

甘肃省节能日光温室采光设计的分析与探讨

宋明军, 郭晓冬

(甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 兰州 730070)

摘要: 分析探讨了甘肃省主要地区节能日光温室设计中的温室方位角、前屋面角和后屋面仰角的设计原理、依据、数学计算公式, 运用理论和实践相结合, 总结出甘肃省不同气候区的节能日光温室方位角、采光屋面角和后屋面仰角, 对甘肃省节能日光温室的标准化建造提供参考。

关键词: 甘肃省; 节能日光温室; 采光设计

中图分类号: S625.5⁺2(42) **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2005)05-0014-02

高效节能日光温室的引进、研究及推广应用为甘肃省农业产业结构调整、农村经济的发展, 特别是蔬菜产业的发展做出了巨大贡献。10多年来, 在各级政府及有关部门的积极引导下, 通过广大科技工作者的研究、提高和推广, 加上甘肃省大部分地区特别适合发展节能日光温室的自然条件, 甘肃省节能日光温室迅速地大面积发展。但是甘肃省地域狭长, 从南向北横跨数个气候区, 温室建设的结构参数不尽相同, 而甘肃省节能日光温室的发展, 很大部分是农民依据经验和相互模仿建造的, 温室采光设计缺乏科学合理标准, 希望通过科学的计算, 给出甘肃省主要地区建造节能日光温室采光参数, 为甘肃省节能日光温室规范建造提供依据。

1 甘肃省发展日光温室的气候区域划分

甘肃省节能日光温室发展较集中的地区, 将其分为四个气候区, 即河西平川灌区、中部沿黄灌区、泾渭河沿岸和陇南山区, 对各区有代表性的城市进行气象数据分析(表1)。河西地区和中部沿黄灌区光照条件好, 是甘肃省日光温室发展的最佳区域, 而东部泾渭河沿岸为日光温室发展的适宜区域, 陇南山区温度条件好, 但光照条件差, 是日光温室发展的次适宜区^[1]。

2 温室方位角

日光温室的方位角是指温室东西方向的法线与正南方向(当地子午线)的夹角。偏东方向取正值, 偏西方向取负值, 根据已有研究结果^[2], 日光温室的方位角每相差1°, 太阳直射时间出现的早晚相差约4 min(分钟), 如果某座日光温室偏西8°, 就比正南方位晚见到太阳直射光32 min(分钟), 温室的方位角决定着日光温室早晚见到太阳直射光的时间。

日光温室的方位角决定了日光温室采光开始和结束的时间。



第一作者简介: 宋明军, 1969年生, 1993年毕业于甘肃农业大学后分配到甘肃省农业科学院蔬菜研究所工作至今, 助理研究员, 硕士, 一直从事设施栽培及建造方面的工作, 共参加国家、省级等科研项目十余项, 其中获省科技进步三等奖1项、二等奖1项, 共获得国家专利4项, 其中作为第一设计人的3项, 第二设计人的1项。

收稿日期: 2005-05-14

表1 甘肃各地光照条件与国内地区比较

城市	11月		12月		1月		2月	
	日照时数	百分率	日照时数	百分率	日照时数	百分率	日照时数	百分率
北京	185.2	62	192.3	66	204.7	68	198.5	66
沈阳	159.7	56	155.8	55	169.9	58	184.7	62
西安	135.7	45	132.4	44	141.1	45	126.1	41
酒泉	227.1	76	208.6	72	219.0	74	211.5	70
武威	236.7	78	229.5	78	232.1	77	215.5	72
兰州	174.0	56	182.8	61	188.9	61	190.7	62
平凉	180.0	58	195.2	64	192.8	62	164.8	54
合作	209.9	68	215.5	71	205.1	66	189.0	62
武都	143.5	46	161.8	53	151.8	48	127.2	41
天水	133.4	43	151.0	50	144.2	46	128.4	42

间, 从而影响温室的全天采光时间。在理论上节能日光温室的建造方位偏东是有利的。据研究结果表明, 一般情况下, 绿色植物上午的光合作用最强, 如黄瓜有70%的光合产物, 甜瓜60%的光合产物是上午12:00以前制造的, 偏东方位的日光温室可以提前见到阳光, 提前揭毡, 相应延长作物上午的日照时间。但是就甘肃省而言, 由于属典型的大陆性气候, 地处西北内陆, 冬季严寒, 昼夜温差大, 早晨气温较低, 尤其是纬度较高的酒泉、张掖等市, 太阳高度角偏低。不加温的节能日光温室在严寒的冬季不能过早揭帘, 否则会造成低温冻害。偏东方位的优点无法利用。

表2 甘肃省主要地区气象条件

城市	纬度	最冷月平均温度(°C)	极端最低温度(°C)	最大冻土深度(cm)	30年最大风速及风向(m/s)	最大积雪深度(cm)
酒泉	39°46'	-8.9	-29.8	177	25.7NW	15
武威	38°37'	-8.0	-26.2	114	22.2WNNW	6
兰州	36°01'	-5.3	-19.7	98	16.0WNNW	9
平凉	35°33'	-4.6	-24.3	48	18.0NNW	14
合作	35°0'	-9.9	-27.9	142	20.3W	19
武都	33°24'	3.3	-8.6	13	19.0NE	11
天水	34°35'	-2.0	-17.4	90(37)	21.0SSE	17

根据表2所列的甘肃省各地的气候特点, 在冬季不是很冷, 且时间短的低纬度地区, 如天水、武都等地, 日光温室的方位角应向正南或南偏西5°以内。在以兰州为中心的中部沿黄灌区, 温室方位角应在南偏西5°左右。而在河西及甘南地区, 温室方位角应南偏西5°~8°, 最大不超过10°, 这样虽然迟20 min~30 min(分钟)左右见到直射光, 但是延长了温室午

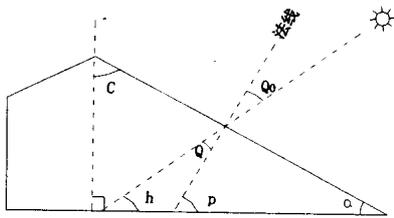
后的光照时间和采光量,有利于增加温室的蓄热量,提高温室的最低温度,利于夜间保温。

3 日光温室的采光屋面角

日光温室的采光屋面角是指温室屋脊顶点与温室前拱脚连线与水平地面之间的夹角^[3]。

3.1 温室前屋面角对采光的影响

日光温室的前屋面角决定着温室采光量的大小(见图),温室覆盖材料薄膜的透光率大小与光线的入射角度有关。根据已有的研究^[4],当入射角 $< 40^\circ$ 时,透光率较高且变化不大,透过率降低范围不超过5%;当入射角为 $40^\circ \sim 60^\circ$ 时透光率随入射角的变化较为明显;当入射角 $> 60^\circ$ 时,透光率随入射角增大急剧下降。因此,要保证日光温室有较高的采光性能,阳光入射角以 40° 为界值。由此可计算出日光温室理想采光屋面角、合理采光屋面角和合理采光时段屋面角。



温室屋面坡度与日光入射角的关系图

3.2 日光温室采光屋面角的计算

太阳光与节能日光温室前屋面所构成的入射角,是由太阳高度角和采光屋面角决定的。当温室前屋面与太阳高度角构成 90° 的投射角时,即入射角为 0° 时,称为理想屋面角。理想的屋面角在节能日光温室生产上并不实用,因为太阳高度角不断在变化,进行采光设计是以太阳高度角最小的冬至正午时,入射角 40° 为参数进行采光设计,得出合理采光屋面角。

合理采光屋面角计算公式:

$$\text{正午太阳高度角可由 } h = 90 - \varphi + \delta \quad (1)$$

表示(式中 φ 为测点纬度, δ 为太阳赤纬),冬至日正午太阳赤纬角为 -23.442° ,根据测点城市的纬度,就可计算出当地的太阳高度角 h 。研究上常以平均入射角 $\alpha < 40^\circ$ 以及当地冬至日 $8\text{h} \sim 16\text{h}$ (小时)太阳高度角的平均值作为屋面坡度的下限值。这两个参数由 $\alpha = 90 - \varphi_0 - h$ (2)

来计算(式中 φ_0 为正午时的入射角),计算出甘肃省不同纬度地区的日光温室合理采光屋面角 α ,根据张真和提出的合理采光时段理论,即要求中午前后 4h (小时)内(一般为 $10\text{h} \sim 14\text{h}$ (小时)时)太阳光的入射角都能在 40° 以内,在北纬 $32^\circ \sim 43^\circ$ 之间,要在合理采光屋面角的基础上增加 $9.1^\circ \sim 9.28^\circ$,即可求出合理采光时段屋面角(表3)。在甘肃省河西地区,冬春日照百分率高,光照充足,不一定必须达到合理时段屋面角,在合理屋面角的基础上,增加 $5^\circ \sim 7^\circ$ 即可提高温光性能,而在中部沿黄灌区和东部泾渭河地区,要在合理采光屋面角的基础上增加 $10^\circ \sim 12^\circ$ 实践应用效果更好。

4 日光温室后屋面仰角的确定

后屋面的投影长度要兼顾保温和采光两方面,投影太长,保温虽好,但采光不好;投影太短,采光虽好,但保温差。陈端生根据研究提出,后屋面投影长应为跨度长的 $0.2 \sim 0.25$ 倍,后屋面仰角为使冬季阳光能整日晒满后墙内侧,后屋面仰角

不可太小,至少应大于当地冬至正午的太阳高度角,保持在 $35^\circ \sim 45^\circ$ 之间。在甘肃省中部及东部地区,后屋面仰角可设计为 38° ,而在河西地区,在保证采光屋面角和后屋投影长度的基础上,后屋面仰角设计为 40° 以上。在实践中证实这样的设计是切实可行的,并取得良好的应用效果。

表3 甘肃省不同地区冬至日的太阳高度角及采光屋面角

城市	纬度	太阳高度角	理想屋面角	合理采光屋面角	合理采光时段屋面角
兰州	$36^\circ 01'$	30.55°	59.45°	19.45°	$28.55^\circ \sim 28.73^\circ$
武威	$38^\circ 37'$	28.19°	61.81°	21.81°	$30.91^\circ \sim 31.09^\circ$
酒泉	$39^\circ 46'$	27.10°	62.90°	22.90°	$32.00^\circ \sim 32.18^\circ$
平凉	$35^\circ 33'$	31.23°	58.77°	18.77°	$27.87^\circ \sim 28.05^\circ$
天水	$34^\circ 35'$	32.21°	57.79°	17.79°	$26.89^\circ \sim 27.07^\circ$
武都	$33^\circ 24'$	33.32°	56.68°	16.68°	$25.78^\circ \sim 25.96^\circ$
合作	$35^\circ 0'$	31.56°	58.44°	18.44°	$27.54^\circ \sim 27.72^\circ$

5 结论与讨论

根据以上分析的计算,甘肃省日光温室建造中,温室方位角可取 $0^\circ \sim 8^\circ$,最大不超过 10° 。温室前屋面角可根据表3给出的合理采光时段屋面角为设计依据,在实际生产中,根据各地日照百分率和光照强度不同,温室前屋面角度值可与合理采光时段屋面角相差 $\pm 2^\circ$ 。温室后屋面仰角可取 38° (中部及东部地区)或 40° 以上(河西地区)。

影响日光温室采光的因素还有温室骨架形状和材料、覆盖材料、温室采光面形状及墙体高度等,将在后续文章中进行分析和探讨。

参考文献:

- [1] 王捷,邱仲华,康永颖,等.甘肃省高效节能日光温室光热环境分析[J].西北农业学报,1996.
- [2] 李远哲,狄洪发.被动式太阳房的原理及设计[M].北京:能源出版社,1989.
- [3] 唐俊昌,邹志荣.高效节能日光温室生产技术大全[M].西安:西安地图出版社,2001.
- [4] 张福蔓.设施园艺栽培学[M].北京:中国农业大学出版社,2001.
- [5] 汪永钦,刘荣花.日光温室的光温利用和调控技术[J].河南:河南气象,1997.

园艺科技交流先导,助您事业再创新高 《西南园艺》杂志永远是你的朋友

邮发代号78-102,双月刊,单月15日出版,2006年每期4.0元,全年6期订价共24.00元。国际大16开本,大区级刊物,五大省级研究所合办,32年办刊经验。内容严谨,编排规范,被中国权威数据库全文收录。兼顾研究性、技术性,主要报道果树、蔬菜、园林花卉等领域的研究报告、新技术、新方法和实用技术。欢迎到全国各地邮政局所订阅,欢迎投稿和刊登广告信息。邮编:402260;地址:重庆江津市长城路,收件(款)入:《西南园艺》编辑部;联系电话:023-47572815;E-mail: cqxnny@163.com, cqxnny@yah00.com.cn