



王天鹤,王晓祥,刘万达,等.新型日光温室内光照分布特点分析[J].黑龙江农业科学,2022(12):63-69.

新型日光温室内光照分布特点分析

王天鹤¹,王晓祥¹,刘万达¹,肖丽珍¹,王 禹¹,任爱华¹,韩继龙¹,王秀玲²

(1.黑龙江省农业科学院 园艺分院,黑龙江 哈尔滨 150069; 2.克东县农业技术推广中心土肥站,黑龙江 齐齐哈尔 164800)

摘要:为了解黑龙江地区一种新型温室的内部光照强度及其空间分布特点,采用对比分析法,对冬季温室内东西向不同区域、南北向不同位置和垂直不同高度的光照强度进行了研究。结果表明,上午温室内光照西部强于东部,中午东、中、西部光照强度接近,下午东部光照强于西部;光照从温室南部向北部逐渐减弱,50 cm 高度南北光照变化比较平稳;在 0~200 cm 高度,温室南部高处光照强于低处,温室北部低处光照强于高处,整体上表现为 100~150 cm 高度区域光照强于其他高度区域。地表光强始终低于其他高度。温室内部光照均匀度表现为 11:30 和 14:30 较高、10:30 和 13:30 较低的特点。温室设计时建议缩短防寒被收起时宽度,东西山墙及后墙使用反光保温材料;在温室使用时建议卷起全部二层膜,从而增加温室内光照强度。

关键词:日光温室;光照强度;光照均匀度

黑龙江地区冬季寒冷,光照时间短,严重制约了秋冬季节的农业发展。日光温室的使用可以为农作物的生长提供适宜的光照、温度和湿度环境,来抵御严寒。日光温室内太阳辐射量以及辐射空间分布状况是反映日光温室光环境的重要指标。近年来,对温室内光能特性的研究较多,但多集中在温室内一定高度的水平面和温室内某一截面上,如研究温室内 1.0 m 高度水平面的光照特性^[1-2],或研究温室内 1.5 m 高度水平面的光照特性^[3-8],李军^[9]虽然探究了不同温室的垂直光照,但仅在某一时间点进行了研究。在垂直高度上,刘彦辰^[10]研究了温室内一个位置的垂直光照;陈玉波等^[11]研究了温室内 0.5 和 1.0 m 两个高度的垂直光照;李彦荣等^[12]研究了 0.5 和 1.5 m 两个高度的垂直光照;高江林等^[13]在温室后部东西一个面上研究了 1.0、1.5 和 2.0 m 3 个高度的垂直光照;彭致功等^[14]研究了 0.1 和 2 m 3 个高度的垂直光照;冯祥元等^[15]研究了连栋温室垂直高度的光照强度变化。本研究选定温室内 0、0.5、1.0、1.5、2.0 m 5 个高度平面,东、中、西 3 个截面,南北 6 个截面,共计 90 个测试点,对温室不同方位进行光照强度测定,以期了解冬季温室内不同区域的光

照分布特点,为新型日光温室设计建造以及新型日光温室冬季作物生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验温室及基本结构

供试温室位于黑龙江省农业科学院园艺分院新型日光温室区(45°44'N,126°27'E),是黑龙江省目前生产中推广的主流温室结构之一。日光温室东西走向,长 30 m,宽 10 m,周围地势平坦,无遮挡。温室覆盖聚乙烯薄膜(盛赢科技发展有限公司,2019 年生产),外层覆盖保温被。温室脊高 5.3 m,后墙高 4.1 m,前屋面角 27°(图 1)。

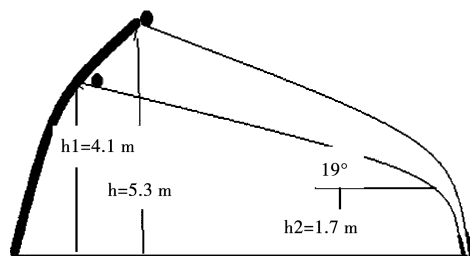


图 1 新型温室结构示意图

1.2 方法

1.2.1 测量位点选定 如图 2 所示,在温室内东西方向上设东、中、西 3 条线,分别在距东墙 5 m 处(N1)、温室中间处(N2)和距西墙 5 m 处(N3)。每条线上设 6 个点,6 个点分别距离温室前端(南端)8.5、7.0、5.5、4.0、2.5 和 1.0 m,分别记为 A 点、B 点、C 点、D 点、E 点、F 点。每个点垂直设 5 个测试点,高度分别为 0、50、100、150 和 200 cm,分别记为 A1、A2、A3、A4、A5……F1、F2、F3、F4、F5(图 3)。

收稿日期:2022-08-04

基金项目:黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX11)。

第一作者:王天鹤(1996—),女,硕士,研究实习员,从事苹果栽培与育种技术研究。E-mail:haaswth@126.com。

通信作者:王晓祥(1969—),男,硕士,研究员,从事梨育种与生物技术研究。E-mail:wangxiaoxiang9@126.com。

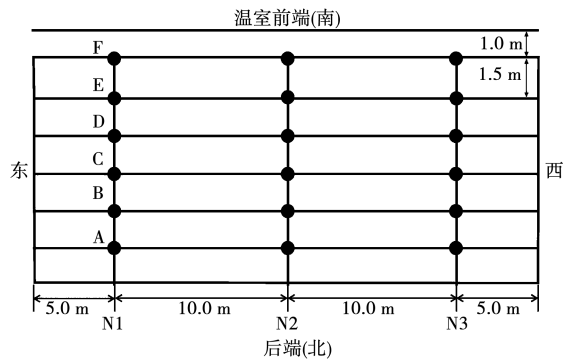


图2 光照强度测量点前后剖面示意图

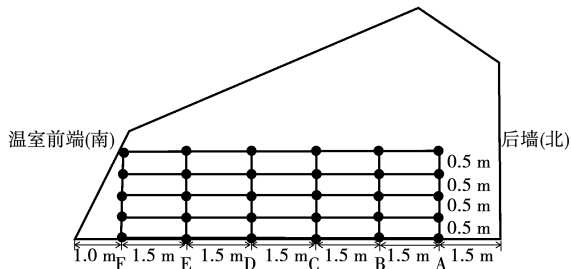


图3 光照强度测量点前后剖面示意图

1.2.2 试验时间及仪器 试验在2022年1月20日、22日和24日10:30温室开启通风窗后进行,均为典型晴朗天气。3次试验,取平均值。测量仪器为浙江托普仪器有限公司生产的DJL-18。光照均匀度计算公式:

$$\rho=1-\left(\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n(I_j-I_m)^2}{(n-1)}}\right)/I_m$$

式中, n 为测量点数; I_j 为第 j 个测量点的光照强度(lx); I_m 为温室内光照强度的平均值(lx)。

2 结果与分析

2.1 温室内东西向不同区域光照分布特点

2.1.1 温室内东西向光照强度日变化 如图4所示,上午温室西部光照强于东部。中午东、中、西部光照强度接近。下午东部光照强于西部。上午和下午的温室东西方向光照强度差异大,中午差异小。

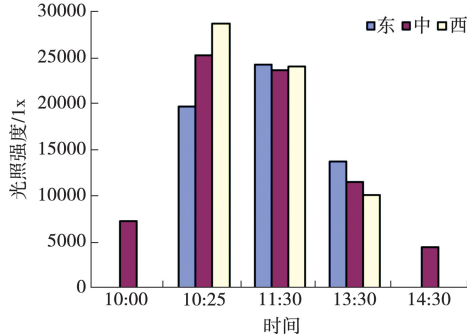


图4 温室内东、中、西不同区域光照强度日变化

2.1.2 温室内东西向不同区域在南北向的光照分布 如图5所示,整体上温室内A点到E点光照逐渐增强,从E点到F点逐渐减弱。最低点A点平均光强16 665.65 lx,最高点E点平均光强21 579.00 lx,A点低于E点22.77%。F点平均光强18 489.00 lx,由于近地处3个测试点(F1、F2、F3)受二层膜遮光影响以及地表测试点(F1)受围挡影响,致使F点光照强度低于最高点E点14.32%。温室东部光照强于中部和西部,其中东部C点光照最强,为23 337.60 lx。

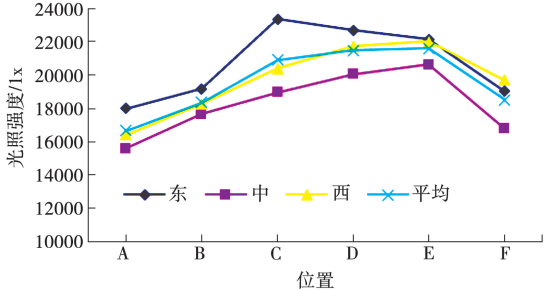


图5 温室内东、中、西不同区域南北向光照分布

2.1.3 温室内不同垂直高度截面在东西向的光照分布 如图6所示,温室东部和西部均表现为100和150 cm区域的光强高于其他区域,温室中部的50和150 cm高度的光强较高。无论东、中、西部,地表温度均显著低于其他高度,且其他高度截面间光照强度差异不大。

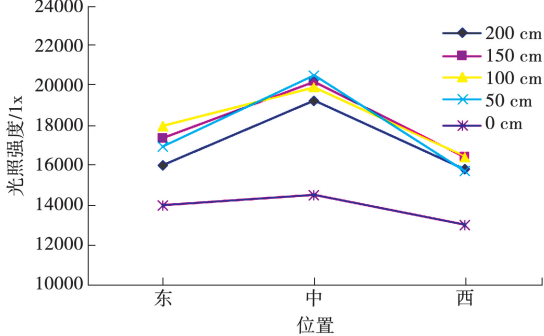


图6 温室内不同高度截面在东西向光照分布

2.2 温室内不同时间段不同垂直高度南北向截面光照分布变化

2.2.1 9:30的光照分布 如图7所示,温室内200 cm高度光强由A点向F点逐渐升高,50~150 cm高度光强从A点到E点逐渐升高,地表光强从A点到D点逐渐升高。受温室二层膜及前部围挡影响,地表光强从D点开始下降,下降至F点,且下降幅度明显;50~150 cm高度光强从E点至F点大幅下降;而200 cm高度没有受到遮挡,其F点光照强度高于其他位置。

0 cm 高度截面 A 点光强为最低点,为 2 885.00 lx, 低于最高点 D 点 66.3%;50 cm 高度截面 A 点光强最低,为 4 065.00 lx, 低于最高点 E 点 63.54%;100 cm 高度截面也是 A 点光强最低,为 3 520.00 lx, 低于最高点 E 点 69.6%;150 cm 高度截面 A 点光强最低,为 3 303.00 lx, 低于最高点 E 点 70.39%;200 cm 高度截面 A 点光强最低,为 2 720.00 lx, 低于最高点 F 点 80.04%。

可以看出,南北不同位置光照强度差异较大,其中 50 cm 高度截面的光强变化较小,200 cm 高度截面的光强变化较大。

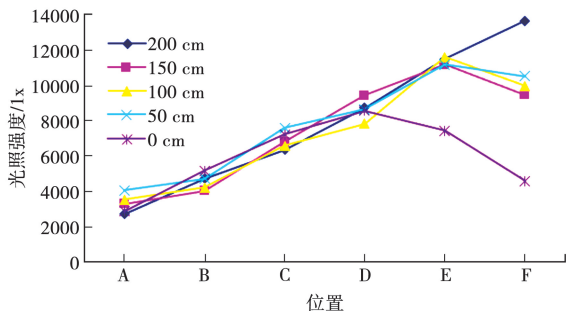


图 7 温室内 9:30 不同高度南北向截面的光照分布

2.2.2 10:30 的光照分布情况 如图 8 所示,除 200 cm 高度截面外,光照强度从 A 点到 F 点均表现为先逐渐升高后降低,但趋势各不相同。从 A 点至 C 点,50 和 100 cm 高度上光照强度高于其他高度,地表和 200 cm 的光强较低;C 点至 D 点,100 和 150 cm 的光强较高,地表光强明显低于其他高度;E 点 150 cm 高度截面的光强高于其他高度,地表光强低于其他高度;F 点由于受到二层膜及温室前部围挡的影响,150 cm 和地表处的光强迅速降低,其中地表光强明显低于其他高度。

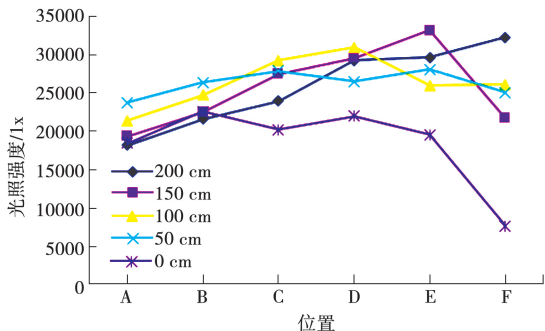


图 8 温室内 10:30 不同高度南北向截面的光照分布

0 cm 高度截面 F 点光照强度最低,为 7 616.00 lx, 低于最高点 B 点 66.26%;50 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 23 754.00 lx, 低于最高点 E 点 15.45%;100 cm 高度截面 A 点光照强度最低,

为低 21 378.00 lx, 低于最高点 D 点 30.88%;150 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 19 352.00 lx, 低于最高点 E 点 41.16%;200 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 18 194.00 lx, 低于最高点 F 点 43.59%。

可以看出,10:30 光照南北方向差异小于 9:30,50 cm 高度截面的光强南北变化最小。

2.2.3 11:30 的光照分布情况 如图 9 所示,从 A 点至 C 点,不同高度截面光强均逐渐升高;而后 100 cm 高度光强继续升高至 D 点,而其他高度均缓慢降低至 D 点;从 D 点至 F 点,200 cm 高度光强逐渐升高,地表和 100 cm 高度光强逐渐下降,50 和 150 cm 高度光强先上升后下降。F 点 0~150 cm 由于受二层膜及前部围挡影响,光强均下降,其中地表下降最为明显;而 F 点 200 cm 高度不受遮挡,光强最高。地表光强始终低于其他高度。

0 cm 高度截面 F 点光照强度最低,为 8 172.00 lx, 低于最高点 C 点 64.84%;50 cm 高度截面 B 点光照强度最低,为 23 270.30 lx, 低于最高点 C 点 13.4%;100 cm 高度截面 F 点光照强度最低,为 22 090.00 lx, 低于最高点 D 点 29.01%;150 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 22 153.00 lx, 低于最高点 C 点 19.35%;200 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 20 617.70 lx, 低于最高点 F 点 37.13%;可以看出,11:30 光照前后差异小于 10:30,50 cm 高度截面的光强南北方向变化较小。

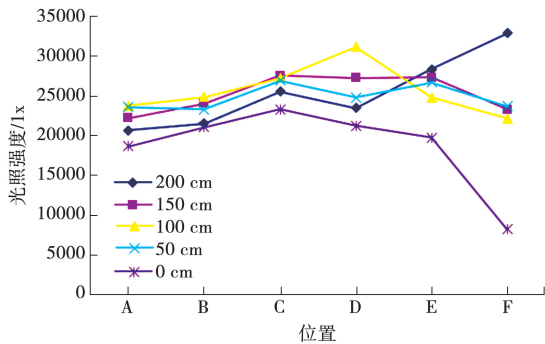


图 9 温室内 11:30 不同高度南北向截面的光照分布

2.2.4 13:30 的光照分布情况 如图 10 所示,除地表外,13:30 光照强度由 A 点向 E 点逐渐升高,F 点光强下降。在 A 点上 50 cm 高度截面的光强明显高于其他高度,其他高度光强在 50 cm 高度没有显著差异。B 点到 F 点的地表光强均显著低于其他高度。F 点高度由于受到二层膜和前部围挡影响,0~150 cm 高度光照强度低于 E 点,而 200 cm 高度光强与 E 点相差不大,且明显高于其他高度。

0 cm 高度截面 F 点光照强度最低,为 5 341.30 lx,低于最高点 E 点 39.82%;50 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 11 096.30 lx,低于最高点 E 点 19.39%;100 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 9 627.00 lx,低于最高点 E 点 34.3%;150 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 8 885.70 lx,低于最高点 E 点 42.17%;200 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 8 829.00 lx,低于最高点 E 点 51.6%。

可以看出,13:30 光照前后差异大于 11:30,50 cm 高度截面的光强南北变化较小。

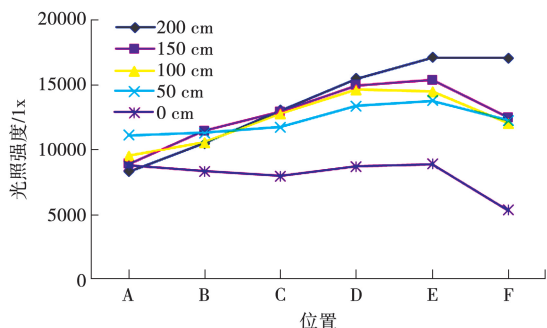


图 10 温室内 13:30 不同高度南北向截面的光照分布

2.2.5 14:30 的光照分布情况 如图 11 所示,温室内光照强度由 A 点向 E 点逐渐升高,F 点 0~150 cm 高度截面的光强低于 E 点,而 200 cm 高度截面的光强继续升高。从 A 点到 C 点,50 cm 高度截面的光强高于其他高度。从 C 点到 F 点,200 cm 高度截面的光强高于其他高度。除 A 点外,地表光强始终低于其他高度。F 点由于受到二层膜和围挡影响,0~150 cm 高度的光强降低,地表光强降低幅度最大,200 cm 高度光强明显高于其他高度。

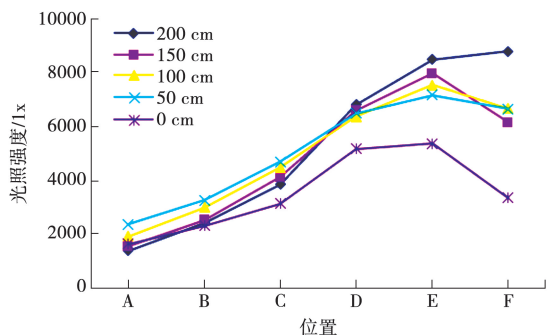


图 11 温室内 14:30 不同高度南北向截面的光照分布

0 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 1 635.00 lx,低于最高点 E 点 69.9%;50 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 2 359.00 lx,低于最高点 E 点 67.03%;100 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为

1 917.70 lx,低于最高点 E 点 74.5%;150 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 1 538.00 lx,低于最高点 E 点 80.68%;200 cm 高度截面 A 点光照强度最低,为 1 375.00 lx,低于最高点 F 点 84.31%;

可以看出,14:30 光照前后差异大于 13:30,50 cm 高度截面的光强南北变化较小。

2.2.6 温室内不同高度截面光强日变化 如图 12 所示,总体上,温室内光照强度在 9:30—10:30 快速升高,10:30—11:30 较为平缓,11:30—14:30 逐渐下降。地表光强始终低于其他高度光强。除地表外,其他高度光强间无明显差异。早晚时段,200 cm 高度光强较高于其他高度,10:30 时 50 cm 高度光强较高,中午 100 cm 高度光强较高。

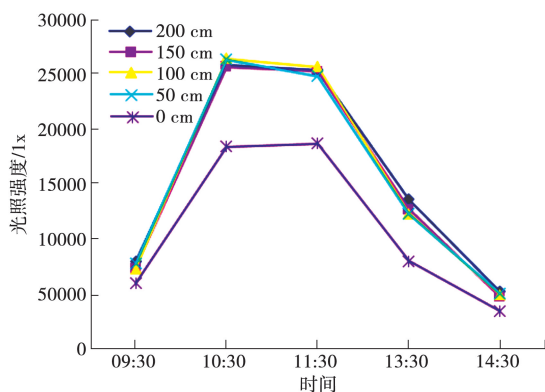


图 12 温室内不同高度南北向截面光照强度日变化

2.3 温室内南北向光照分布

2.3.1 不同高度 如图 13 所示,温室内整体平均光照由 A 点向 E 点逐渐升高,E 点到 F 点逐渐降低。其中地表和 100 cm 高度从 D 点开始下降,50 和 150 cm 高度从 E 点开始降低,200 cm 高度持续升高至 F 点。A 点至 C 点 50~100 cm 高度光照强度高于 150~200 cm。C 点至 D 点 100~150 cm 光照强度高于其他高度。D 点至 E 点 150~200 cm 光照强度较高。E 点至 F 点 200 cm 光照强度最高。地表光强始终低于其他高度。E~F 区域,除 200 cm (在 F 点达到最高)外,由于受二层膜及前部围挡影响,150 cm 以下光照均下降,其中地表下降最为明显,导致 F 点 200 cm 光照强度明显高于其他高度。其中 50 cm 高度截面的光照强度南北变化较小,且 A 至 C 点上 50 cm 高度光照较强,F 点受遮挡后光照强度下降幅度较小,说明在冬季本温室比较适合于矮冠作物生长。

2.3.2 不同时间 如图 14 所示,在 10:30—11:30 温室内光照强度较高,下午 13:30 光强下

降,到 14:30 光强持续下降,但 9:30 温室内光强高于 14:30 并低于 13:30。

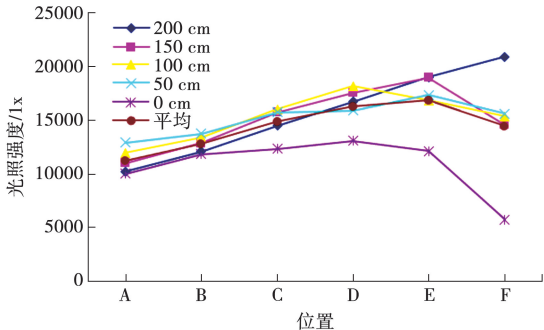


图 13 温室内南北向不同高度前后光照分布

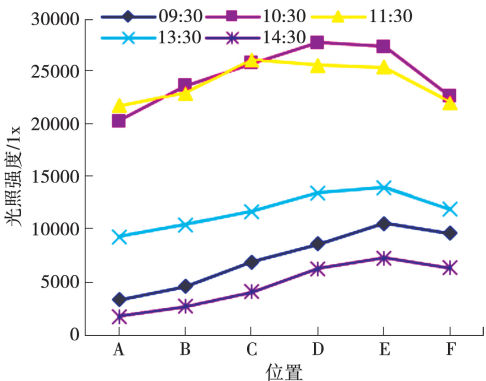


图 14 温室内南北向不同时间光照强度变化

2.3.3 不同位点 如图 15 所示,温室内整体上呈现上午光强逐渐升高,中午光强较为平稳,下午光强逐渐低。从温室南北方向上来看,C 点、D 点和 E 点的光照一天里始终较强,A 点光照始终较弱,F 点虽然早晚光照较强,但中午光强较弱。总的来说,早晚温室南侧光照较强,中午温室中部位置光照较强。

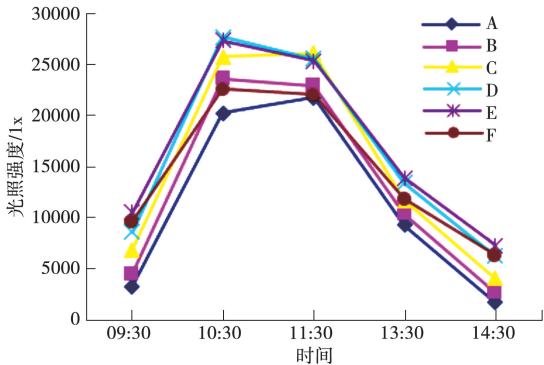


图 15 温室南北向不同位点光照强度日变化

2.4 温室内光照均匀度

2.4.1 温室内不同区域光照均匀度 如表 1 所示,在温室南北方向上,光照均匀度东、中、西均表现为中午高于早晚。在垂直方向上,光照均匀度表现为中午高、上下午降低,早晚更高。温室内东、中、西部在总光照均匀度上均表现为,中午高,早晚低。

表 1 温室内不同区域光照均匀度 单位: %

时间	前后均匀度			总均匀度			垂直均匀度		
	东	中	西	东	中	西	东	中	西
9:30	-	66.65	-	-	64.90	-	-	91.08	-
10:30	86.97	87.06	87.10	77.16	78.87	77.03	83.53	86.74	87.37
11:30	88.54	91.00	94.45	76.55	83.16	79.87	84.32	90.32	87.82
13:30	86.65	88.97	76.10	74.84	76.80	69.71	80.72	81.10	82.89
14:30	50.43	55.52	52.41	48.71	55.20	51.28	82.08	87.31	85.29

2.4.2 温室东西均匀度、总均匀度和垂直均匀度

如表 2 所示,光照均匀度在温室东西方向、垂直方向、总均匀度上,均表现为 11:30 较高,分别为 98.71%,88.10%和 87.63%;14:30 次之,分别为 94.12%,84.92%和 84.86%;10:30 和 13:30 东西均匀度、垂直均匀度和总均度均较低的特点。

表 2 温室内光照东西均匀度、总均匀度和垂直均匀度 单位: %

时间	东西均匀度	总均匀度	垂直均匀度
10:30	81.63	79.33	86.02
11:30	98.71	88.10	87.63
13:30	84.14	78.02	81.55
14:30	94.12	84.92	84.86

3 讨论

3.1 温室不同高度光照分布特点

许多学者研究认为温室内光强均表现为上部强于下部。李军^[9]通过在温室中部前、中、后不同高度(0,50,150 和 250 cm)设 12 个点,分析得出,光照的垂直分布规律是存在的,光照度随高度增高而增强,近地处较低,近棚膜处高。高江林等^[13]的研究表明,在垂直分布上,温室上部靠近塑料薄膜处光照较强,而下部靠近地面处光照较弱。而本研究表明,在 0~200 cm 高度范围内,温室内不同方位光照差别较大,并不都表现为上部高于下部,如供试温室后部为靠近地表区域较高,温室中

部为 100~150 cm 高度区域较好,温室前部为上部光照较好,分析认为,这与温室结构、材料以及所处地理位置有关,且供试温室前端有约 2 m 高二层膜无法卷起,导致温室前部近地部光能损失较大。

3.2 温室前后光照分布差异

孙潜^[3]、李彦荣等^[12]和高江林等^[13]研究均表明温室内前部和后部光照强度差异显著,前部远远好于后部。本研究结果与之一致,且分析认为,本试验温室后墙未做反光处理,导致损失了部分光能,以及温室上部 2 m 宽的抗寒被较为遮光,也造成了温室后部光能的损失。同时本研究结果表明,在不同高度上前后差异并不相同,在 50~200 cm 高度内,低处光照前后差异较小,高处差异较大。

彭致功等^[14]研究表明,温室内光照强度在不同高度间差异较大,南北向差异较小,但没有提供每层的光照强度,无法断定 0,1.0 和 2.0 m 光照高低,且没有说明不同高度、不同时间的具体光照情况及各点光照的高低。本研究的结果表明,太阳辐射南北向差异大于不同高度间差异,可能是试验所用测试点不同的缘故。

高江林等^[13]研究表明温室早晚中部光照好于前部,中午前部光照好于中部。这与本研究的结果基本一致。

4 结论

供试温室内不同方位,光照强度不同,并且随着太阳高度角、方位角变化,发生相应改变。一天中,温室内早晚 200 cm 处光强较高于其他高度,上午和下午光照强度随高度降低而降低,中午温室内 100 cm 处光强高于其他区域。地表光强显著低于其他高度。供试日光温室上午西部光照强于东部;中午东、中、西部光照强度接近;下午东部光照强于西部。上午和下午温室东西方向光照强度差异大,中午差异小;早晚温室光照前后差异较大,早晚前侧光照好于后部,中午是中部光照好于前后。

温室内光照从前向后逐渐减弱,在 0~200 cm 高度,后部下侧光照好,中部中间光照好,前部上

面光照好。温室整体上表现为 100~150 cm 区域光照好于其他高度区域,但在东、中、西部表现并不相同。温室后部光照 50 cm 高度最好,且 50 cm 高度温室前后光照变化比较平稳,向上、向下变化逐渐加大。说明在冬季本温室比较适合于矮冠作物生长,不适合冠层在 200 cm 左右的作物栽培。在温室东西方向、垂直方向、总均匀度上,光照均匀度均表现为 11:30 和 14:30 较高、10:30 和 13:30 较低的特点。

参考文献:

- [1] 杨微微. 新型装配式节能日光温室冬季环境因子变化规律的研究[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2015.
- [2] 孙周平,黄文永,李天来,等. 彩钢板保温装配式节能日光温室的温光性能[J]. 农业工程学报,2013,29(19):159-167.
- [3] 孙潜. 内保温日光温室温光性能的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2021.
- [4] 佟雪皎. 滑盖式节能日光温室太阳能水循环系统蓄放热效应解析[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [5] 李纯青. 不同结构类型日光温室光温环境性能研究[D]. 泰安:山东农业大学,2016.
- [6] 武莹,李建国. 典型季节大跨度非对称塑料大棚内温光性能分析[J]. 中国农业大学学报,2019,24(10):125-135.
- [7] 武莹. 新型大跨度非对称塑料大棚温光环境性能评价研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019.
- [8] 武莹,李建国,肖金鑫,等. 新型大跨度非对称塑料大棚内冬季温光变化特征研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(6):97-106.
- [9] 李军. 西北型节能日光温室光温环境研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2003.
- [10] 刘彦辰. 陕西关中地区不同结构日光温室光温环境分析[D]. 重庆:西南大学,2012.
- [11] 陈玉波,张学明,张鹏,等. 日光温室光温条件对立体栽培草莓的影响[J]. 中国果树,2017(5):49-51,57.
- [12] 李彦荣,阿拉帕提·塔依尔江,刘凯,等. 乌鲁木齐日光温室早春光温环境空间变化研究[J]. 中国蔬菜,2019(10):58-64.
- [13] 高江林,李灵芝. 晋中地区节能日光温室光照和温度特性研究[J]. 山西农业科学,2007(6):83-86.
- [14] 彭致功,段爱旺,郜庆炉. 节能日光温室光照强度的分布及其变化[J]. 干旱地区农业研究,2003(2):37-40.
- [15] 冯祥元,季立荣,俞天泉,等. 西北寒旱区不供暖连栋日光温室光温环境分析[J]. 现代农业科技,2010(19):214-217.

Analysis on Characteristics of Light Distribution Inside New Type Solar Greenhouse

WANG Tian-he¹, WANG Xiao-xiang¹, LIU Wan-da¹, XIAO Li-zhen¹, WANG Yu¹, REN Ai-hua¹,
HAN Ji-long¹, WANG Xiu-ling²

(1. Horticultural Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150069, China; 2. Soil Fertilizer
Station of Kedong County Agricultural Technology Extension Center, Qiqihar 164800, China)

Abstract: In order to explore the internal light intensity and spatial distribution of a new type of greenhouse in Heilongjiang Province in winter, a comparative analysis method was used to analyze the light intensity of different locations, including east, west, north, south and heights. This study was intended to provide a reference for the greenhouse crops production in winter. The results showed that the light in the west of the greenhouse in the morning was stronger than that in the east. The light intensity in the noon was similar among the east, middle and west. The light intensity in the afternoon was contrary to the morning. From the south to the north of the greenhouse, the light intensity was gradually going down, but there was a little change of the light at 50 cm above the ground. At 0-200 cm above the ground, the light in the south of the greenhouse at higher height was stronger than that at lower height, but the light in the north was opposite. The light at heights of 100-150 cm was stronger than other heights. The light intensity of ground was always lower than others. At 11:30 and 14:30, the illumination uniformity was higher than that at 10:30 and 13:30. It is recommended to shorten the width of the cold proof quilt when designing the greenhouse, and use reflective insulation materials for the east and west gable walls and back walls; It is recommended to roll up all the two-layer films to increase the light intensity in the greenhouse.

Keywords: sunlight greenhouse; illumination; illumination uniformity

(上接第 62 页)

Effects of Hydrothermal Carbonization of Peach Wood to Prepare Solid Carbon Fuel Based on Response Surface Methodology

LI Qiao-xiong, ZHAO Ji-yun, SUN Jing-ru, LIU Run-dong, FU Peng, LI Zhi-yu
(School of Agricultural Engineering and Food Science, Shandong University of Technology, Zibo 255000, China)

Abstract: In order to solve the problems of ecological environment and land occupation caused by waste mahogany branch biomass, the purpose of resource utilization of agricultural and forestry waste was achieved through the resource treatment of waste mahogany branches to improve their added value. In this paper, hydrothermal carbonization of mahogany branches under different hydrothermal conditions (temperature: 220-260 °C, initial pressure: 2-4 MPa, residence time: 1-2 h) were carried out. Three main factors, namely temperature, initial pressure and residence time, were optimized, and the hydrothermal carbon energy yield was studied and analyzed. The research results showed that the response surface model established by the Box-Behnken design of the Design-Expert software had a good fit ($P < 0.000 1$ for the regression model, and $P = 0.295 4$ for the lack of fit). The model equation is more reliable ($R^2 = 0.993$, $R_{Adj}^2 = 0.985$), the influence level of the three factors on the energy yield is; A temperature > C residence time > B initial pressure, and then using Design-Expert software to predict the optimal conditions for hydrothermal carbonization of peach branches as follows: A temperature = 220 °C, B initial pressure = 2.3 MPa, C residence time = 1 h, the energy yield can reach 53.57%. It indicates that the high retention of calorific value after hydrothermal carbonization is effective for solid fuels, and also explores the study of enhancing the performance of hydrothermal carbon fuels.

Keywords: waste peach branch biomass; hydrothermal carbonization; response surface; solid carbon fuel