

张振兴,马张雪,蔡冰冰,等. 农大 III 型日光温室深冬温度性能比较[J]. 黑龙江农业科学,2021(9):111-115.

农大 III 型日光温室深冬温度性能比较

张振兴,马张雪,蔡冰冰,马万成,李青云

(河北农业大学 园艺学院/河北省蔬菜产业协同创新中心,河北 保定 071001)

摘要:为筛选适宜唐山乐亭地区越冬果菜生产的日光温室,解决深冬果蔬生产困难的问题,本文以农大 III-8、农大 III-9、农大 III-10 型日光温室为研究对象,动态监测 8,9 和 10 m 3 个跨度日光温室在 2012—2013 年冬季(近年来最冷冬季)和 2016—2017 年冬季共两年的环境参数。结果表明:温室平均气温、旬积温、平均地温、连续晴天气温在 20~30 ℃ 的小时数和连续阴天的最低气温均表现为农大 III-9 型日光温室>农大 III-8 型日光温室>农大 III-10 型日光温室。综合来看,农大 III-9 型日光温室的温度性能最好,在唐山乐亭地区,农大 III-9 型日光温室最适宜进行越冬果菜生产。

关键词:乐亭;日光温室;跨度;保温性能

日光温室是我国一种重要的园艺设施类型,主要用于我国北方地区低温季节的蔬菜生产。日光温室跨度是目前温室结构设计中备受关注的问 题之一^[1]。日光温室跨度设计不合理就会在光温 环境等方面存在一些不足^[2-3],因此合理的跨度可 保障温室热环境性能,继而提高蔬菜生产效益。 相关学者对日光温室的采光、蓄热、结构、温室微 环境等进行了大量研究^[4-10]。一些研究认为不同 地区的日光温室结构类型应依据当地气候条件来 确定^[11-16]。姜伟等^[17]在赤峰市丘陵地区研究了 跨度为 8.0,8.5,9.0,9.5,10.0 m 的 5 种日光温 室性能,结果表明不论是温度、湿度,还是单位面 积净产值都是 10.0 m 跨度的温室性能最好;刘 玉凤^[18]在陕西杨凌研究了跨度为 8,10 和 12 m 的 3 种日光温室性能,认为从高产、优质、高效、节 能的角度考虑,10 m 跨度温室的设施产品投入产

出比较高,适合在陕西杨凌的地理环境条件下推 广应用。

唐山地区是河北省的日光温室果菜优势产 区,本研究以乐亭县蔬菜园区 3 种不同跨度(8,9 和 10 m)的日光温室为试验温室,研究了在 2012—2013 年、2016—2017 年这 2 个越冬期间, 3 种跨度日光温室的升温保温性能,以期对唐山 地区日光温室跨度设计提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试温室 供试的 3 座温室分别为河北 农业大学设计的农大 III-8 型日光温室、农大 III-9 型日光温室、农大 III-10 型日光温室,位于唐山乐 亭绿野精品果菜科技示范园(39° 05' N, 118° 40' E)。

表 1 3 种类型日光温室参数

温室类型	跨度/ m	脊高/ m	后坡长 度/m	温室 走向	墙体 材料	后墙厚度/m		采光面	棚膜	保温材料
						底部	顶部			
农大 III-8	8	4.2	1.6	坐北朝南	机打梯	5	2	钢管钢	PVC 塑	夜间覆盖 2.5 cm 厚草
农大 III-9	9	4.8	1.9	东西延长	形土墙			筋骨架	料薄膜	苫和保温被
农大 III-10	10	4.8	2.0							

1.1.2 环境监测仪器与布点位置 2012— 2013 年冬季的测量仪器为小气候自动记录仪(自 制),每个记录仪均有 6 个测量探头,用来测量温 室内不同位置的气温和地温。2016—2017 年冬 季的测量仪器为 DSR 温湿度自动记录仪和光照 记录仪,其温度和光照的布点方法如图 1 所示。

收稿日期:2021-03-27
基金项目:河北省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队资助 项目(HBCT2018030211);保定市科技计划项目(1911N 001)。
第一作者:张振兴(1997—),男,在读硕士,从事蔬菜栽培与 逆境生理研究。E-mail:zhangzhenxingzzx@163.com。
通信作者:李青云(1969—),女,博士,教授,从事设施园艺研 究。E-mail:liqingyun69@163.com。

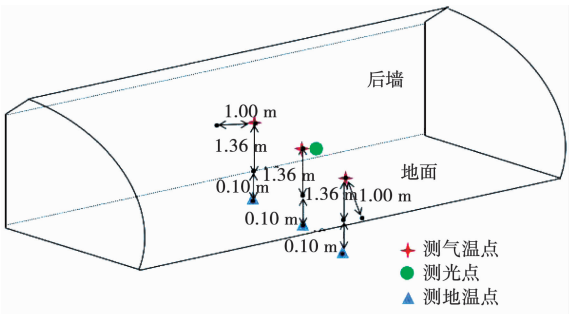


图 1 温度、光照和地温的测点分布图

1.2 方法

1.2.1 试验设计 本次动态监测 8,9 和 10 m 3 个跨度日光温室在 2012—2013 年冬季(近年来最冷冬季)和 2016—2017 年冬季共两年的环境参数,筛选出三类温室中深冬性能最佳的温室。

1.2.2 测定项目及方法 温室平均气温:取一天中的 2:00,8:00,14:00 和 20:00 这 4 个时刻温室内气温的平均值定义为该日的平均气温。

温室增温值:增温值用相同日期的温室内平均气温与当地外界的平均气温之差表示,增温值越大表示温室性能越好。

温室积温:在蔬菜的生长成熟时期,不仅对温度水平有一定要求,还需要一定的热量总和,这种热量总和叫做积温,分为活动积温 and 有效积温,本研究统计 10℃ 以上的活动积温。

温室平均气温在 15℃ 以上的天数:将上述已经统计好的日平均气温进行筛选统计,统计出气温在 15℃ (包含 15℃) 以上的天数。

温室平均地温以及平均地温在 11℃ 以上的天数:以一日内 2:00,8:00,14:00 和 20:00 这 4 个时刻地温的平均值定义为该日的平均地温,先计算出温室内每天的平均地温,然后分旬或分月进行统计。将已经统计好的日平均地温进行筛选,统计出平均地温在 11℃ 以上的天数。

温室在连续晴天下气温在 20~30℃ 的小时数:选取 2 个冬季中任意 3 个连续的晴天统计每天气温在 20~30℃ 的小时数。

温室在连续阴天下最低气温:选取 2 个冬季中任意 3 个连续的阴天统计每天的最低温度。

1.2.3 数据分析 数据采用 Excel 2013 软件整理并绘制图表,采用 SPSS 22.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同跨度日光温室性能分析

2.1.1 不同温室日平均气温和增温值比较 温室的平均温度直接影响作物的生长发育,在一定温度范围内,温室的平均气温越高,越有利于蔬菜的生长。对 2012—2013 年和 2016—2017 年冬季 3 种不同跨度的日光温室日平均气温和增温值以及 2016—2017 年冬季的旬平均气温进行比较,由表 2 可知,9 m 跨度的温室日平均气温最高(16.0℃),显著高于 8 和 10 m 跨度的温室日平均气温(14.8 和 14.7℃);9 m 跨度的温室增温值最高(21.9℃),显著高于 8 和 10 m 跨度的温室增温值(20.7 和 20.6℃)。

表 2 不同跨度温室的日平均气温及增温值 单位:℃

时间	室外平均气温	日平均气温			增温值		
		农大 III-8	农大 III-9	农大 III-10	农大 III-8	农大 III-9	农大 III-10
2012 年 12 月	-5.6±1.02 a	14.0±1.23 b	15.5±1.21 ab	13.6±1.02 c	19.6±1.45 c	21.1±1.54 b	19.2±1.43 c
2013 年 1 月	-6.4±1.03 ab	15.7±1.30 ab	16.6±1.35 a	15.7±1.11 ab	22.1±1.51 ab	23.0±1.45 a	22.1±1.43 ab
2016 年 12 月	-5.5±0.98 a	14.3±1.22 b	15.4±1.24 ab	13.9±1.12 c	19.8±1.24 c	20.9±1.34 bc	19.4±1.29 c
2017 年 1 月	-5.9±0.97 a	15.2±1.33 ab	16.5±1.36 a	15.3±1.24 ab	21.1±1.56 b	22.4±1.63 ab	21.2±1.44 b
平均	-5.9±0.98 a	14.8±1.09 b	16.0±1.33 a	14.7±1.15 b	20.7±1.45 bc	21.9±1.53 b	20.6±1.38 bc

注:1. 室外平均气温数据后小写字母表示不同时间下差异显著性($P<0.05$)。
2. 其他数后小写字母表示不同温室类型间差异显著性($P<0.05$)。下同。

2.1.2 不同温室旬平均气温和积温比较 由表 3 可知,8,9 和 10 m 3 种跨度日光温室的旬平均气温分别为 16.0,16.3 和 15.7℃,其中 9 m 跨度日光温室最高,10 m 跨度日光温室最低。由此可知,农大 III-9 型日光温室的升温保温能力较好。

蔬菜的生长需要温度的积累,一定温度范围内,积温越高越有利于产量的提高,因此温室积温

情况能够反映温室的保温蓄热情况,还和温室果菜的产量密切相关。由表 4 可知,2012—2013 年 9 m 跨度温室 12 月至次年 1 月总积温为 987.1℃,为最高,比 8 和 10 m 跨度日光温室旬积温分别高 68.3 和 81.0℃,差异显著;2016—2017 年 9 m 跨度日光温室 12 月至次年 1 月的总积温最高,为 980.4℃,比 8 和 10 m 跨度日光温

室旬积温分别高 14.6 和 27.8 ℃,差异显著。可见,9 m 跨度日光温室的保温蓄热情况最好。

表 3 不同跨度温室的旬平均气温 单位:℃

时间	农大 III-8	农大 III-9	农大 III-10
2016 年 12 月上旬	17.5±1.12 a	18.4±1.24 a	17.6±1.13 a
2016 年 12 月中旬	15.5±1.11 b	15.9±1.21 b	16.4±1.33 ab
2016 年 12 月下旬	14.5±1.22 c	14.6±1.22 c	13.8±1.11 c
2017 年 1 月上旬	15.6±1.32 b	15.3±1.44 b	14.7±1.42 bc
2017 年 1 月中旬	16.2±2.01 ab	16.6±1.88 ab	15.6±1.67 b
2017 年 1 月下旬	16.5±2.00 ab	16.8±1.76 ab	16.3±1.56 ab
平均	16.0±2.06 ab	16.3±1.63 ab	15.7±1.37 b

2.1.3 不同温室平均气温在 15 ℃以上及平均地温在 11 ℃以上的天数比较 果菜在 15 ℃以上能够正常生长,并积累有机物;地温在 11 ℃以上,根

部能够正常生长,为地上部提供水分和无机物等营养物质。因此比较不同跨度的温室平均气温在 15 ℃以上以及平均地温在 11 ℃以上的时长能够充分体现温室的性能。

由表 5 可知,2012—2013 年冬季,平均气温在 15 ℃以上持续天数最多的是 9 m 跨度的温室,为 38 d,其次为 8 m 跨度,为 30 d,10 m 跨度最短,为 28 d。平均地温在 11 ℃以上的天数,9 和 10 m 跨度均为 62 d,8 m 跨度为 54 d;2016—2017 年冬季,平均气温在 15 ℃以上持续天数最多的是 9 m 跨度的温室,为 39 d;8 m 跨度次之,为 31 d,10 m 跨度最短,为 29 d。平均地温在 11 ℃以上的天数最多的是 9 和 10 m 跨度的温室,均为 62 d;8 m 跨度为 57 d。

表 4 不同跨度温室的旬积温 单位:℃

时间		农大 III-8	农大 III-9	农大 III-10
2012—2013 年	12 月上旬	144.8±23.33 c	145.9±23.78 c	137.1±20.98 cd
	12 月中旬	123.2±20.12 d	154.4±24.33 bc	123.4±19.89 d
	12 月下旬	165.2±24.56 b	180.4±25.34 a	161.5±24.33 b
	1 月上旬	172.0±25.55 ab	180.3±26.01 a	172.0±25.43 ab
	1 月中旬	153.2±24.32 bc	161.4±24.22 b	153.3±23.87 bc
	1 月下旬	160.4±26.12 b	164.7±24.67 b	158.8±23.95 bc
	小计	918.8±22.52 b	987.1±23.33 a	906.1±21.09 b
2016—2017 年	12 月上旬	174.6±25.32 ab	184.3±24.99 a	176.0±26.09 ab
	12 月中旬	155.0±23.23 bc	159.4±25.76 bc	164.2±24.32 b
	12 月下旬	159.2±22.12 bc	160.1±23.86 b	151.4±23.09 bc
	1 月上旬	155.9±21.78 bc	152.9±23.17 bc	146.7±24.08 c
	1 月中旬	159.6±22.09 bc	160.5±23.67 b	154.5±24.55 bc
	1 月下旬	161.5±22.67 b	163.2±24.55 b	159.8±23.94 bc
	小计	965.8±21.45 b	980.4±22.11 a	852.6±22.34 b
	合计	1884.6±25.53 b	1967.5±27.43 a	1858.7±26.89 b

表 5 不同跨度温室的气温在 15 ℃以上及地温在 11 ℃以上的天数 单位:d

时间	项目	农大 III-8	农大 III-9	农大 III-10
2012—2013 年	12 月平均气温 15 ℃以上天数	11	17	9
	1 月平均气温 15 ℃以上天数	19	21	19
	总天数	30	38	28
	12 月平均地温 11 ℃以上天数	26	31	31
	1 月平均地温 11 ℃以上天数	28	31	31
	总天数	54	62	62
2016—2017 年	12 月平均气温 15 ℃以上天数	11	18	9
	1 月平均气温 15 ℃以上天数	20	21	20
	总天数	31	39	29
	12 月平均地温 11 ℃以上天数	28	31	31
	1 月平均地温 11 ℃以上天数	29	31	31
	总天数	57	62	62

2.1.4 不同温室的平均地温比较 地温的高低直接影响作物根部的生长,温室内地温是衡量日光温室性能的重要指标。因此本试验测量统计了3种不同跨度日光温室的日平均地温。由表6可知,9 m跨度的温室平均地温最高,为17.0℃,显著高于10和8 m跨度温室的平均地温(16.3和15.5℃)。由此可见,9 m跨度的日光温室的保温性能最好。

表 6 不同跨度温室的平均地温 单位:℃

日期	农大 III-8	农大 III-9	农大 III-10
2012 年 12 月	14.1±1.34 c	16.2±1.32 ab	14.3±1.23 c
2013 年 1 月	15.4±1.21 b	16.7±1.31 ab	15.8±1.31 b
2016 年 12 月	16.3±1.32 ab	17.4±1.24 a	16.8±1.34 ab
2017 年 1 月	16.1±1.33 ab	17.6±1.43 a	16.2±1.34 ab
平均值	15.5±1.25 b	17.0±1.42 a	16.3±1.33 ab

2.1.5 连续晴天下气温在20~30℃的时长 作物的生长发育需要一定的温度。温度高于10℃,作物可以启动生长发育,但是多数作物的生长适温处于20~30℃。因此,本试验统计了2012、2016和2017年3年冬季任意3个连续晴天中,3种不同跨度日光温室气温在20~30℃的时长。

由图2可知,在不同的年份,3种不同跨度日光温室在连续晴天下气温在20~30℃的时长中,9 m跨度的日光温室最高。可见,9 m跨度的日光温室的保温性能最好。

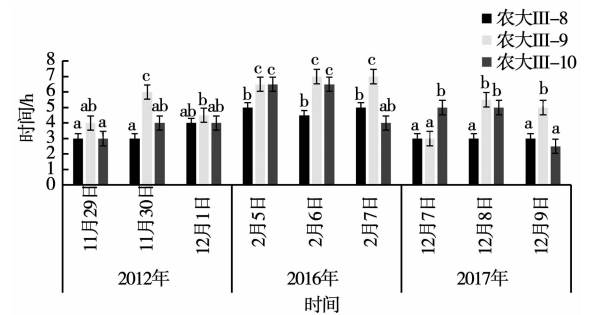


图 2 不同跨度日光温室连续晴天下气温在20~30℃的时长

2.1.6 连续阴天下最低气温比较 北方冬季温室栽培作物容易遭受低温的伤害,因此,本试验统计了3种不同跨度日光温室在冬季连续阴天情况下的最低气温。由图3可知,在不同年份连续阴天下,9 m跨度的日光温室最低气温均高于8和10 m跨度的日光温室的最低气温,说明9 m跨度

日光温室的保温性能最好。

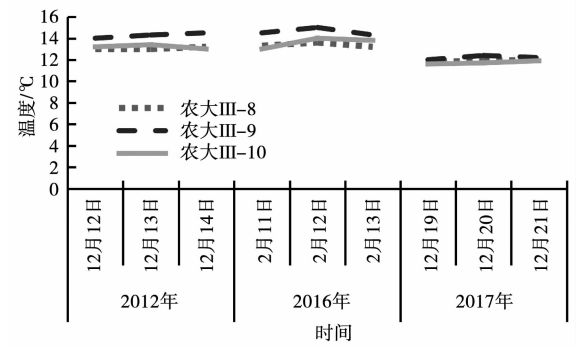


图 3 不同跨度日光温室连续阴天下最低气温变化

3 讨论与结论

目前,菜农大多使用自己建造的温室,根据经济条件和用途,结构型差异很大,建造投入相差悬殊,且温室为了保温,墙体厚度大,占地面积大,土地利用率低,应用限制条件较多,难以保证温室内蔬菜适宜的环境条件,产量和收入不稳定。王耀林等^[19]发现河北省存在少量的高标准温室,但此类温室耗能大,不能满足菜农的使用需求。而本次试验研究的三类温室均适用于河北,可满足菜农的生产要求。本试验结果表明,9 m跨度日光温室日平均气温、增温值、旬平均气温、旬平均积温和平均地温最高,8 m跨度日光温室次之,10 m跨度日光温室最低;平均气温在15℃以上及地温在11℃以上的天数表现为9和10 m跨度日光温室最多,8 m次之;连续晴天气温在20~30℃的时长表现为9 m跨度日光温室最长,10 m跨度日光温室次之,8 m跨度日光温室最少;连续阴天最低气温表现为9 m跨度日光温室最高,其次是8和10 m跨度日光温室,8 m跨度和10 m跨度的日光温室差异不大。

综合来看,在唐山乐亭地区,农大 III-9 型日光温室各个环境因子较优,冬季温度性能最好,最适宜该地区的越冬果菜生产,更适合唐山乐亭的地理环境条件下推广应用。

参考文献:

[1] 宋明军,赵鹏,赵树春,等.不同跨度组装式日光温室光热环境性能研究[J].中国农机化学报,2018(4):28-33.
[2] 唐中祺,颀建明,郁继华,等.不同跨度日光温室升温保温性能研究[J].甘肃农业大学学报,2014(6):60-63.
[3] 李天来.我国日光温室产业发展现状与前景[J].沈阳农业大学学报,2005,36(2):131-138.

[4] 佟国红,王铁良,白义奎,等.日光温室墙体传热特性的研究[J].农业工程学报,2003,19(3):186-189.

[5] 李小芳,陈青云.日光温室山墙对室内太阳直接辐射得热量的影响[J].农业工程学报,2004,20(5):241-245.

[6] 吴春艳,赵新平,郭文利.日光温室作物热环境模拟及分析[J].农业工程学报,2007,23(4):190-195.

[7] 佟国红,李保明.日光室内各表面太阳辐射照度的模拟计算[J].中国农业大学学报,2006,11(1):61-65.

[8] 郝庆炉,梁云娟,段爱旺.日光室内光照特点及其变化规律研究[J].农业工程学报,2003,19(3):200-204.

[9] 王明喜,崔世茂,王红彬,等.大棚型日光温室光照、温度及湿度等性能的初步研究[J].温室园艺,2008(5):19-21.

[10] 张泽民,王双喜.大跨度无支柱日光节能温室性能的研究[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2007,28(3):11-14.

[11] 魏晓强,钟启文,张广楠,等.青海省3种日光温室冬季温光性能对比[J].农业工程,2019(4):36-40.

[12] 宛金,邹志荣,兰兴利.轻简装配式日光温室的建造与性能分析[J].现代农业科技,2020(12):181-187.

[13] 陶正平,李梦玲,边鸣镝,等.高寒地区的日光温室优化设计[J].中国蔬菜,2002(2):19-21.

[14] 陈端生.教你设计日光温室[J].中国花卉园艺,2003(13):16-20.

[15] 佟国红,王铁良,孟少春.日光温室建筑参数的确定[J].新农业,2003(5):54.

[16] 宋明军,赵鹏.西北XB-GV型大跨度日光温室设计建造及实践[J].农业工程技术:温室园艺,2006(7):16-18.

[17] 姜伟,王勇,岳玲,等.赤峰市丘陵坡地不同跨度日光温室综合性能比较分析[J].内蒙古农业科技,2013(6):24-27.

[18] 刘玉凤.不同跨度日光温室性能的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.

[19] 王耀林.国内外设施农业现状及发展趋势[J].中国农业科学,2001,34(Z1):96-100.

Comparison of Winter Temperature Performance of Nongda III Type Solar Greenhouse

ZHANG Zhen-xing, MA Zhang-xue, CAI Bing-bing, MA Wan-cheng, LI Qing-yun

(College of Horticulture, Hebei Agricultural University/Hebei Vegetable Industry Collaborative Innovation Center, Baoding 071001, China)

Abstract: In order to screen solar greenhouses suitable for overwintering fruit and vegetable production in Laoting area of Tangshan and solve the problem of difficult fruit and vegetable production in late winter, this paper took Nongda III-8, Nongda III-9 and Nongda III-10 solar greenhouses as the research object, and dynamically monitored the environmental parameters of 8, 9 and 10 m span solar greenhouses in the winter of 2012—2013 (the coldest winter in recent years) and 2016—2017. The results showed that the average temperature, ten day accumulated temperature, average ground temperature, hours with continuous sunny temperature of 20-30 ℃ and the lowest temperature in continuous cloudy days were Nongda III-9 solar greenhouse>Nongda III-8 solar greenhouse>Nongda III-10 solar greenhouse. Overall, the temperature performance of Nongda III-9 solar greenhouse was the best. In Laoting area of Tangshan, Nongda III-9 solar greenhouse was the most suitable for overwintering fruit and vegetable production.

Keywords: Laoting; sunlight greenhouse; span; heat preservation performance

协办单位

- 黑龙江省农业科学院水稻研究所
- 黑龙江省农业科学院克山分院
- 黑龙江省农业科学院黑河分院
- 黑龙江省农业科学院绥化分院
- 黑龙江省农业科学院佳木斯分院
- 黑龙江省农业科学院牡丹江分院
- 内蒙古丰垦种业有限责任公司