2处理还增加了土壤中的细菌、真菌数量,降低了放线菌数量。2种浸种剂处理均有效地改善土壤理化性状,提高了土壤养分利用效率,促进百合种球发芽和幼苗生长;其中T2处理效果优于T1处理,T2处理配方在百合生产中更具有推广应用价值。

关键词:兰州百合;种球;浸种;促生作用;土壤理化性状;微生物群落

中图分类号:S644.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)03-0155-06

兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)是极具地方特色的名优蔬菜,其食用、保健和观赏价值很高^[1-3]。近年来,随着食用百合国内销售市场逐渐扩大,价格不断走高,经济效益渐好,其种植面积增加。兰州百合对生长条件(海拔、年积温、年降水量

等)要求较高,仅适于兰州周边二阴山区栽培。从母株上生长出的小鳞茎长到一级种球需要2~3年,移栽后长成商品百合需要3~4年,鳞茎生长缓慢,生长周期长^[4]。针对其特殊的生长特性研究其高效栽培技术具有重要意义。

种球播前处理是蔬菜栽培的重要技术环节,可有效地杀灭种子自身所带的病菌,防止种子病害的传播,降低生产成本,提高经济效益^[5]。百合种子处理技术应用研究主要集中于观赏百合。杨迎东等对西伯利亚、索邦等切花百合品种的消毒处理,在百合刺足根螨、迟眼熏蚊幼虫、跳虫、线虫的灭杀效果方面进行了较为详细的研究^[6];李诚在室内药

收稿日期:2022-03-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:31860549);兰州市科技计划(编号:2017-4-95)。

作者简介:毕路然(1998—),男,宁夏石嘴山人,硕士研究生,研究方向为蔬菜学。E-mail:1466479381@qq.com。

通信作者:师桂英,博士,教授,从事蔬菜栽培生理与技术研究。E-mail:shigy@gsau.edu.cn。

and growth and production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a Mediterranean greenhouse[J]. *Agronomy*, 2021, 11(5):860.

[15] 张福漫. 设施园艺学[M]. 2版. 北京:中国农业出版社,2010.

[16] 郭正昊,于海业,张 蕾. 积温理论在日光温室的应用[J]. 安徽农业科学,2011,39(34):21526-21528.

[17] 安华明,陈力耕,樊卫国,等. 高等植物中维生素C的功能、合成及代谢研究进展[J]. 植物学通报,2004,39(5):608-617.

[18] 赵江涛,李晓峰,李 航,等. 可溶性糖在高等植物代谢调节中的生理作用[J]. 安徽农业科学,2006,34(24):6423-

6425,6427.

[19] 宋明军. 甘肃省日光温室建设中存在的问题及对策浅析[J]. 甘肃科技,2005,21(1):15-16,14.

[20] 吴春玲,庄玉秀,杨振华,等. 中卫市沙漠日光温室的建造与保温效果[J]. 中国蔬菜,2011(15):54-56.

[21] 任佳楠,张亚红,付玉芳,等. 相变蓄热墙体对日光温室热环境及乳瓜生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(4):164-169.

[22] 李 鹏,张亚红,崔 海,等. 相变蓄热系统对日光温室热环境及草莓产量和品质的影响[J]. 安徽农业大学学报,2020,47(4):648-654.