

doi:10.11937/bfyy.20170453

宁夏不同光伏材料连栋温室冬季 室内环境变化规律

叶 林, 李 建设, 张 光 弟, 祁 珍 霞, 许 凡, 张 雪 艳

(宁夏大学 农学院, 宁夏设施园艺工程技术研究中心, 宁夏设施园艺(宁夏大学)技术创新中心, 宁夏 银川 750021)

摘 要:以非晶硅温室、单晶硅温室、多晶硅温室为研究对象,以普通玻璃温室为对照,利用温室环境记录仪记录了主要环境因子的数据,分析了不同光伏材料对温室内光照强度、温度和湿度的影响与变化规律,以筛选出适合宁夏地区设施生产的光伏温室。结果表明:不同光伏材料温室中,光照强度和温度大小表现为普通玻璃温室>非晶硅温室>单晶硅温室>多晶硅温室;湿度大小表现为多晶硅温室>单晶硅温室>非晶硅温室>普通玻璃温室;建造成本大小表现为,单晶硅温室>多晶硅温室>非晶硅温室>普通玻璃温室。从设施生产的角度来看,与单晶硅和多晶硅温室相比,非晶硅温室透光率较高,光照强度、温度下降幅度小,湿度升高幅度小,说明非晶硅温室光照、温度和湿度能够保证设施园艺作物对温室环境的基本需求;而非晶硅温室造价相对较低,与普通玻璃温室相比又能兼顾发电,功能多样,性价比高。因此,非晶硅温室比较适宜宁夏地区设施光伏农业的发展要求。

关键词:光伏;温室;环境;宁夏

中图分类号:S 625.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)17-0092-07

当前随着不可再生能源(煤、石油、天然气等)对环境污染的日益加重,及其可开发面积的日益减少,可再生新能源的探索、开发及利用对人类的和谐生活及可持续发展的意义重大。太阳能作为一种可再生的新能源,具有清洁、环保、持续、长久等优势,越来越受到关注,太阳能技术及应用得到了迅猛发展^[1]。太阳能光伏发电是一种新兴可再生能源利用技术,将温室与光伏发电系统有机结

合起来,实现太阳能发电与设施生产的一体化,在设施农业行业越来越受到重视^[2]。光伏发电是采用光伏组件将太阳能直接转化为电能的一种发电形式^[3],目前在国内外光伏温室得以迅猛发展。荷兰 Wageningen 大学开发的光伏发电温室,发电量实现质的飞跃;意大利相关工作通过番茄生长的一个季度,在 9.8%的布置比例下,观察对室内番茄生长的影响,研究表明番茄的甜度和生长躯干与常规温室并没有显著区别,而在 50%的布置下,番茄生长时,总光照辐射数量较常规温室减少了 46%;日本是亚洲光伏温室集约化程度最高的国家之一,日本最常用的光伏温室组件为非晶硅薄膜电池,温室支撑组件以单栋管架为主^[4]。

有研究报道,将光伏产业和设施农业相结合的光伏温室,其具有巨大的生产效益和社会效益。利用光伏板作为温室覆盖物既能种、养殖又能发电,充分利用土地资源,可大幅提高土地利用效率,合理的布局光伏板不仅不影响蔬菜的产量与品

第一作者简介:叶林(1977-),男,内蒙古阿拉善左旗人,硕士,副教授,现主要从事设施园艺及蔬菜逆境生理生态等研究工作。E-mail: yelin.3993@163.com.

责任作者:张雪艳(1981-),女,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究工作。E-mail: zhangxueyan123@sina.com.

基金项目:宁夏大学自然科学基金资助项目(ZR15034);国家星火计划资助项目(2015GA880006)。

收稿日期:2017-03-31

质^[5-7],还能提高农民收入,带动农民的再就业^[8],同时可解决大规模的光伏发电必占用大面积的土地,造成土地利用率低、农业用地紧缺等突出问题^[9]。

目前,我国的光伏材料类型主要包括单晶硅、多晶硅和非晶硅等材料类型,而其中的晶体材料(单晶硅和多晶硅)的市场占有率达 90% 以上^[10]。然而,目前对不同光伏板材作为覆盖材料的温室及其室内小气候环境变化的研究较少,尤其是针对光照资源充足的宁夏地区,冬季光伏温室的相关研究尚鲜见报道。该试验以非晶硅温室、单晶硅温室、多晶硅温室为研究对象,以普通玻璃温室为对照,在宁夏地区冬季温室不加温的条件下,研究不同光伏材料温室冬季室内环境的变化规律,结合温室建造成本及发电收入,筛选出适宜宁夏地区冬季生产的光伏温室类型,以提高温室利用效率,为光伏温室在农业上的应用推广提供数据依据及技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

宁夏永宁县闽宁镇平均海拔 1 150 m,常年干旱少雨,风大沙多,四季分明,属典型的温带大陆性季风气候。昼夜温差较大,年平均气温 8.5℃,无霜期 185 d,年平均降雨量 200 mm,日照时数 2 800 h 以上,是我国太阳辐射和日照时数最多的地区之一。

1.2 试验材料

供试光伏连栋温室包括单晶硅温室、多晶硅温室、非晶硅温室(图 1~4),结构均为荷兰 Venlo 温室,东西走向两连跨,长 45.4 m,脊高 4.95 m,跨度 6.4 m,肩高 3.0 m,骨架间距 4.5 m。光伏板组件和玻璃板按 1:1 数量比布局。对照温室为普通玻璃温室。供试多功能无线采集器(ZWSN-C-A,北京紫藤连线科技有限公司)。

1.3 试验方法

试验于 2016 年 1 月 15 日至 2 月 14 日在宁夏永宁县闽宁镇原隆村青岛昌盛日电太阳能科技股份有限公司—太阳能光伏农业科技示范园进行。试验共设 3 个处理温室:单晶硅温室(G1)、多晶硅温室(G2)、非晶硅温室(G3),结构设计见图 5,以普通玻璃温室为对照(CK)。试验期间温

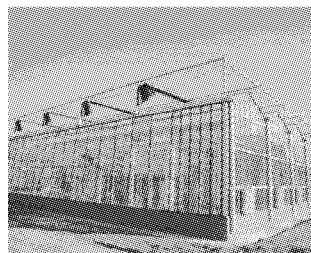


图 1 普通温室

Fig. 1 Common greenhouse



图 2 单晶硅温室

Fig. 2 Monocrystalline greenhouse



图 3 多晶硅温室

Fig. 3 Polysilicon greenhouse

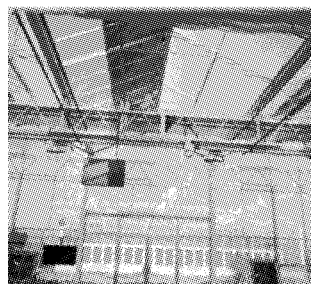


图 4 非晶硅温室

Fig. 4 Amorphous silicon greenhouse

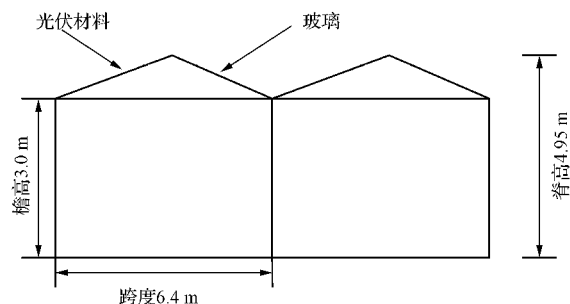


图5 光伏板与玻璃板结构

Fig. 5 Photovoltaic panels and glass panels

室内未种植任何作物。在温室中部离地垂直高度1.5 m处布点放置光照及温度探头,在地表下20 cm深处埋设土壤温度探头。利用多功能无线采集器采集4个温室室内的光照、温度及湿度的数据,实行24 h监测,间隔30 min记录1次。根据园艺作物的生长习性^[11-15],统计光照强度 $\leq 3\,000\text{ lx}$ 、气温 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、地温 $\leq 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $\leq 65\%$ 的天数。

1.4 数据分析

采用Excel 2007软件对试验数据进行处理、分析并作图。采用SPSS 17.0软件,利用LSD方法在 $P<0.05$ 水平下进行单因素显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同光伏材料温室光照环境比较

由图6可知,CK的日平均光照强度最大,最高值为6 582.75 lx,最低值为2 867.65 lx;

其次为G3,最高值为5 038.94 lx,最低值为2 385.63 lx;再次为G1,最高值为4 638.94 lx,最低值为1 987.33 lx;最小为G2,最高值为4 582.75 lx,最低值为1 700.11 lx。由表1可知,平均最高光照强度和最低光照强度均为 $\text{CK}>\text{G3}>\text{G1}>\text{G2}$;最低光照强度,G3较CK降幅最小,降幅为16.29%;其次为G1,降幅达30.47%,G2降幅最大,为32.25%。光照强度低于3 000 lx的天数,CK最少有3 d,其次为G3有9 d,再次为G1有17 d,G2天数最多,有22 d。光伏材料作为温室采光面是可以透过部分太阳光的,随着时间的推移,光照强度的变化虽略有波折,但4个处理的光照强度总体呈上升趋势。玻璃的透光率最高,其次为非晶硅、单晶硅和多晶硅。说明温室和采光材料的透光率密切相关,透过率越高室内光照强度越强,越能满足作物生长需要;如果从兼顾发电来看,非晶硅作为采光面效果较好。

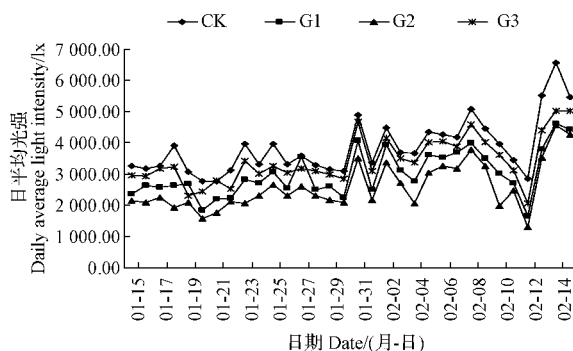


图6 不同光伏温室光照强度的变化

Fig. 6 Change of light intensity of different photovoltaic greenhouses

表1

不同光伏材料温室光照强度变化

Table 1

Change of light intensity of different photovoltaic greenhouses

| 温室类型 Greenhouse type | 平均最高光照强度 Average maximum intensity/lx | 平均最低光照强度 Average minimum intensity/lx | 光照强度 $\leq 3\,000\text{ lx}$ 天数 Days of light intensity $\leq 3\,000\text{ lx/d}$ |
|-------------------------|--|--|--|
| CK | 5 513.42 | 2 936.53 | 3 |
| G1 | 4 222.91 | 2 041.86 | 17 |
| G2 | 3 933.42 | 1 989.43 | 22 |
| G3 | 4 753.64 | 2 458.21 | 9 |

2.2 不同光伏材料温室温度环境比较

2.2.1 不同光伏材料温室气温比较

由图7可知,CK的日平均气温最大,最高值

为19.11 $^{\circ}\text{C}$,最低值为11.87 $^{\circ}\text{C}$;其次为G3,最高值为17.05 $^{\circ}\text{C}$,最低值为9.26 $^{\circ}\text{C}$;再次为G1,最高值为15.05 $^{\circ}\text{C}$,最低值为8.26 $^{\circ}\text{C}$;最小为G2,

最高值为 14.11℃,最低值为 7.87℃。由表 2 可知,平均最高气温、平均最低气温、白天平均气温和夜间平均气温均为 CK>G3>G1>G2,平均最低气温,G2 降幅最大,为 27.85%;其次为 G1;再次为 G3。夜间平均气温,G2 降幅最大,为 12.88%;其次为 G1,再次为 G3。气温低于 5℃的天数,G1 有 18 d,G2 有 21 d,G3 有 16 d。

2.2.2 不同光伏材料温室地温比较

由图 8 可知,CK 的日平均地温最大,最高值为 17.29℃,最低值为 11.14℃;其次为 G3,最高值为 16.49℃,最低值为 10.49℃;再次为 G1,最高值为 15.49℃,最低值为 9.49℃;最小为 G2,最高值为 15.29℃,最低值为 9.1℃。由表 3 可知,平均最高地温、平均最低地温、白天平均地温和夜间平均地温均为 CK>G3>G1>G2,平均最低地温,G2 降幅最大,为 17.91%;其次为 G1;再次为 G3。夜间平均地温,G2 降幅最大,为 9.95%;其次为 G1,再次为 G3。地温低于 5℃的天数,G1 有 22 d,G2 有 24 d,G3 有 21 d。

对温室种植来说,温度分为气温和地温,地温对园艺作物根系吸收水分和矿质营养元素十分重要。太阳光透过温室采光材料,照射到地面、墙体和作物,由短波辐射变为长波辐射,将光能留在温室中,从而提高温室温度。该研究结果表明,在 1 月中旬至 2 月中旬期间,4 个处理温室气温和地温整体略有上升,普通温室温度上升明显,其次为

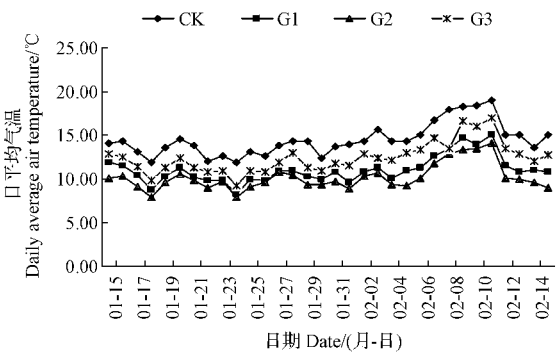


图 7 不同光伏温室气温的变化

Fig. 7 Change of air temperature of different photovoltaic greenhouses

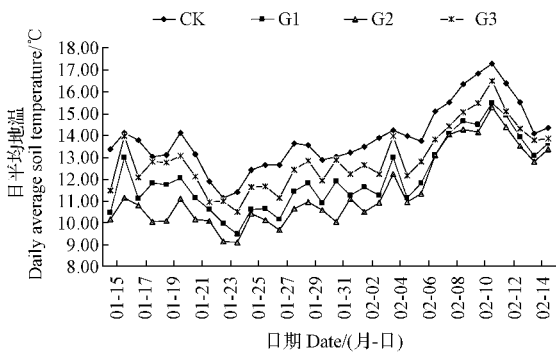


图 8 不同光伏温室地温的变化

Fig. 8 Change of soil temperature of different photovoltaic greenhouses

表 2 不同光伏材料温室气温变化

Table 2 Change of air temperature of different photovoltaic greenhouses

| 温室类型 | 平均最高气温 | 平均最低气温 | 白天平均气温 | 夜间平均气温 | 气温≤5℃的天数 |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------------|
| Greenhouse | Mean maximum | Mean minimum | Daily mean | Night mean air | Days of temperature |
| type | air temperature/℃ | air temperature/℃ | temperature air/℃ | temperature/℃ | air≤5℃/d |
| CK | 18.12 | 12.21 | 16.69 | 9.16 | — |
| G1 | 13.97 | 9.29 | 11.98 | 8.17 | 18 |
| G2 | 13.12 | 8.81 | 11.56 | 7.98 | 21 |
| G3 | 15.57 | 10.29 | 12.86 | 8.23 | 16 |

表 3 不同光伏材料温室地温变化

Table 3 Comparison of soil temperature of different photovoltaic greenhouses

| 温室类型 | 平均最高地温 | 平均最低地温 | 白天平均地温 | 夜间平均地温 | 地温≤13℃天数 |
|------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Greenhouse | Mean maximum | Mean minimum | Daily mean soil | Night mean soil | Days of soil |
| type | soil temperature/℃ | soil temperature/℃ | temperature/℃ | temperature/℃ | temperature≤13℃/d |
| CK | 16.48 | 11.89 | 14.89 | 14.58 | 9 |
| G1 | 14.73 | 10.27 | 13.48 | 13.32 | 22 |
| G2 | 14.42 | 9.76 | 13.22 | 13.13 | 24 |
| G3 | 15.31 | 11.13 | 13.51 | 13.43 | 21 |

非晶硅温室、单晶硅温室和多晶硅温室,说明从增温和保温上来看,玻璃温室最好。从兼顾发电上来看,非晶硅温室较好。

2.3 不同光伏材料温室湿度环境比较

由图 9 可知,G2 的日平均湿度最大,最高值为 67.97%,最低值为 49.1%;其次为 G1,最高值为 64.75%,最低值为 48.22%;再次为 G3,最高值为 58.75%,最低值为 42.96%;CK 最小为,最高值为 48.55%,最低值为 38.85%。由表 4 可知,平均最高湿度、平均最低湿度、白天平均湿度和夜间平均湿度均为 G2>G1>G3>CK,湿度低于 65%的天数,G1 有 13 d,G2 有 17 d,G3 有 15 d。

温室是一个相对密闭的环境,尤其是冬季通风换气较少,湿度较大,该研究结果表明,普通温室湿度较低,其次为非晶硅温室,这可能与透光率有关,采光材料透光率越高,温室升温越快,相对

湿度也就越低。由图 9 和表 4 可知,光伏温室与普通温室湿度大小差异不是很明显,说明光伏材料温室具有一定的透光性。

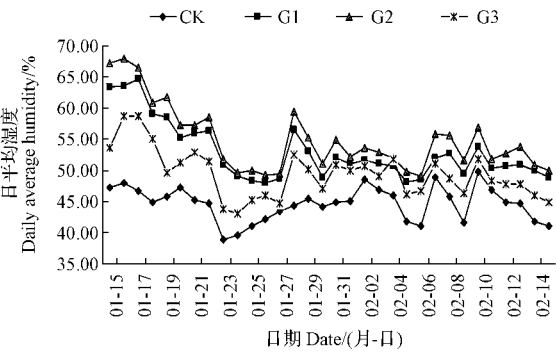


图 9 不同光伏温室湿度的变化
Fig. 9 Change of humidity of different photovoltaic greenhouses

表 4 不同光伏材料温室湿度变化

| 温室类型 Greenhouse type | 平均最高湿度 Mean maximum humidity/% | 平均最低湿度 Mean minimum humidity/% | 白天平均湿度 Daily mean humidity/% | 夜间平均湿度 Night mean humidity/% | 湿度≤65%天数 Days of humidity ≤65%/d |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| CK | 47.57 | 40.28 | 43.36 | 53.38 | — |
| G1 | 58.89 | 49.07 | 53.56 | 67.98 | 13 |
| G2 | 61.65 | 50.08 | 56.89 | 72.85 | 17 |
| G3 | 54.09 | 44.67 | 51.23 | 64.33 | 15 |

2.4 不同光伏材料温室发电板参数及建造成本比较

由表 5 可以看出,G1 建造费用最高,为 1 924 元·m⁻²,其次为 G3,再次为 G2,建造费用最低的为 CK。额定发电功率最高的为 G3,其次为 G1,再次为 G3。从组件面积上看,G2 所占面积

最大,其次为 G1,最小的为 G3。组件质量表现为 G1>G2>G3>CK。但是,单位面积 G3 质量最大,为 18.23 kg·m⁻²,其次为 G1,为 17.19 kg·m⁻²。结果表明,温室建造成本低又能兼顾发电,非晶硅温室较好。

表 5 光伏发电板参数及温室建造费用

| 温室类型 Greenhouse type | 建造费用 Construction cost/(元·m ⁻²) | 额定功率 Rated power/W | 组件长度 Length of subassembly/mm | 宽度 Width/mm | 厚度 Thickness/mm | 组件面积 Area of subassembly/m ² | 组件质量 Weight of subassembly/kg | 组件单位面积质量 Weight per unit area of subassembly/(kg·m ⁻²) |
|-------------------------|--|-----------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|--|----------------------------------|---|
| CK | 535 | — | 1 500 | 1 000 | 3.0 | 1.50 | 7.5 | 5.00 |
| G1 | 1 924 | 100 | 1 650 | 950 | 7.7 | 1.57 | 27.0 | 17.19 |
| G2 | 1 233 | 250 | 1 640 | 992 | 40.0 | 1.63 | 19.5 | 11.96 |
| G3 | 1 500 | 63 | 1 245 | 635 | 7.5 | 0.79 | 14.4 | 18.23 |

3 讨论

光照是温室作物制造养分和生命活动不可缺少的能量来源,也是形成温室小气候环境的主要因素。通过调节温室光照时间和光质强弱来调整温室温度均衡、适中,可改善作物生长环境,提高产量和品质^[16]。该研究以普通温室为对照,比较了 3 种不同光伏材料组件温室的光照强度、温度及湿度变化,研究发现与对照相比,单晶硅、多晶硅和非晶硅的光照强度都有不同程度的下降,多晶硅下降幅度最大,说明多晶硅的透光率最小,从而减弱了太阳光直射的透过率,而非晶硅下降幅度最小,说明非晶硅的透光率最大。在设施生产中,多数园艺植物白天最低需要 3 000 lx 左右的光照强度,来维持光合作用^[17],该试验研究发现光照强度低于 3 000 lx 天数中,与对照比较,非晶硅的天数最少,再次说明非晶硅的透光率较单晶硅和多晶硅要高,即温室内的光照条件是非晶硅>单晶硅>多晶硅,表明较单晶硅温室和多晶硅温室,非晶硅温室可为园艺作物提供更好的光环境,从而更有利于园艺作物生长。

温度是园艺作物设施栽培的重要环境条件,任何作物生长发育和维持生命活动都要求一定的温度范围,也就是“三基点温度”^[17],当温度超过生长发育的最高、最低界限,则生育停止,如再超过生命的最高、最低界限,就会死亡^[12]。当气温低于 5℃和地温低于 13℃时,多数园艺作物(果菜类)生长发育停止,如果持续时间较长,则出现冷害,导致植株死亡^[16]。该研究发现,与对照比较,单晶硅、多晶硅和非晶硅气温和地温都有不同程度的下降,多晶硅下降幅度最大,非晶硅下降幅度最小,说明温室在不加温的条件下,非晶硅的保温性能较好,气温低于 5℃的天数和地温低于 13℃的天数最少,与单晶硅和多晶硅相比,非晶硅在冬季适当的加温,消耗较少的能源,可进行果菜类的生产。表明就温度条件而言,非晶硅温室要好于单晶硅温室和多晶硅温室。

高湿条件低温容易引起病害的发生,当设施环境长期处于高湿状态时,常常导致病害的爆发^[16-17]。该研究发现,单晶硅、多晶硅和非晶硅的平均湿度均大于对照,但非晶硅的升高幅度最小,且湿度低于 65%的天数,多晶硅天数最多,其

次为单晶硅,非晶硅最少,从另一方面说明湿度与温室的温度和光照强度有关,进入温室的光量越多,转化的热能越多,温室升温越快,温度越高,温度越高则湿度越低,这与前人的研究结果是一直的^[19]。也表明非晶硅温室湿度较低,可为园艺作物提供更好的湿度环境,更不易引发设施作物病害。

光伏发电作为一种利用光伏组件直接将太阳能转换成电能的发电技术,在我国光热资源丰富的西北地区得到了迅速的发展,生产上主要应用的有单晶硅、多晶硅和非晶硅 3 种光伏材料。该研究发现,在相同规格尺寸的温室条件下,单晶硅建造费用最高,为 1 924 元·m⁻²,发电功率也最高,为 100 W。光伏组件单位面积非晶硅最重,为 18.23 kg·m⁻²,表明非晶硅这类光伏材料对温室的荷载最大,且对温室整体的建造结构和承受强度提出了更高的要求,其次为单晶硅材料,再次为多晶硅材料。

4 结论

从设施生产的角度来看,与单晶硅和多晶硅温室相比,非晶硅温室透光率较高,光照强度、温度下降幅度小,湿度升高幅度小,光照、温度和湿度能够保证设施园艺作物对温室环境的基本需求,且与单晶硅和多晶硅温室相比,非晶硅温室造价较低,与普通玻璃温室相比又能兼顾发电,功能多样,性价比高。因此,非晶硅温室比较适宜宁夏的设施光伏农业的发展要求。

参考文献

- [1] 闫云飞,张智恩,张力,等. 太阳能利用技术及其应用[J]. 太阳能学报,2012(s1):47-56.
- [2] 郑和祥,李和平,付卫平. 基于集雨系统的太阳能光伏提水温室滴灌发展模式[J]. 灌溉排水学报,2014(3):133-136.
- [3] 杜容熠. 太阳能光伏发电在农业温室补光系统中直流电的直接应用[J]. 现代农业科技,2010(22):234-236.
- [4] PARIDA B, INIYAN S, GOIC R. A review of solar photovoltaic technologies[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15(3):1625-1636.
- [5] 赵雪,邹志荣,许红军,等. 光伏日光温室夏季光环境及其对番茄生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013(12):93-99.
- [6] 赵雪,邹志荣. 光伏日光温室冬季发电效果初探[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(5):177-181.

- [7] 赵斌,汪树升,张文婷.不同结构的光伏温室经济效益对比分析[J].太阳能,2015(11):63-65.
- [8] 魏晓明,周长吉,丁小明,等.光伏发电温室的现状及技术前景研究[C].中国农业工程学会2011年学术年会论文集,2011.
- [9] 王新生.光伏日光温室在设施农业中的发展前景分析[J].山西水利,2015(1):20-21.
- [10] PEREZ-ALONSO J, PEREZ-GARCIA M, PASAMONTES-ROMERA M, et al. Performance analysis and neural modelling of a greenhouse integrated photovoltaic system[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2012(16):4675-4685.
- [11] 张淑杰,杨再强,陈艳秋,等.低温、弱光、高湿胁迫对日光温室番茄花期生理生化指标的影响[J].生态学杂志,2014,33(11):2995-3001.
- [12] 颀建明,郁继华,黄高宝,等.弱光或低温弱光下辣椒叶片类胡萝卜素含量与品种耐性的关系[J].中国农业科学,2010,43(19):4036-4044.
- [13] 徐小万,雷建军,罗少波,等.高温高湿对不同品种(系)现蕾期辣椒(*Capsicum annuum* L.)抗氧化性的影响[J].核农学报,2010,24(2):394-400.
- [14] 李天来.设施蔬菜栽培学[M].北京:中国农业出版社,2011:78-91.
- [15] 屈毅,宁铎,赖展翅,等.温室温度控制系统的神经网络PID控制[J].农业工程学报,2011,27(2):307-311.
- [16] 姜会飞,温德永.基于优化生长假设利用极端温度计算日积温的方法[J].中国农业大学学报,2013,18(2):116-123.
- [17] 黎贞发,王铁,宫志宏,等.基于物联网的日光温室低温灾害监测预警技术及应用[J].农业工程学报,2013,29(4):229-236.
- [18] 徐小万,曹必好,陈国菊,等.高温高湿对辣椒抗氧化系统的影响及不同品种抗氧化性差异研究[J].华北农学报,2008,23(1):81-86.
- [19] 张勇,邹志荣.高效可变采光倾角日光温室的结构及其性能研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(11):114-124.

Change of Winter Indoor Environment of Greenhouse of Different Photovoltaic Materials in Ningxia

YE Lin, LI Jianshe, ZHANG Guangdi, QI Zhenxia, XU Fan, ZHANG Xueyan

(School of Agriculture, Ningxia University/Facility Horticulture Engineering Technique Center of Ningxia/Research Center for Technological Innovation of Facility Horticulture Ningxia(Ningxia University), Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Amorphous silicon greenhouse, monocrystalline greenhouse, polysilicon greenhouse were used as research objects, and common glass greenhouse was used as the control. Greenhouse environment recorder was used to record the changes of illumination, temperature and humidity of the main environmental factors in the greenhouse in winter. In order to explore influence of different photovoltaic materials of greenhouse environment, screening photovoltaic greenhouse was suitable for Ningxia area climate characteristics and production facilities. The results showed that the light intensity and temperature of different PV materials showed as, common glass greenhouse > amorphous silicon greenhouse > monocrystalline greenhouse > polysilicon greenhouse; humidity size showed as, polysilicon greenhouse > monocrystalline greenhouse > amorphous silicon greenhouse > common glass greenhouse; the construction cost showed as, monocrystalline greenhouse > polysilicon greenhouse > amorphous silicon greenhouse > common glass greenhouse. In summary, from the perspective of production facilities, compared with monocrystalline greenhouse and polysilicon greenhouse, amorphous silicon greenhouse transmission rate was high, illumination, temperature decrease, increase of humidity range was small, light, temperature and humidity can ensure the basic needs of horticultural crops in greenhouse environment, and compared with monocrystalline greenhouse and polysilicon greenhouse. Amorphous silicon greenhouse low cost, compared with ordinary glass greenhouse and power generation, versatile, cost-effective. Therefore, amorphous silicon photovoltaic greenhouse suitable facilities of agricultural development requirements in Ningxia.

Keywords: photovoltaic; greenhouse; environment; Ningxia