

# 基于太阳视轨迹的日光温室采光参数研究

火玉洁, 赖智峰

(榆中县农业技术推广中心, 甘肃 榆中 730100)

**摘 要:**基于太阳视运动轨迹,对甘肃地区的日光温室设计参数进行了量化研究,以期确定甘肃日光温室采光面数学模型标准参数,统一甘肃日光温室建造标准。

**关键词:**太阳视运动轨迹;日光温室;采光参数;甘肃

**中图分类号:**S 626.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2012)21-0042-02

日光温室主要用于冬春季果蔬生产,由于其完全依赖太阳光能,因此,日光温室的设计,应以当地实际太阳视运动轨迹为主要依据。由于各地的经纬度不同,太阳视运动轨迹亦不同,同时对太阳视轨迹的认识存在偏差,造成日光温室设计参数混乱,因此对日光温室设计参数进行量化研究,确定优化合理的日光温室相关参数,对统一日光温室建造标准具有重要意义。现针对甘肃省的实际,依据太阳视运动轨迹规律,对甘肃日光温室设计建造参数进行了具体量化分析。

## 1 日光温室方位角的确定

### 1.1 甘肃各地冬至日日出、日落方位角

温室方位角取决于冬至日(或冬至前后)当地实际日出、日落方位角,从日出方位角关系式  $\cos A = -\sin \delta / \cos \varphi$ ,即  $A = \arccos(-\sin \delta / \cos \varphi)$ ,可以求出各地冬至日出方位角,  $A$  为日出方位角(正南为  $0^\circ$ ),  $\delta$  为赤纬(冬至为  $-23.44^\circ$ ),  $\varphi$  为当地纬度。天水市地处北纬  $34.6^\circ$ ,冬至日出方位角为东偏南  $28.90^\circ$ ;兰州市地处北纬  $36.0^\circ$ ,冬至日出方位角为东偏南  $29.45^\circ$ ;武威市地处北纬  $37.9^\circ$ ,冬至日出方位角为东偏南  $30.27^\circ$ ;酒泉市地处北纬  $39.7^\circ$ ,冬至日出方位角为东偏南  $31.13^\circ$ 。

### 1.2 甘肃各地实际的日出、日落方位角

需要注意的是,上面求得的日出方位角只是理论值,即太阳高度角为  $0^\circ$  的方位角,事实上由于地形、空气污染和云雾等因素的影响,甘肃各地冬至实际能观测到的日出时刻比理论值(可以在天文日历查询)迟约 20 min,日落时刻比理论值早约 40 min,实际能观测到的日出、日落高度角在  $3^\circ$  以上,因此,冬至实际的日出、日落方位角比理论值偏南  $3^\circ \sim 6^\circ$ 。

### 1.3 甘肃太阳视运动轨迹方位角的变化

还需要注意的是,太阳视运动轨迹方位角的变化率并不是匀速运动,每年的不同日期差距较大,即方位角每变化  $1^\circ$  所用的时间不等。以兰州为例,5月29日太阳视运动方位角从南偏东  $45^\circ$  运行至南偏西  $45^\circ$  所用时间约为 2.0 h,而从西偏南  $20^\circ$  运行至西偏北  $20^\circ$  所用时间约为 4.0 h,即太阳方位角变化早晚速度慢,正午速度快,每小时相差 4 倍以上;11月27日太阳视运动方位角从南偏东  $30^\circ$  运行至南偏西  $30^\circ$  所用时间约为 4.5 h,则小于方位角 24 h 平均变化速率  $15^\circ/\text{h}$ 。甘肃其它地方与此相似。可以看出冬季太阳在正午前后停留的时间长(太阳方位角变化慢),夏季太阳在正午前后停留的时间短(太阳方位角变化快)。

### 1.4 日光温室方位角的确定

在日光温室生产实践中,冬至前后(12月至翌年1月),由于早晨寒冷,加之空气污染和云雾等因素的影响,实际揭帘时间比理论日出时刻晚 50 min,实际盖帘时间比理论日落时刻早 50 min。综上所述,日光温室方位角以东西延长,采光面向正南方向最佳,所谓的“抢阳”(南偏东)或“抢阴”(南偏西)在生产实践中是没有任何意义的,也是错误的。但是,同样在生产实践中也存在特殊情况,即如果规划建设日光温室的地形本身,方位角朝向在南偏东  $5^\circ$  至南偏西  $5^\circ$  之间,则可以按地形建造温室。

## 2 日光温室采光面角的确定

日光温室采光屋面角度的确定,主要取决于当地冬至日正午太阳高度角和温室棚膜的透光特性。首先要明确日光温室采光屋面角度的定义,日光温室采光屋面角度指的是温室采光面平均角度,即温室脊高与采光面水平投影比值的正切函数角,关系式为  $\tan A = H/L$ ,或  $A = \arctan(H/L)$ ,  $A$  为温室采光屋面平均角,简称采光角,  $H$  为温室脊高,  $L$  为采光面水平投影距离,简称前跨。由关系式  $A = 90^\circ - (90^\circ - \varphi + \delta) - 40^\circ + 6^\circ = \varphi +$

**第一作者简介:**火玉洁(1965-),男,甘肃榆中人,农艺师,现主要从事温室建造和温室花卉生产技术指导等工作。E-mail:nonghzh-km@163.com.

**收稿日期:**2012-07-17

$23.44^{\circ}-34^{\circ}=\varphi-10.56^{\circ}$ <sup>[1]</sup>, 得  $A=\varphi-10.56^{\circ}$ 。由甘肃各地的纬度可以得出当地温室的采光面角度, 如兰州市的采光面角度为  $36.0^{\circ}-10.56^{\circ}=25.44^{\circ}$ ; 武威市的采光面角度为  $37.9^{\circ}-10.56^{\circ}=27.34^{\circ}$ ; 酒泉市的采光面角度为  $39.7^{\circ}-10.56^{\circ}=29.14^{\circ}$ 。需要注意的是在日光温室生产建造实践中, 采光面设计要同时考虑当地气候、温室结构、建造成本、土地利用率、设施装备、方便管理、经济实用、生产效益、标准统一等整体因素, 因此其采光面角度有一定的范围, 实践证明其合理范围为  $25^{\circ}\sim 32^{\circ}$ , 因此天水市日光温室采光面角应与地处北纬  $36^{\circ}$  地区相一致, 考虑到统一日光温室建造标准的因素, 可以将北纬  $36^{\circ}$  地区的采光角定为  $25^{\circ}$ , 即北纬  $36^{\circ}$  以南地区的采光角均为  $25^{\circ}$ , 也可以将上述关系式改为  $A=\varphi-(10^{\circ}\sim 11^{\circ})$ 。综上所述, 甘肃省可以按照各地所处纬度, 划分为 3 个温室标准区域, 即北纬  $34^{\circ}\sim 36^{\circ}$  为 1 个区域, 温室建造采用一个标准, 采光角标准为  $25^{\circ}$ ; 北纬  $36^{\circ}\sim 38^{\circ}$  为 1 个区域, 温室建造采用一个标准, 采光角标准为  $27.3^{\circ}$ ; 北纬  $38^{\circ}\sim 40.5^{\circ}$  为 1 个区域, 温室建造采用一个标准, 采光角标准为  $29.6^{\circ}$ 。

### 3 日光温室采光面形状的确定

#### 3.1 日光温室控制高度设定

日光温室前屋面形状是温室设计的核心, 也可以说, 日光温室设计就是温室前屋面的设计。而且, 只有对温室采光面曲线进行具体的量化表述, 才能具体地指导生产实践, 同时, 温室采光面设计应该有一个统一的标准, 这样才能对温室建造进行具体地规范。从不同纬度冬季太阳视运动轨迹规律, 可以确定满足甘肃各地的采光面曲线。

首先, 对温室的前底角进行分析, 以距前底角水平距离 0.5 m 的高度为参照, 从有利温室前沿作物生长、提高土地利用率和方便作业等因素考虑, 应尽可能高; 而从整体采光、合理承载、便于电动卷帘机卷放、压紧棚膜、温室保温等因素考虑则低一些有利。生产实践证明以 0.7~0.8 m 为合理高度。模拟曲线的合理前底角在  $56^{\circ}\sim 65^{\circ}$  之间。需要注意的是前底角与纬度高低无关。

#### 3.2 日光温室脊高的设定

最高脊高的设定, 主要取决于墙体能方便建造所能

达到的高度, 近 6 a 来, 甘肃各地普遍利用挖掘机等机械建造温室墙体, 从生产实践看, 4.2 m 是墙体合理的高度, 这是因为, 超过 4.2 m 的高度, 则墙体建造成本显著增加, 而墙体偏低, 则土地利用率降低, 同样不经济。

#### 3.3 日光温室采光面曲线数学模型的建立

根据已经确立的温室采光角、温室控制高度、脊高等关键因子, 就可以模拟计算出甘肃日光温室采光角的最佳曲线。为了减少计算量, 可以利用 Excel 的计算功能进行模拟比较, 变量值(采光面水平投影距离)以 0.5 m 为单位, 计算结果值(相应高度)精确到 0.5 cm, 通过对抛物线、椭圆、圆等曲线及曲线组合进行计算机模拟计算比较, 以 2 个圆的相切组合最佳。2 个圆相切曲线具有最佳的力学结构, 同时能满足温室采光要求, 在这两方面都优于其它组合。但需要注意的是能满足甘肃日光温室要求, 最佳的 2 个圆组合的圆半径是固定的(圆半径单位为 m, 取整数), 即只有符合特定要求的 2 个圆, 才能组成最佳采光曲线。其采光面曲线数学表达式为  $(X_1-4.4)^2+(Y_1+2.37)^2=5^2$  和  $(X_2-9.5)^2+(Y_2+9.79)^2=14^2$ 。式中  $X$  为距温室前沿水平距离,  $Y$  为相应高度<sup>[2]</sup>。其中  $0\leq X_1<1.6$ ; 地处北纬  $34^{\circ}\sim 36^{\circ}$  地区,  $1.5<X_2\leq 9$ ; 地处北纬  $36^{\circ}\sim 38^{\circ}$  地区,  $1.5<X_2\leq 8$ ; 地处北纬  $38^{\circ}\sim 40.5^{\circ}$  地区,  $1.5<X_2\leq 7$ 。

通过计算得出该温室采光面曲线前底角(切线角)为  $61.7^{\circ}$ ; 距温室前底角 0.5 m 的高度为 0.76 m; 地处北纬  $34^{\circ}\sim 36^{\circ}$  地区, 温室前跨为 9 m, 平均采光角为  $25^{\circ}$ , 温室脊高为 4.2 m; 地处北纬  $36^{\circ}\sim 38^{\circ}$  地区, 温室前跨为 8 m, 平均采光角为  $27.3^{\circ}$ , 温室脊高为 4.13 m; 地处北纬  $38^{\circ}\sim 40.5^{\circ}$  地区, 温室前跨为 7 m, 平均采光角为  $29.6^{\circ}$ , 温室脊高为 3.98 m。可以看出, 该曲线与甘肃各地所要求的温室参数完全吻合。由此, 可以将该曲线作为甘肃日光温室建造的标准曲线, 它适用从陇南市西和县以北, 到酒泉市瓜州县以南的地区, 也几乎覆盖了甘肃省适宜建造日光温室的所有地区。

#### 参考文献

- [1] 傅连江, 樊鸿修. 高效节能日光温室蔬菜栽培[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993: 23-26.
- [2] 火玉洁, 李桃. 甘肃省日光温室采光面的设计[J]. 甘肃农业科技, 2011(9): 63-64.

## Lighting Parameters of the Sunlight Greenhouse Based on the Track of Sun Motion

HUO Yu-jie, LAI Zhi-feng

(Agricultural Technology Extension Center of Yuzhong County, Yuzhong, Gansu 730100)

**Abstract:** The design parameters of sunlight greenhouse based on the apparent track of the sun motion in Gansu were studied, and according to this, the mathematical model parameters of the lighting surface of sunlight greenhouse were determined and the standard of sunlight greenhouse in Gansu province were studied.

**Key words:** track of the sun motion; sunlight greenhouse; lighting parameters; Gansu province