

阿克苏地区日光温室的 温光性能比较分析

刘琮琮, 王合理, 杜红斌

(塔里木大学 植物科学学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要:在设施蔬菜秋冬生产期间,对阿克苏地区3种日光温室(砖混、土墙和草墙)的温度和光照强度数据进行了比较和分析,探究冬季低温对温室内蔬菜生长的影响,以期为提高温室生产效率提供理论依据。结果表明:砖混和土墙温室能高效利用当地的温光资源,保温效果较好,但是草墙温室温度较低,反光率差,应注意及时保暖增温,更换透光率高的塑料薄膜,保证温室内蔬菜的正常生长发育。

关键词:阿克苏;日光温室;温度;光照强度

中图分类号:S 625.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)11-0046-04

阿克苏地区地处新疆维吾尔自治区中部,位于北纬 $39^{\circ}30' \sim 42^{\circ}40'$ 、东经 $78^{\circ}02' \sim 84^{\circ}05'$,具有明显的温带大陆性气候特征,干燥少雨,有效积温高,日照充足,光能资源非常丰富。据统计,阿克苏地区全年的日照时数为 $2\,848 \sim 3\,867\text{ h}$,其年辐射总量为 $6\,000\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ [1],光合有效辐射率可达 $10\% \sim 14\%$,远远高于 1% 的全国平均水平。阿克苏作为我国年平均日照时数和太阳总辐射最多的地区之一,在发展设施农业、满足北方地区蔬菜瓜果周年供应需求方面具有得天独厚的优势。另外,随着经济的发展和人民生活水平的提高,人们对蔬菜品质和安全性的要求也越来越挑剔,因此,日光温室的规模栽培得到了空前的发展。据相关数据统计,截至2012年底,仅新疆阿克苏地区的设施农业生产总面积就已突破了 $9\,427\text{ hm}^2$ (其中新建日光温室 172.33 hm^2),与2007年的 $3\,796\text{ hm}^2$ 相比,设施农业的面积在5年内增长了 148% 。虽然其面积只占阿克苏耕地总面积的 1.5% ,但设施农业的投产率超过了 90% 以上, 667 m^2 平均效益达到 $4\,930$ 元,其高产出、高收益的特点吸引着越来越多的农户加入[2]。设施农业已成为新疆仅次于粮食、棉花、林果、畜牧的重要产业[3]。

但是,随着日光温室规模的不断扩大,一些问题也

逐渐凸显出来,主要表现为由于日光温室的建造及生产技术,主要引进温室生产发达的地区,并没有因地制宜的进行设计,导致温室采光性能差、保温能力不强、蔬菜遇到逆境障碍,从而降低了产品的产量和品质,影响农民使用日光温室进行作物栽培的积极性[4]。基于目前日光温室的发展现状,该研究通过对阿拉尔地区砖混、土墙和草墙3种具有代表性的日光温室的结构进行比较,探究不同结构类型日光温室温度和光照的变化情况,总结其变化规律,研究温室结构与温、光环境因子之间的关系,为优化温室性能,提高冬季日光温室的生产效率提供科学依据,同时也为设计出适宜于阿克苏地区的设施栽培的日光温室提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

日光温室对比试验设在新疆生产建设兵团农一师十团职工创业园第一产业区(阿拉尔菜篮子工程),位于北纬 $40^{\circ}35'22''$,东经 $81^{\circ}19'43''$ 。

1.2 试验材料

选取的温室分别为创业园内具有代表性的砖混结构(I型温室)、节能土墙(II型温室)和节能草墙日光温室(III型温室),I、II型温室前屋面塑料棚膜采用的是5层共挤PO膜,而III型温室采用的是清田PVC日光温室专用膜,3种温室的结构参数见表1,均为2014年建造,并且种植的蔬菜均为番茄。

DJL-18温湿光记录仪(浙江拓普云农科技股份有限公司)、TZS-ECW土壤墒情速测仪(浙江拓普云农科技股份有限公司)、TES-1335数位式照度计(泰仕电子工业

第一作者简介:刘琮琮(1989-),女,硕士研究生,研究方向为设施农业。E-mail:elison001@163.com.

责任作者:王合理(1958-),男,博士,教授,现主要从事设施园艺及蔬菜栽培生理生态等研究工作。E-mail:wangheli@sina.com.

基金项目:兵团科技局师域资助项目(2015YY09)。

收稿日期:2016-02-14

股份有限公司)、低温计(河北衡水创纪仪器仪表有限公司)、皮尺。

表 1 温室结构参数

Table 1 Structure parameter comparison of greenhouse

序号	结构参数	日光温室 Solar greenhouse		
No.	Parameter comparison	I	II	III
1	长度/m	101	116	91
2	跨度/m	8.8	10.2	9.5
3	脊高/m	3.7	4	4
4	后墙高度/m	2.7	3.2	2.6
5	墙体厚度/m	0.6	墙体下宽 5.0,上宽 1.0	0.15
6	前屋面角 $\alpha/^{\circ}$	26		26
7	后屋面角 $\beta/^{\circ}$	41	36	47
9	下挖深度/m	0	0.9	0
10	保温比	0.97	1.17	0.91
11	后墙材料	砖墙	土墙	草墙

1.3 试验方法

在I、II和III型温室的中间且距离后墙 1 m、距离地面 1.2 m 处布点,并在室外设置一点作为对照点IV,在 11 月 15 日、11 月 25 日、12 月 6 日(均为晴天)和 11 月 24 日(阴天),在 4 个测试点使用 DJL-18 温湿光记录仪进行温度的自动测量,每30 min测 1 次,共测量 24 h。同时,

表 2 室内外气温最大值和平均值比较

Table 2 Comparisons of maximum, minimum and average temperature inside and outside greenhouse

处理 Treatment	11-15			11-25			12-06		
	最高 Maximum	最低 Minimum	平均 Mean	最高 Maximum	最低 Minimum	平均 Mean	最高 Maximum	最低 Minimum	平均 Mean
I	30.8	10.5	14.87	28.8	11.7	16.77	30.5	8.9	13.58
II	29.4	10.4	14.90	29.6	11.3	16.75	30.7	7.9	12.48
III	31.5	8.4	13.58	26.4	7.3	15.29	32.7	7.0	11.62
IV(CK)	11.3	-5.3	1.16	11.4	-3.8	3.84	12.9	-7.2	0.03

2.1.2 晴天 3 种不同类型的温室温度变化比较 选取 11 月中旬的一个晴天为代表,分析晴天 3 种不同类型温室的气温日变化规律。由图 1 可以看出,I、II和III型温室的日变化情况与对照点IV基本相同,即白天的气温较高,而夜间气温维持在一个比较低的水平。晴天白天室内气温从 10:00 开始上升,白天的最低气温出现在揭苫(10:30)后的 0.5 h 左右,随后气温逐渐上升,于 15:00 达到最大值,其升温速率分别为 2.34、3.66、

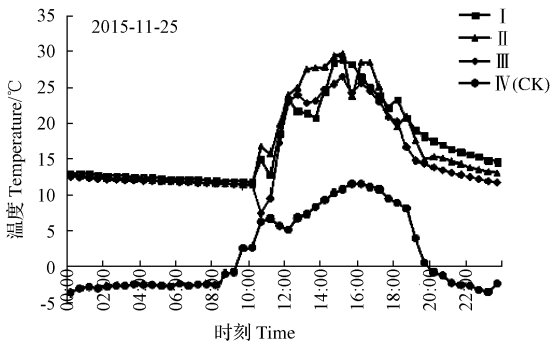


图 1 晴天各处理下气温日变化

Fig. 1 Diurnal change of air temperature on sunny day

在 3 个晴天的揭苫期间(10:30—18:30)内 4 个测试点使用 TES-1335 数位式照度计进行光照度的测量,每 30 min测 1 次,将不同时间、不同天气、不同类型日光温室的试验数据进行整理和分析。

2 结果与分析

2.1 温度数据分析

2.1.1 室内外气温最值和平均值比较 自 11 月中旬、下旬和 12 月上旬分别找一个具有代表性的晴天,每隔 30 min 测定 1 次I、II和 III 型温室和对照IV温度,得出各测点的平均气温和最值。由表 2 可以看出,自 11 月中旬至 12 月上旬,日光温室内的气温虽然明显均比露地气温高,但其变化仍然直接受到外界气温的影响。与 11 月中旬相比,12 月上旬的对照点IV的平均气温降低了 1.13 ℃,而 3 种温室内的平均气温也降低了 1.89 ℃。I、II和III型温室在 11 月中旬到 12 月上旬期间的平均气温依次为 15.07、14.71、13.50 ℃,而平均温差分别为 19.67、20.03、22.63 ℃。综合来看,I型温室的平均气温最高而温差最小,II型次之,III型平均气温最低而温差最大。

3.02 ℃ · h⁻¹,15:00 以后气温迅速降低,到 18:30 盖苫时,I、II和 III 型温室的降温速率依次为 2.30、2.49、2.80 ℃ · h⁻¹,夜晚盖苫以后温度下降速度减缓。晴天白天 3 种日光温室中,I型升温 and 降温速率最慢,II型温室次之,而III型的升温和降温速率最快。有研究证实,番茄果实生育最适温度白天为 25~28 ℃,最高不要超过 30 ℃,夜晚最低温度不宜低于 8 ℃^[5]。当夜间温室处于亚低温条件时,会降低番茄叶片的光合速率,在 9 ℃和 6 ℃低夜温处理番茄 5 d 后,其幼苗净光合速率与 15 ℃夜温相比分别降低了 13.16%和 28.52%,从而进一步影响幼苗的生长,所以,夜间注意温室的保温是非常重要的^[6]。3 种不同类型的温室白天最高气温分别为 28.8、29.6、26.4 ℃,能够满足番茄的正常生长需要,但夜间 3 种温室的最低温分别为 11.7、11.3、7.3 ℃,特别是III号温室的夜间保温能力较差,可能会对番茄幼苗的生长发育产生不良影响,并进一步影响到果实的发育和产量。

2.1.3 阴天 3 种不同类型的温室温度变化比较 选取 11 月中旬的一个阴天为代表,分析阴天 3 种不同类型温室的气温日变化规律。由图 2 可以看出,阴天和晴天的气温变化趋势基本相同,都是随外界气温的变化而变

化。阴天白天的室内气温从 10:00 开始上升,在揭苫(10:30)后的 0.5 h 左右气温略有下降或维持不变,随后气温逐渐上升,于 16:30 附近达到最大值,其升温速率依次为 1.12、1.26、1.55 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$,16:30 以后气温迅速降低,到 18:30 盖苫时,I、II 和 III 型温室的降温速率依次为 1.28、1.04、2.04 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}^{-1}$,18:30 以后温度的下降趋于缓和。阴天白天 3 种日光温室中 I 型和 II 型的升温 and 降温速率差别较小,而 III 型温室在白天升温的速度最快,降温的速度也最快。另外,在阴天的白天,3 种温室的温度无太大差别,但夜间 I 型的保温效果最好,II 型次之,而 III 型夜间的最低气温仅为 9.5 $^{\circ}\text{C}$,保温效果最差。

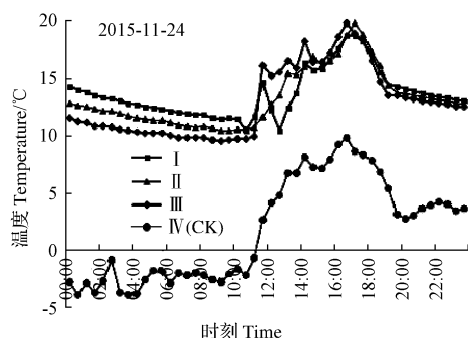


图 2 阴天各处理气温日变化

Fig. 2 Diurnal change of air temperature in overcast conditions

2.2 光照度数据分析

光能是植物光合作用产生的基础,光照状况是影响温室作物产量和品质的重要因素,因此,研究并掌握日光温室室内外太阳光照强度的变化规律很有必要^[7]。试验于 11 月中旬、下旬和 12 月上旬选取具有代表性的晴天,分别测量了 10:30—18:30 揭苫期间 I、II 和 III 型温室和对照点 IV 的光照度情况,将 3 种温室测得的日累积光照度取平均值与对照点 IV 进行比较,从而得到了温室室内外光照度变化趋势图。由图 3 可以看出,在冬季,随着太阳高度角的减小,室内外的光照度日累积量也分别呈现不同程度的减小。

选取 2015 年 11 月 15 日测量的数据进行对比,分析

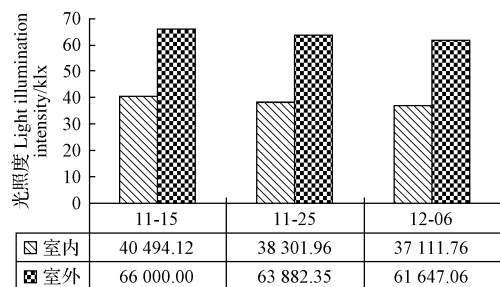


图 3 室内外光照度变化

Fig. 3 Trends of light illuminance inside and outside of greenhouse

晴天 3 种温室和对照点的太阳强度在一天内的变化趋势。有研究表明,晴天天气下,室外太阳辐射随太阳高度角的变化而变化,其变化近似于正弦曲线^[8]。由图 4 可以看出,3 种日光温室的光照度与室外光照度的变化规律基本一致。10:30 揭苫后,光照强度逐渐增大,到 15:00 达到最大值,3 种日光温室的光照强度分别达到了 65 000、68 000、57 000 lx,其中 II 型温室的光照强度最大, I 型次之, III 型最弱。随后,光照强度逐渐减弱,当 18:30 盖苫以后,温室内的光照强度几乎为 0。

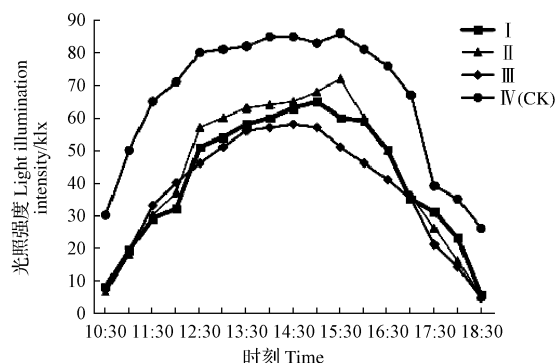


图 4 室内外光照度日变化

Fig. 4 Diurnal change of light illuminance inside and outside of greenhouse

3 讨论与结论

温室的保温比也是衡量温室保温性能的一个重要指标^[9],保温比指的是前屋面面积与温室内土地面积的比值,保温比越大,则温室的保温性能越好。3 种日光温室的保温比分别为 0.97、1.17 和 0.91,从保温比的角度分析,II 型最好, I 型次之, III 型最差。但是,虽然 II 型温室的保温比超过了 1,由于 II 型温室属于堆土式温室,后坡长度较长,这种结构的温室优点在于蓄热能力较好,但是缺点是散热面积大,夜间放热较多,这影响了 II 型温室的整体保温性能。晴天 3 种日光温室平均气温明显高于阴天,而晴天平均温差达到了 18.17 $^{\circ}\text{C}$,而阴天日光温室气温变化较小,平均为 15.57 $^{\circ}\text{C}$,即晴天的日气温变化幅度比阴天更为显著。其中,阴天温室的气温出现最大值的时间要比晴天晚 1.5 h 左右,据研究,这种情况与太阳辐射有很大的关系,晴天太阳辐射强,温室内的气温上升较快,而阴天室外云层厚,阳光很少或不能透过云层,导致太阳辐射较弱,温室内的气温上升幅度小^[10]。

日光温室的光照除了受到太阳位置和气象条件的变化影响以外,还与透明覆盖材料的光学特性有很大的关系。PO(polyolefin,聚烯烃)膜是通过先进工艺,将聚烯烃原和助剂等加工而成的新型塑料薄膜,在日本多有推广和使用,它具有透光率高、滴流性能好和使用寿命长等特点^[11]。使用 PO 膜的 I、II 型的透光率分别为 62.82% 和 62.65%,而 III 型温室的透光率仅为 54.40%。

因此,使用透光率高的覆盖薄膜,对提高温室的光照条件具有很好的促进作用。除此之外,前屋面角的大小对温室的光照性能也有很大的影响。根据王永宏等^[12]研究,合理的采光角为 $\alpha = \varphi - (-23.5^\circ) - 40^\circ$ (其中, φ 为当地的地理纬度, -23.5° 为冬至日的太阳赤纬角)^[12],试验地的地理纬度为 40.6° ,由此可以计算出阿克苏地区中午的合理采光角为 24.1° 。又因为一天当中上午和下午时分的太阳高度角都小于中午的太阳高度角,所以要在原有的合理采光角的基础上加上 $4^\circ \sim 5^\circ$,这样阿克苏地区日光温室的合理采光角为 $28.1^\circ \sim 29.1^\circ$,3种日光温室的采光角分别为 26° 、 26° 和 27° ,可以适当调整前屋面角的角度,以改善温室的采光性能。

11月中旬到12月上旬期间,阿克苏地区的3种类型温室内日平均气温为 14.87°C ,日最低气温平均为 9.27°C ,日累积光照度平均为 $38\ 635.95\text{ lx}$,透光率平均为 60.52% 。由此可见,这3种节能日光温室的温光环境基本满足冬日番茄的生长发育要求,温室的参数结构设计比较合理。但是,这3种类型的温室结构与使用的材料不同,因此,它们在温光条件上有着明显的差异。在温度方面,I型温室的平均气温最高,升温 and 降温速度缓慢,保温效果最好,其次是II型温室,III型最差。III型温室夜间的保温能力较差,最低气温只有 9.5°C ,这与III型温室的墙体厚度有很大关系。III型草墙温室的墙体厚度仅为 15 cm ,导致该温室白天蓄热不足,夜晚又易散失热量,严重影响III型草墙温室的保温效果,应注意在较为寒冷的冬季,通过更换保温效果好的棉被、地炉取暖等方式及时保温补温,防止低温冻害现象的发生。在光照

方面,II型温室的光照强度最大,I型次之,III型最弱。在地理位置和覆盖材料相同的情况下,光照条件与温室的高度有关,脊高越高,透光率越高,光照条件越高,因此II型温室的日累积光照强度要优于I型,虽然III型的脊高达到了 4.0 m ,但由于使用了透光率较差的PVC膜,所以光照条件不理想。

参考文献

- [1] 木合塔尔·沙地克.阿克苏地区设施农业发展与对策研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.
- [2] 中共阿克苏地委史志办.阿克苏年鉴[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2013:163-170.
- [3] 王浩,马月虹,杨关勇,等.新疆设施农业区域布局及其生产功能区划研究[J].新疆农业科学,2014(12):2328-2337.
- [4] 贾国雨,秦勇,赵衡,等.新疆伊宁市两种不同结构日光温室优化设计[J].北方园艺,2012(19):32-34.
- [5] 鲁会俊,孟丽娟.设施番茄栽培技术[J].上海蔬菜,2014(2):49,67.
- [6] 李天来.日光温室蔬菜栽培理论与实践[M].北京:中国农业出版社,2013:165-169.
- [7] 朱敏,夏福华,杜池坡,等.基于自动气象观测站的日光温室小气候特征分析[J].安徽农业科学,2008,36(31):13783-13786,13848.
- [8] 杜震宇,谢秋红,贾蕾.日光温室内太阳辐射照度分布的试验研究[J].太原理工大学学报,2010(4):372-375,380.
- [9] 王洪礼,史为民,吕国华.新疆节能日光温室的原理及结构初探[J].石河子农学院学报,1996(3):26-30.
- [10] 王倩.不同日光温室结构类型温光特性研究[D].郑州:河南农业大学,2013.
- [11] 陈青云,原园芳信,吉本真由美. PO 和 PVC 薄膜温室的光温环境及其与薄膜流滴性的关系[J].农业工程学报,1997(1):136-140.
- [12] 王永宏,张得俭,刘满元.日光节能温室结构参数的选择与设计[J].机械研究与应用,2003(S1):101-103.

Compared and Analyzed Solar Greenhouse Performance of Insulation and Solar Transmission in Aksu Area

LIU Congcong, WANG Heli, DU Hongbin

(College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

Abstract: The data of temperature and illumination intensity which was measured during autumn and winter in three kinds of solar greenhouses (brick-and-cement, mud wall and straw bale) of Aksu area was compared and analyzed, in order to provide theoretical basis for reducing the impact of low temperature on vegetables which were growing in greenhouse and enhancing productivity in winter. The results indicated that the greenhouses of brick-and-cement and mud wall could make effective use of temperature and light, so their insulation performance was good; but the temperature and transmittance of straw bale greenhouse was lower than them, so we should pay attention on keeping warm and replacing the film of plastic which had high transmittance in time to ensure that the vegetable grew normally in greenhouse.

Keywords: Aksu area; solar greenhouse; temperature; illumination intensity