

夏季不同结构塑料大棚的小气候特征

陈丹¹, 范万新², 梁萍¹, 梁运波¹, 李健¹

(1. 广西农业职业技术学院, 广西 南宁 530007; 2. 广西气候中心, 广西 南宁 530022)

[摘要] 【目的】研究夏季不同结构塑料大棚的小气候变化特征, 为指导农事生产及大棚管理提供科学依据。【方法】以大棚附近裸地为对照, 对单栋、三连栋、六连栋 3 种结构塑料大棚内外的夏季小气候进行了为期 14 d 的观测, 同时对晴天、阴天、多云 3 种典型天气状况下 3 种结构塑料大棚的小气候特征进行了分析。【结果】大棚相对照度为 54%~79%, 其值大小与大棚体积呈负相关; 棚内日平均气温增温 1.1~3.8 °C, 但晴天夜间单栋大棚气温会出现轻微的“温度逆转”现象; 棚内气温日较差高于棚外 4.0~10.2 °C; 0~20 cm 土层地温平均增温 1.6~3.4 °C; 棚内地温日较差大于棚外 2.6~13.9 °C, 其值大小与大棚体积呈负相关; 棚内日平均相对湿度低于棚外 1%~5%, 但全天各观测时次棚内减湿与增湿现象并存, 白天以减湿为主, 夜晚则出现增湿现象。通过数理分析, 建立了棚内外 150 cm 光照、气温、空气湿度的相关方程。【结论】夏季单栋、三连栋、六连栋 3 种不同结构塑料大棚小气候特征差异显著, 这种差异在晴天、阴天、多云天 3 种典型天气状况下并不相同。

[关键词] 塑料大棚; 大棚结构; 小气候特征; 夏季

[中图分类号] S625.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2008)11-0183-08

Microclimate characteristics of different structure plastic greenhouses in summer

CHEN Dan¹, FAN Wan-xin², LIANG Ping¹, LIANG Yun-bo¹, Li Jian¹

(1 Guangxi Agriculture Professional Technology Institute, Nanning, Guangxi 530007, China;

2 Guangxi Climate Center, Nanning, Guangxi 530022, China)

Abstract: 【Objective】 The changing microclimate characteristics were studied in summer different structured plastic greenhouses so as to provide scientific basis for the instruction of agricultural production and plastic greenhouse management. 【Method】 With the greenhouse nearby the bare land as the comparison, 14 day observation was made on the microclimate inside and outside single, Three-connected and Six-connected plastic green houses in summer, and the microclimate characteristics in fair, cloudy and overcast days were analyzed. 【Result】 The relative degree of illumination in the greenhouse was 54%—79%, and its value size and the greenhouse volume assumed counter-correlation. The average temperature inside increased 1.1—3.8 °C daily, but on cloudless days there was a slightly temperature reversal in the single greenhouse, 4.0—10.2 °C higher than that outside. The ground temperature increase was 1.6—3.4 °C in 0—20 cm soil layer. In the greenhouse the ground temperature was 2.6—13.9 °C higher than outside, and its value size and the greenhouse volume assumed counter-correlation. In the greenhouse the daily average relative humidity was 1%—5% lower than outside. The dehumidification and humidification phenomenon coexisted during the whole day observation with dehumidification at daytime and humidification at night.

* [收稿日期] 2007-12-05

[基金项目] 广西农业职业技术学院自然科学研究 2006 年立项重点课题(桂农职院发[2006]5 号)

[作者简介] 陈丹(1967—), 女, 广西玉林人, 讲师, 农艺师, 主要从事农业气象学及应用生态学研究。E-mail: ddan55@126.com

Through the mathematical analysis, a related equation was built about illumination, temperature and air humidity 150 cm inside and outside the greenhouse. 【Conclusion】 In single, three-connected, Six-connected plastic gresshouse microclimate characteristics were remarkably different on fair, cloudy, overcast days.

Key words: plastic greenhouse; structure of plastics greenhouse; microclimate characteristic; summer

塑料大棚是设施农业中最主要、最常见、最普及的结构形式。塑料大棚具有良好的增温效果及保温性能,为创造作物生长发育所需的小气候环境提供了可行性,更为反季节生产及获得优质高产农产品提供了技术保障。在生产实践中,人们对大棚的小气候特征了解甚少,对棚内种植的作物缺乏适应气象条件的最优选择,也缺乏对棚内小气候进行管理的依据,甚至因盲目担忧棚内夏季高温而放弃大棚种植,结果不仅造成气候资源的浪费,更难以获得理想的作物产量及品质。因此,研究塑料大棚小气候的变化特征,可为指导农事生产及大棚管理提供科学依据。目前,对不同结构大棚小气候特征的研究还比较少^[1-3]。为此,本研究对夏季不同结构塑料大棚的小气候特征进行了分析,并建立了棚内外气象要素的数理关系,旨在为大棚的设计与管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

小气候观测试验地点设在广西农业职业技术学院现代农业展示园,分别选取单栋塑料大棚(以下简称“单栋”)、三连栋塑料大棚(以下简称“三连栋”)、六连栋塑料大棚(以下简称“六连栋”)进行观测,同时以大棚附近裸地为对照。

供试大棚由广西农业职业技术学院八桂田园提供,棚架均为热镀锌钢材,采用日本无色长寿无滴薄膜。单栋跨度为 6 m,棚高 3 m,肩高 1.8 m,长 30 m,塑料膜厚 0.1 mm;三连栋跨度为 6 m,棚高 4.5 m,肩高 2.7 m,长 28 m,立柱开间 4 m,塑料膜厚 0.14 mm;六连栋跨度为 8 m,棚高 5 m,肩高 3 m,长 45 m,立柱开间 4 m,塑料膜厚 0.14 mm。棚四周离地 50 cm 处往上设 100 cm 高度的网状通风口。

1.2 方法

于 2006-07-09~07-24 进行观测,共计 14 d(其中 07-16,07-17 因封棚消毒暂停)。观测项目有:离地 20,100,150 cm 高度处温湿度;地下 0,5,10,15,20 cm 土层温度;150 cm 高度处光照度。观测时间为观测日 08:00~20:00(其中光照度观测时间为 08:00~18:00),每 2 h 观测 1 次,同时记录云量,并

对 150 cm 高度处的温湿度进行 24 h 连续记录。各时次观测在单栋、三连栋、六连栋及棚外裸地对照区同时进行,观测期大棚均无作物种植。试验设点、观测方法及数据整理均参考文献^[1-13]的方法进行。

在观测的 14 d 中,分别选取晴天(07-22~07-24)、多云(07-12,07-14,07-15)、阴天(07-09~07-11)3 种典型天气各 3 d,观测各大棚及裸地光照度、150 cm 高度处气温及各层地温^[6-9]。由于观测所得的 20,100 cm 高度处的气温与 150 cm 高度处的气温差异不显著,故本研究仅对 150 cm 高度处气温进行了分析。

2 结果与分析

2.1 不同结构塑料大棚光照度的比较

2.1.1 光照度的日变化 计算 14 d 测得的 08:00~18:00 裸地及不同结构塑料大棚内光照度的平均值,其结果见图 1。

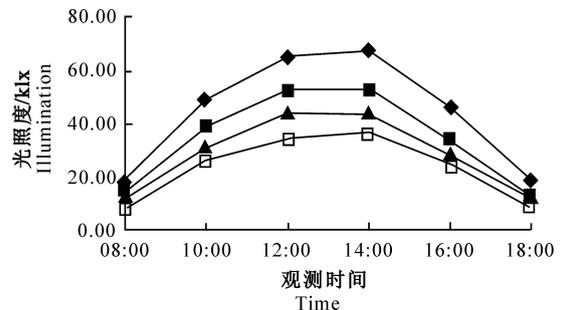


图 1 不同结构塑料大棚光照度的日变化
—◆—, 裸地; —■—, 单栋; —▲—, 三连栋; —□—, 六连栋
Fig. 1 Daily illuminance changes in different structured plastic greenhouses

—◆—, Bare land; —■—, Single; —▲—, Three-connected; —□—, Six-connected

由图 1 可知, 08:00~18:00 不同结构塑料大棚中的光照度以单栋最高, 三连栋次之, 六连栋最低, 表现为体积越大, 光照度越低, 但均低于大棚外的裸地。随着观测时间的延长, 不同结构塑料大棚及裸地的光照度均呈先增加后降低的变化趋势, 其中均以 12:00~14:00 时的光照度最高。

2.1.2 3 种典型天气状况下光照度的变化 在晴天、多云、阴天 3 种典型天气状况下, 对各结构塑料

大棚内 08:00~18:00 的光照度进行了测定与平均值计算,并与裸地相比计算了相对照度^[14],其结果见表 1。由表 1 可知:①不同天气对棚内的平均光照度有明显影响。在同一种大棚内,晴天的平均光照度较多云天气高 6~10 klx,多云天气较阴天高 15~21 klx。阴天各结构大棚内的平均光照度为 12~17 klx,且随大棚体积增加,平均光照度值降

低。②不同结构大棚相比,单栋的相对照度为 76%~79%,三连栋为 64%~68%,六连栋仅为 54%~55%,相对照度与体积成反相关。③3 种典型天气相比,晴天各结构大棚内的相对照度较大,阴天最小,但棚内外不同天气造成的相对照度差异不大,仅为 1%~4%。

表 1 3 种典型天气状况下不同结构塑料大棚内光照度的比较

Table 1 Illumination comparison in different structured plastic greenhouses on 3 kinds of typical weather

大棚类型 Type	晴天 Fair		多云 Cloudy		阴天 Overcast	
	平均光照度/klx Average illuminance	相对照度/% Relative illuminance	平均光照度/klx Average illuminance	相对照度/% Relative illuminance	平均光照度/klx Average illuminance	相对照度/% Relative illuminance
单栋 Single	46.51	78.88	37.25	77.78	16.58	75.53
三连栋 Three-connected	40.11	68.02	31.23	65.22	14.05	64.00
六连栋 Six-connected	32.69	55.44	26.16	54.63	11.96	54.48
裸地 Bare land	58.96	100.00	47.88	100.00	21.95	100.00

注:相对照度/%=(棚内光照度/裸地光照度)×100%。

Note: Relative illumination /%=(In greenhouse illuminance/Bare land illuminance)×100%.

2.1.3 不同结构塑料大棚内外光照度的相关性分析 根据测定的 14 d 光照度资料,建立了棚内光照度(y)与裸地自然光照度(x)的相关方程。由表 2 可知,棚内外光照度存在着一阶线性关系,可以用一

阶线性函数($y=a+bx$)进行拟合,两者之间的相关程度达到 94.6%~97.9%, $t_{0.01}$ 检验达极显著水平^[10-11]。

表 2 不同结构大棚内光照度(y)与棚外自然光照度(x)的相关分析

Table 2 Related analysis of illuminance inside (y) and natural illuminance outside (x) in different structured greenhouses

大棚类型 Type	相关方程 Related equation	相关系数 Correlation coefficient	样本 Sample	t	$t_{0.01}$	显著水平 Remarkable level
单栋 Single	$y=-1.295+0.792x$	0.979	84	43.108	2.637	极显著 Extremely remarkable
三连栋 Three-connected	$y=-0.126+0.643x$	0.946	84	26.488	2.637	极显著 Extremely remarkable
六连栋 Six-connected	$y=0.397+0.524x$	0.954	84	28.805	2.637	极显著 Extremely remarkable

2.2 不同结构塑料大棚内气温的比较

2.2.1 3 种典型天气状况下气温的日变化 3 种典型天气状况下,不同结构塑料大棚 150 cm 高度处气温的日变化如图 2 所示。由图 2 可知,晴天不同结构塑料大棚内气温的昼夜变化较大,气温波峰与波谷之间差值为 17~21 °C,棚外裸地为 10 °C,昼夜气温波动从大到小依次为单栋大棚、三连栋大棚、六连栋大棚,与大棚体积呈负相关。每天 06:00~16:00 气温迅速上升,以 14:00~16:00 气温最高;16:00~20:00 气温急剧下降,22:00~6:00 降温明显趋缓,于次日 06:00 前后气温达到最低;每天 10:00~18:00 各大棚增温明显,增幅达 3.9~10.1 °C,增幅与大棚体积呈负相关;22:00~6:00,三连栋与六连栋大棚增温不明显,增幅仅为 0.7~1.2 °C,六连栋大棚增温略高于三连栋,单栋大棚该时段则出现“温

度逆转”现象(特指棚内温度低于棚外的现象)^[12],差值为 0.2~1.1 °C,三连栋及六连栋大棚则无这种现象出现。究其原因,主要是由于 PE 薄膜的长波透过率达 80%,在夜间获得短波辐射极小的情况下,棚内大量热量通过 PE 薄膜以传导、长波辐射的方式迅速向外界散失^[13],并且单栋体积较小,热量存贮空间小。

由图 2 可见,多云天各大棚气温日变化趋势与晴天相似,但较晴天缓和,各大棚气温波峰与波谷之差达 14~16 °C,棚外为 9 °C,昼夜气温波动从大到小依次为单栋大棚、三连栋大棚和六连栋大棚,与大棚体积呈负相关。从每天的变化过程看,22:00~06:00 各大棚及裸地的气温均缓慢降低,但差异较小;06:00~14:00,气温迅速升高,于 14:00 时气温达到最高;16:00~20:00 气温迅速下降,早晨

4:00~6:00 气温最低;10:00~18:00 各大棚增温明显,8:00~16:00 各大棚增温小于晴天,增幅为 2.2~8.0 °C,增幅以三连栋稍高,单栋与六连栋接

近,但在 20:00~06:00 时单栋大棚出现轻微“温度逆转”现象,三连栋及六连栋则无这种现象出现。

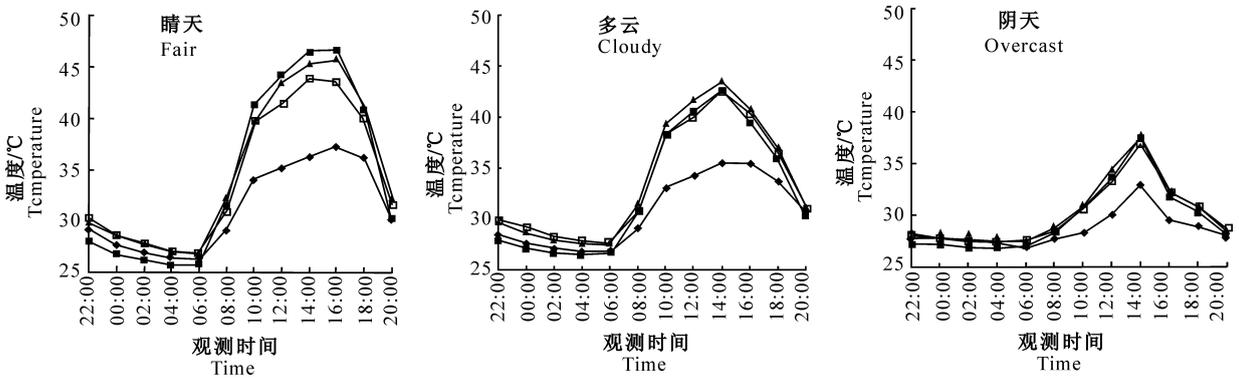


图 2 3 种典型天气下不同结构塑料大棚内气温的日变化

—◆—. 裸地;—■—. 单栋;—▲—. 三连栋;—□—. 六连栋

Fig. 2 Daily temperature changes inside the greenhouses on 3 typical weather

—◆—. Bare land; —■—. Single; —▲—. Three-connected; —□—. Six-connected

由图 2 可知,阴天各大棚气温日变化与晴天和多云天相似,但变化最为平缓,各处理气温波峰与波谷之差仍高达 10~11 °C,棚外为 6 °C,各大棚昼夜气温波动从大到小依次为单栋、三连栋、六连栋,与大棚体积大小也呈负相关。其变化过程为,22:00~06:00,各大棚及裸地的气温变化趋势相似,但差异不明显;06:00~14:00,各大棚及裸地气温迅速升高,于 14:00 时达到最高;14:00~20:00 气温迅速下降,早晨 04:00~06:00 前后气温降至最低;

08:00~16:00 各大棚增温较晴天和多云天小,增幅仅为 1.4~4.8 °C,增幅以三连栋稍高,单栋与六连栋接近,但在 22:00~04:00 时单栋大棚出现轻微的“温度逆转”现象,差值为 0.4~0.6 °C,三连栋及六连栋大棚则无这种现象出现。

2.2.2 气温极值与日较差的比较 3 种典型天气状况下,各结构大棚气温极值及日较差的统计结果如表 3 所示。

表 3 3 种典型天气状况下不同结构塑料大棚气温的比较

Table 3 Temperature comparison in different structured greenhouses on 3 typical weather

°C

大棚类型 Type	晴天 Fair					多云 Cloudy					阴天 Overcast				
	平均 气温 Average	增温 Incr eases	最高 气温 Highest	最低 气温 Lowest	日较差 Diur Nalrange	平均 气温 Average	增温 Increases	最高 气温 Highest	最低 气温 Lowest	日较差 Diurnal range	平均 气温 Average	增温 Increases	最高 气温 Highest	最低 气温 Lowest	日较差 Diur Nalrange
单栋 Single	34.1	2.9	46.9	25.5	21.4	32.7	2.0	46.4	26.0	20.4	29.6	1.1	37.8	26.8	11.0
三连栋 Three- connected	35.0	3.8	45.8	25.7	20.1	33.8	3.1	45.1	27.3	17.8	30.1	1.6	37.4	27.1	10.3
六连栋 Six-con- nected	34.3	3.1	46.0	27.1	18.9	33.5	2.8	46.0	27.1	18.9	29.9	1.4	37.7	27.0	10.7
裸地 Bareland	31.2	0.0	36.9	25.6	11.3	30.7	0.0	36.8	26.5	10.3	28.5	0.0	33.0	26.6	6.4

由表 3 可知:①3 种典型天气状况下,各大棚日平均气温较裸地增温均以晴天最优,为 2.9~3.8 °C;多云天次之,为 2.0~3.1 °C;阴天最小,为 1.1~1.6 °C。②3 种结构大棚中,平均气温增温效果均以三连栋大棚最优,增温达 1.6~3.8 °C;六连栋大棚其次,为 1.4~3.1 °C;单栋最小,为 1.1~2.9 °C。③3 种典型天气状况下,不同结构大棚日较差均明显高于裸地,晴天棚内日较差最大,多云天次之,这

两种天气下棚内日较差较棚外裸地高 7.5~10.1 °C,阴天棚内日较差最小,高于棚外裸地 3.9~4.7 °C。④3 种结构大棚最高和最低气温基本高于棚外,晴天与多云天各大棚内最高气温差异小于 2 °C,阴天各大棚最高气温差异小于 1 °C;但在晴天及多云天单栋最低气温均低于棚外 0.1~0.5 °C,出现轻微的“温度逆转”现象。

2.2.3 不同结构塑料大棚内外气温的相关性分析

根据 14 d 的气温资料,建立了棚内气温(y)与裸地气温(x)的相关方程(表 4)。由表 4 可知,棚内外气温存在着一阶线性关系,可以用一阶线性函数

($y=a+bx$)形式进行拟合,两者之间的相关程度达到 95.6%~97.1%, $t_{0.01}$ 检验达极显著水平。

表 4 不同结构塑料大棚内的气温(y)与裸地气温(x)的相关分析

Table 4 Related analysis of temperature (y) in different structured plastic greenhouses and bare land temperature (x)

大棚类型 Type	相关方程 Related equation	相关系数 Correlation coefficient	样本 Sample	t	$t_{0.01}$	显著水平 Remarkable level
单栋 Single	$y=-20.218+1.750x$	0.956	168	41.898	2.606	极显著 Extremely remarkable
三连栋 Three-connected	$y=-18.263+1.705x$	0.968	168	49.445	2.606	极显著 Extremely remarkable
六连栋 Six-connected	$y=-13.350+1.523x$	0.971	168	51.930	2.606	极显著 Extremely remarkable

2.3 不同结构塑料大棚地温的比较

测数据,统计了不同土层地温的平均值、平均增温值,其结果见表 5,其中增温幅度为各观测时次棚内地温值减去棚外裸地地温值的日变化范围。

2.3.1 3 种典型天气状况下各土层地温的比较

根据 3 种典型天气状况下 08:00~20:00 的地温观

表 5 3 种典型天气状况下不同结构塑料大棚地温的比较

Table 5 Ground temperature comparison in different structured plastic greenhouses on 3 kinds of typical weather

天气 Weather	土层 深度/cm Soil layer depth	裸地的 平均温度 Average temperature of bare land	六连栋 Six-connected			单栋 Single			三连栋 Three-connected		
			平均温度 Average temperature	平均增温 Average temperature increase	增温幅度 Temperature increases the scope	平均温度 Average temperature	平均增温 Average temperature increase	增温幅度 Temperature increases the scope	平均温度 Average temperature	平均增温 Average temperature increase	增温幅度 Temperature increases the scope
晴天 Fair	0	36.6	45.2	8.6	1.7~16.3	44.3	7.7	3.5~11.8	38.6	2.0	0.8~4.0
	5	32.8	36.8	4.0	3.3~4.8	36.7	3.9	3.1~4.7	33.4	0.6	-1.2~2.1
	10	32.0	35.5	3.5	2.7~4.1	35.6	3.6	2.6~4.6	32.9	0.9	-0.3~2.3
	15	31.3	34.0	2.7	2.1~3.0	34.8	3.5	2.4~4.6	32.6	1.3	0.8~1.9
	20	31.1	33.3	2.2	1.6~2.8	34.4	3.3	2.5~4.5	32.5	1.4	1.0~1.8
多云 Cloudy	0	34.1	41.6	7.5	1.2~15.7	39.6	5.5	1.8~10.0	37.5	3.4	1.5~5.2
	5	31.8	35.0	3.2	2.3~4.2	35.3	3.5	2.5~4.2	33.0	1.2	0.5~1.9
	10	31.3	33.8	2.5	2.0~3.0	34.2	2.9	2.1~3.8	32.5	1.2	0.1~2.4
	15	30.7	32.6	1.9	1.6~2.2	33.4	2.7	2.0~3.6	32.1	1.4	1.0~1.8
	20	30.4	32.3	1.9	1.6~2.0	33.2	2.8	1.8~3.7	32.3	1.9	1.4~2.2
阴天 Overcast	0	30.2	34.4	4.2	1.8~8.9	32.1	1.9	1.3~1.9	32.3	2.1	1.3~2.9
	5	29.5	31.6	2.1	1.7~2.7	32.0	2.5	1.6~3.8	30.7	1.2	0.2~1.9
	10	29.4	31.0	1.6	1.4~2.0	32.0	2.6	1.2~4.2	30.6	1.2	0.1~1.7
	15	29.1	30.6	1.5	1.1~1.8	31.7	2.6	1.8~3.2	30.4	1.3	0.8~1.5
	20	29.1	30.6	1.5	1.0~1.8	31.8	2.6	2.0~3.2	30.3	1.4	1.0~1.5
平均 Average				3.3			3.4		1.6		

由表 5 可知,塑料大棚对地温的增温效应,因大棚结构及天气的不同而存在较大差异。具体表现为:①在 3 种典型天气条件下,各结构大棚内外地温的垂直分布均表现为日射型^[15]。②在 3 种典型天气条件下,单栋与三连栋大棚 0~20 cm 土层地温的平均增温效果较为接近,为 3.3~3.4 °C,六连栋较小,仅为 1.6 °C;各土层中表面土层的增温效果以单栋与三连栋在晴天和多云天时最为突出,达 5.5~8.6 °C,六连栋大棚晴天和多云天及其他两种结构

大棚阴天的平均增温幅度则相对较小,为 1.9~4.2 °C;晴天六连栋大棚 5~10 cm 土层地温,在温度较高的 12:00~16:00 出现轻微的“温度逆转”现象,棚内较棚外低 0.3~1.2 °C,出现这种降温效应的主要原因是由于薄膜对太阳辐射的直接遮蔽作用,使棚内在有太阳直接辐射的观测时段土温升温缓慢;加之六连栋空间较大,太阳辐射传递到地面的时间有滞后效应所致。③各大棚增温幅度以表面土层最大,其他各土层的增温幅度基本上随土层深度的增

加而减小;晴天时以单栋大棚表面土层的增温效果最为突出,增温幅度最高时较棚外裸地高 16.3 °C,即使在多云天气,增温最高时仍比棚外高 15.7 °C;各大棚表面土层地温以温度较高的 12:00~16:00 时增温幅度较大,其他土层则以夜间增温幅度较大。

2.3.2 3 种典型天气条件下 0 cm 地温极值与日较差的比较 ①棚内外最高温度的差异。由表 6 可知,单栋与三连栋大棚晴天与多云天棚内最高地温高达 56.2~63.7 °C,棚内最高地温高于棚外 12.4~16.0 °C;阴天最高地温也达 45.6~47.3 °C,高于棚外 7.5~9.2 °C。在 3 种典型天气条件下,六连栋最高地温为 41.7~53.7 °C,仅高于棚外 3.6~6.0 °C。

表 6 3 种典型天气状况下不同结构塑料大棚 0 cm 地温极端值的比较

Table 6 Extreme ground temperature comparison in the surface soil layer (0 cm) in different structured plastic greenhouses on 3 kinds of typical weather

大棚类型 Type	晴天 Fine			多云 Cloudy day			阴天 Overcast day		
	最高地温 Highest	最低地温 Lowest	日较差 Diurnal range	最高地温 Highest	最低地温 Lowest	日较差 Diurnal range	最高地温 Highest	最低地温 Lowest	日较差 Diurnal range
裸地 Bare land	47.7	25.7	22.0	43.8	26.5	17.3	38.1	26.7	11.4
单栋 Single	63.7	27.8	35.9	58.5	27.9	30.6	47.3	27.7	19.6
三连栋 Three-connected	61.5	28.7	32.8	56.2	28.7	27.5	45.6	28.1	17.5
六连栋 Six-connected	53.7	27.7	26.0	49.2	28.2	21.0	41.7	27.7	14.0

2.4 不同结构塑料大棚内空气湿度的比较

2.4.1 不同天气状况下大棚内外相对湿度的比较

由表 7 可知,3 种天气条件下各种结构大棚内的日平均相对湿度均较棚外低 1%~5%,这与棚内增温效应有关,因为在一般情况下,相对湿度随温度升高而下降,反之亦然^[16]。08:00~18:00,棚内相对湿度明显低于棚外,在晴天与多云天气条件下,大棚体积越小,棚内相对湿度越低。10:00~12:00,晴天与多云天气时 3 种结构塑料大棚内外相对湿度的最

②棚内外最低温度的差异。由表 6 可知,各种结构大棚内最低地温与棚外的差异幅度明显小于棚内外最高地温的差异,差异值仅为 1.0~3.0 °C;3 种典型天气相比,差异值大小依次为晴天>多云>阴天;3 种结构塑料大棚相比,差异值以三连栋稍大,其他 2 种大棚基本相近。③棚内外日较差的差异。由表 6 可知,3 种结构大棚内的日较差均大于棚外,棚内日较差值与大棚体积呈负相关,晴天与多云天单栋与三连栋棚内外日较差差异值高达 10.2~13.9 °C,阴天也高于棚外 6.1~8.2 °C,而六连栋棚内外差异则较小,仅为 2.6~4.0 °C;3 种天气相比,差异值大小依次为晴天>多云>阴天。

大差异达 13%~18%,而阴天这种差异较小,仅为 6%~9%。但并非全天各时段棚内相对湿度均低于棚外,在夜间气温较低的时段,出现棚内相对湿度高于棚外的现象,这种现象在晴天及多云天表现得尤为明显,特别是在容易出现“温度逆转”现象的单栋大棚,其棚内 22:00~02:00 的相对湿度较棚外高 7%,而阴天夜间出现棚内相对湿度高于棚外现象的时间较短,且差异仅为 1%。

表 7 3 种典型天气状况下不同结构塑料大棚内外相对湿度的比较

Table 7 Relative humidity comparison inside and outside different structured plastic greenhouses on 3 kinds of typical weather

天气 Weather	处理 Treatment	测定时间 Hour of observation												平均 Average
		22:00	00:00	02:00	04:00	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	
晴天 Fair	裸地 Bare land	82	88	90	93	95	85	65	56	51	47	48	80	73
	单栋 Single	89	95	97	95	96	77	47	41	41	37	45	80	70
	三连栋 Three-connect- ed	89	90	92	93	93	79	55	41	40	40	47	81	70
	六连栋 Six-connected	85	91	94	94	94	81	58	50	47	42	46	80	72

续表 7 Continued table 7

天气 Weather	处理 Treatment	测定时间 Hour of observation												平均 Average
		22:00	00:00	02:00	04:00	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	
多云 Cloudy	裸地 Bare land	85	89	92	93	94	85	73	67	61	60	73	76	79
	单栋 Single	89	93	95	95	95	81	56	56	52	56	71	80	77
	三连栋 Three-connect- ed	84	87	89	91	93	81	58	54	52	55	67	78	75
	六连栋 Six-connected	86	89	94	93	93	81	60	58	50	54	69	78	74
阴天 Overcast	裸地 Bare land	95	95	96	96	96	93	92	85	73	86	86	89	90
	单栋 Single	95	96	97	97	97	92	87	76	64	80	82	89	88
	三连栋 Three-connect- ed	94	94	95	97	95	92	87	80	67	84	85	90	88
	六连栋 Six-connected	93	93	94	95	95	92	87	79	67	80	83	90	87

2.4.2 不同结构塑料大棚内外相对湿度的相关性分析 根据 14 d 的相对湿度资料,建立了棚内相对湿度(y)与裸地相对湿度(x)的相关方程。由表 8 可知,棚内外相对湿度存在着一阶线性相关关系,可

以用一阶线性函数($y=a+bx$)进行拟合,两者之间的相关程度达到 94.9%~97.1%, $t_{0.01}$ 检验达极显著水平。

表 8 不同结构塑料大棚内空气湿度(y)与裸地空气湿度(x)的相关分析Table 8 Related analysis of relative humidity (y) in different structured plastic greenhouses and relative humidity (x) of bare land

大棚类型 Type	相关方程 Related equation	相关系数 Correlation coefficient	样本 Sample	t	$t_{0.01}$	显著水平 Remarkable level
单栋 Single	$y=-20.738+1.2478x$	0.949	168	38.958	2.606	极显著 Extremely remarkable
三连栋 Three-connected	$y=-17.091+1.1824x$	0.955	168	41.564	2.606	极显著 Extremely remarkable
六连栋 Six-connected	$y=-10.105+1.0930x$	0.971	168	52.529	2.606	极显著 Extremely remarkable

3 结 论

1) 棚内平均照度与相对照度均与大棚体积呈负相关。不同结构棚内相对照度差异明显,3 种结构塑料大棚存在 10% 的较大级差,单栋的相对照度为 76%~79%,而六连栋的相对照度仅为 54%~55%;不同天气条件下棚内平均照度差异显著,3 种结构大棚晴天的平均照度达 33~47 klx,而阴天仅有 12~17 klx,光照度明显降低。

2) 3 种结构塑料大棚均具增温效应,日平均增温 1.1~3.8 °C,增温效果以三连栋最大,其次是六连栋,单栋大棚增温效应最小,但晴天夜间 22:00~06:00 时单栋大棚有“温度逆转”现象出现。

3) 3 种结构塑料大棚 5 个观测深度的地温平均增温效果,表现为单栋与三连栋极为接近,为 3.3~3.4 °C,六连栋较小,仅为 1.6 °C;3 种结构大棚内地温日较差值与大棚体积呈负相关,日较差值高于棚外 2.6~13.9 °C,其中以单栋与三连栋大棚晴天与多云天气时的日较差较大,六连栋较小。

4) 3 种典型天气条件下,各种结构棚内的日平均相对湿度均低于棚外 1%~5%,但这种差异在各时次分布极不均匀。日间 08:00~18:00,棚内的相对湿度明显低于棚外,在晴天与多云天气条件下,3 种结构塑料大棚内外相对湿度的最大差异达 13%~18%,且大棚体积越小,相对湿度值也越小;阴天这种差异较小,仅为 6%~9%。在夜间气温较低的时段内,会出现棚内相对湿度高于棚外的现象,尤其是在容易出现“温度逆转”现象的单栋大棚,其差值最大可达 7%。

5) 大棚内外 150 cm 高度处的光、温、湿 3 要素具有较好的线性相关关系,拟合函数在 $t_{0.01}$ 检验下均达到极显著水平,通过拟合方程,可用棚外的光、温、湿观测数据,推算不同结构棚内的光、温、湿值,该研究成果具有一定的实际意义。

4 措施与建议

棚内相对照度低,固然与塑料膜的遮光能力有关,也与膜老化及灰尘积累有关,故在生产上应注意

定期清洁棚膜或者更换新的、透光率强的覆盖材料,对体积较大的连栋大棚,要注意缩短这种处理周期,以有效提高棚内的透光率,另外还应注意选配适宜的需光品种。不同结构塑料大棚的气温日较差均显著高于裸地,有利于作物有机物质的积累及品质的提高,但最高气温在不同天气状况下均高于作物生长的最适宜温度(30 ℃)的上限,在晴天及多云天气,棚内的最高气温甚至较作物生长的最高温度(40 ℃)高5~7 ℃,对作物生长不利^[16],这种作用在晴天表现得尤为突出,且以体积较大的大棚大于体积小的大棚。针对这种情况,在农业生产上要注意选种耐热品种,且应注意做好高温时段的通风降温。夏季单栋大棚晴夜出现的“温度逆转”现象,有利于提高棚内的日较差,对作物生长较为有利。

本研究提供了不同结构大棚小气候特征的基本数据,农业工作者可根据这些数据合理安排作物种植结构,并根据作物生长需要,进行必要的小气候的调控与管理。

[参考文献]

- [1] 李 军,杨秋珍,吴元中.非加温型四连栋塑料温室内外温湿度关系研究[J].气象,2005,31(8):22-24.
Li J, Yang Q Z, Wu Y Z, et al. Inside and outside non-warming Four-endless-plastic canopies greenhouses temperature humidity relations research [J]. Meteorology, 2005, 31(8): 22-24. (in Chinese)
- [2] 徐师华.蔬菜栽培设施内的小气候观测[J].中国蔬菜,2002(1):54-56.
Xu S H, In vegetable growing facility microclimate observation [J]. China Vegetables, 2002(1): 54-56. (in Chinese)
- [3] 范万新,陈 丹.建立温室大棚小气候观测[J].广西农学报,2002(6):16-19.
Fan W X, Chen D. Establishes the greenhouse big awning microclimate observation [J]. Guangxi Agriculture Journal, 2002(6): 16-19. (in Chinese)
- [4] 国家气象局.农业气象观测规范:下卷[M].北京:气象出版社,1993:128-188.
National weather service. Agrometeorological observation standard: Last volume [M]. Beijing: Meteorological Publishing House, 1993: 128-188. (in Chinese)
- [5] 钱妙芬,潘 永.塑料遮阳网大棚小气候观测与分析[J].成都信息工程学院,2001,16(2):105-109.
Qian M F, Pan Y. Plastic visor net big awning microclimate observation and analysis [J]. Chengdu Information Engineering Institute Journal, 2001, 16(2): 105-109. (in Chinese)
- [6] 肖深根,刘志敏,宋 勇,等.长沙地区春夏之交塑料大棚内温度和光照的动态变化[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2002,28(10):408-410.
Xiao S G, Liu Z M, Song Y, et al. A study on variation of temperature and illumination in Plastic-Covered shed in Changsha at the turn from spring to summer [J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences Edition, 2002, 28(10): 408-410. (in Chinese)
- [7] 王 鹏,李卫欣,孙永涛,等.连栋塑料温室光温环境特征分析[J].北方园艺,2005(1):18-19.
Wang P, Li W X, Sun Y T, et al. Including plastic greenhouse illuminance warm environment characteristic analysis [J]. North Gardening, 2005(1): 18-19. (in Chinese)
- [8] 王 军,孙兴祥,曹 坚,等.大棚多层覆盖小气候效应研究初报[J].江苏农业科学,2002(1):47-48.
Wang J, Sun X X, Cao J, et al. The big awning multiple coverage microclimate effect at the beginning of research reports [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2002(1): 47-48. (in Chinese)
- [9] 魏瑞江,王西平,常桂荣,等.连阴天气塑料日光温室内外温度的关系及调控[J].中国农业气象,2001,22(3):24-27.
Wei R J, Wang X P, Chang G R, et al. The continuous cloudy weather is mad inside and outside the plastic sunlight greenhouse the temperature relations and the regulation [J]. Chinese Agriculture Meteorology, 2001, 22(3): 24-27. (in Chinese)
- [10] 崔学明,闫 洁,姚贵平,等.呼和浩特市几种蔬菜棚室光温分析[J].内蒙古农业大学学报,2000,21(1):125-127.
Cui X M, Yan J, Yao G P, et al. Analysis of temperature and light inside several plastic shed and greenhouse of vegetable in huihot [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2000, 21(1): 125-127. (in Chinese)
- [11] 魏淑秋.农业气象统计[M].福州:福建科学技术出版社,1985:81-238.
Wei S Q. Agriculture meteorological calculus [M]. Fuzhou: Fujian Science And Technology Publishing House, 1985: 81-238. (in Chinese)
- [12] 傅抱璞,翁笃鸣,虞静明,等.小气候学[M].北京:气象出版社,1994:503-513.
Fu B P, Weng D M, Yu J M, et al. Microclimatology [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1994: 503-513. (in Chinese)
- [13] 余纪柱,金海军.塑料三连栋温室的温、湿度变化规律初探及相应调控措施[J].上海农业学报,2002,18(4):63-69.
Yu J Z, Jin H J. Temperatures, Three-endless-plastic canopies greenhouses the humidity change at the beginning of rule searches and the corresponding regulative measure continually [J]. Shanghai Agriculture Journal, 2002, 18(4): 63-69. (in Chinese)
- [14] 程纯枢.中国农业百科全书(农业气象卷)[M].北京:中国农业出版社,1989:331.
Cheng C S. Chinese Agriculture Encyclopedia (Agricultural meteorology volume) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1989: 331. (in Chinese)
- [15] 包云轩.气象学[M].北京:中国农业出版社,2002:51-67.
Bao Y X. Meteorology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 51-67. (in Chinese)
- [16] 陈志银.农业气象学[M].杭州:浙江大学出版社,2000:47.
Chen Z Y. Agrometeorology [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2000: 47. (in Chinese)