

## 强寒潮天气南方塑料大棚防御冰冻灾害措施

魏莎莎<sup>1</sup>,李清斌<sup>1</sup>,孙军波<sup>1</sup>,杨栋<sup>2</sup>,符国槐<sup>1</sup>,张海添<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>慈溪市气象局,浙江慈溪 315300;<sup>2</sup>宁波市气象局,浙江宁波 315012)

**摘要:**本研究通过对安装在南方地区常见塑料钢管大棚内的自动气象站和棚内栽培作物生长状况的观测数据进行分析,以对比在强寒潮天气背景下,大棚2层保温膜+增温补光灯+遮阴网(I)和3层保温膜+遮阴网(II)2种保温措施的增温效果优劣。结果表明,采用保温措施(I)和(II)可分别将棚内温度提升(8.6±2.5)℃和(6.2±1.1)℃,措施(I)增温效果更显著。同时,对近3年冬春季多层覆盖大棚的温度数据进行分析,发现当外界气温降至-5~0℃以下时,2层棚膜保温可使棚内作物冠层(0.5 m)增温6.1~6.5℃,3层棚膜保温可使棚内作物冠层(0.5 m)增温6.9~7.2℃,可保证夜间大棚内温度在0℃以上。综上分析,结合设施大棚作物生理特性,构建了一套南方塑料大棚抵御低温冰冻灾害的气象指标和防御技术措施集。

**关键词:**塑料大棚;多层覆盖;增温设备;温度

中图分类号:S625.4

文献标志码:A

论文编号:casb17030143

### Preventing Frozen Disaster in Plastic Greenhouse in South China

Wei Shasha<sup>1</sup>, Li Qingbin<sup>1</sup>, Sun Junbo<sup>1</sup>, Yang Dong<sup>2</sup>, Fu Guohuai<sup>1</sup>, Zhang Haitian<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Meteorological Bureau of Cixi, Cixi Zhejiang 315300; <sup>2</sup>Meteorological Bureau of Ningbo, Ningbo Zhejiang 315012)

**Abstract:** To explore the greenhouse warming effect of two insulation measures ( I : double-layer plastic-covered + warming lights + shaded net, II : three-layer plastic-covered + shaded net) under the background of strong cold wave, a comparative analysis of meteorological elements and crop growth in greenhouse in south China was carried out. The results indicated that: the greenhouse temperature could be increased by (8.6 ± 2.5)℃ and (6.2 ± 1.1)℃ when insulation measures I and II were employed, respectively, and the warming effect of measure I was more significant; at the same time, the authors analyzed the temperature data of multilayer covered greenhouse in winter and spring in recent 3 years and found that: when the outside temperature dropped below -5~0℃, the temperature of crop canopy (0.5 m) in double-layer and three-layer plastic-covered greenhouse could be increased by 6.1~6.5℃ and 6.9~7.2℃, respectively, ensuring that the temperature was over 0℃ at night in the greenhouse. Based on the analysis and considering the physiological characteristics of crops, we proposed a set of meteorological indexes and technical measures for plastic greenhouses in south China to prevent frozen disaster caused by low temperature.

**Key words:** plastic greenhouse; multi-layer mulching; warming equipment; temperature

### 0 引言

寒潮是一次大型天气过程,是北方寒冷空气在特定天气形势下向中国南方侵入,造成剧烈降温、大风和降雪的天气。慈溪市地处浙东杭州湾南岸,近年来现

代农业产业发展迅速,设施农业因其高产、高效、优质、节能等特点,受到广大种植户的认可 and 欢迎。而寒潮天气频发的冬春季,正是设施农业高产的关键期<sup>[1-2]</sup>。统计显示,近30年,慈溪市共出现36次寒潮天气,近年

**基金项目:**宁波市科技局项目“有效改善农业大棚栽培中小气候环境的研究与预报服务模式的开发”(2011C50020);浙江省气象局青年项目“设施草莓气候品质模型构建与应用”(2014QN24)。

**第一作者简介:**魏莎莎,女,1987年出生,浙江慈溪人,助理农艺师,本科,研究方向:农业气象与服务技术。通信地址:315300 浙江省慈溪市明州路818号 慈溪市气象局113室, Tel: 0574-63033750, E-mail: shasha0212@163.com, 447459319@qq.com。

**收稿日期:**2017-03-22, **修回日期:**2017-08-10。

来随着气候异常,极端天气发生频次不断增加,如何让设施农业积极有效地防御极端低温等气象灾害,获得稳健高产,是目前迫切需要解决的难题。

慈溪地区较为普遍的保护栽培设施是塑料钢管大棚,既可通过多层覆盖塑料薄膜的方式实现提高棚温的目的,也可利用人工增温措施。多层覆盖保温研究方面前人已做了不少工作<sup>[3-8]</sup>,在3层膜覆盖条件下,外界出现-6℃时,棚内温度可提高至0℃以上,保证草莓不发生冻伤。人工增温有很多种,传统的燃烧法,易发生CO中毒等安全问题。而采用暖光灯增温补光,具有相对安全、操作简单、设备成本较低的优点,但补光设备的实际增温效果如何,这方面的研究较少。

2016年1月20—26日,“霸王级”寒潮影响中国大部地区,刷新中国下雪的最南底线,冷高压中心达到1090 hPa左右,极为罕见<sup>[9-11]</sup>。受其影响,慈溪市出现了罕见低温雨雪冰冻过程,造成了强降温、严重冰冻和大风。从22日夜起,7~8级的西北大风持续了近60 h,内陆8级以上大风持续了48 h。25日早晨最低气温-6.6℃,是近20年来的最低值。据农业部门的资料初步统计,全市范围农业受灾面积1446 hm<sup>2</sup>,农业经济损失超过5000万。为了探索不同的保温措施对提高大棚夜间棚温,抵御低温冰冻效果的优劣,利用这次近20年来罕见的强寒潮天气过程,试验人员在浙江省设施农业气象试验站草莓塑料大棚内,开展了设施大棚保温措施对比试验,旨在探索总结出一套适宜南方塑料大棚抵御低温冰冻灾害的气象指标和防御技术措施集,不断提高当地设施农业防灾减灾能力。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究资料

本研究选取2014年9月—2016年1月冬春季浙江省设施农业气象试验站试验大棚气象站实时温度监测数据资料,并参考相应时间段国家基本气象站(慈溪)温度数据进行深入分析。同时,根据2016年1月20—26日的1次强寒潮大风天气过程,进行大棚低温冰冻防范技术验证对比试验。

### 1.2 试验材料

试验设定东、中、西3个大棚为试验大棚,大棚是以塑料薄膜为覆盖材料的单跨拱屋面结构温室,以镀锌钢架为骨架材料,南北走向,棚宽8 m,顶高3.2 m,面积400 m<sup>2</sup>,棚膜为聚乙烯薄膜。棚外遮阴网为黑色塑料网丝网。

棚内作物为草莓,品种‘红颊’。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计 设施大棚保温措施对比试验于2016

年1月23—25日在浙江省设施农业气象试验站内进行,分别对东、中、西3个大棚采取不同的覆膜保温措施,其中东棚和中棚采取2层棚膜覆盖、安装增温补光灯、棚外覆盖黑色遮阴网的措施;西棚采取3层棚膜覆盖、棚外覆盖黑色遮阴网的措施。增温补光灯开启时间为17:00至次日8:00。

表1 东、中、西3个大棚保温措施比较

大棚编号	保温措施		
	内膜	增温灯	棚外遮阴网
东棚	1层	每棚10盏,每盏200 W	有
中棚	1层	每棚10盏,每盏200 W	有
西棚	2层	无	有

大棚草莓生长状况观测时间为每日上午8:00—10:00,观测内容包括:植株健壮程度、叶片生长情况、花序、果实发育情况。寒潮前大棚草莓正值开花坐果期。寒潮发生过后,植株对低温胁迫发生适应性反应,主要表现为根系吸收能力下降,体内水分失调造成植株萎蔫,光合速率下降造成叶片黄化枯萎,严重时叶片受冻呈片状干卷枯死<sup>[12-13]</sup>。而花蕊、幼果等幼嫩组织由于抗逆性差,更容易遭受冻害。开放的草莓花蕊变黑,通常伴随出现花瓣紫红色;幼果停止发育干枯僵死,成熟果实出现水渍状冻伤,果色变暗,勉强存活的花蕾开花后质量差,坐果率低。

1.3.2 仪器设备 本研究使用的气象数据采集器为美国Campbell公司生产的CR1000型。温度传感器型号HygroClip S3型,量程-40~85℃,精度为±0.3℃。在每个塑料大棚中部0.5 m高度处布设1个温度传感器,同时,在中棚外东侧(离大棚外膜30 cm处)0.5 m高度布设1个温度传感器,数据存储间隔2 min。

1.3.3 统计分析 采用SPSS软件进行数据处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同覆盖措施对草莓生长发育影响的分析

通过观测发现,由于大棚内气温空间分布特征<sup>[14]</sup>,西棚大棚两侧及靠近大棚棚门处个别花瓣出现水渍状冻伤,东、中棚草莓植株未出现明显冻害症状。寒潮后1个月3个大棚草莓产量如表2所示。

2种保温模式下草莓果径、果长和平均单果重差异不明显,这是由于此次低温过程时间短,保温措施效果好,植物体内代谢未受明显影响<sup>[15-16]</sup>;总果重西棚比东、中棚产量少,与西棚部分植株花蕾受冻有关,造成西棚产量有所下降;单果重标准差西棚最大,中棚次之,东棚最小,表明西棚果实大小参差不一更为显著,

表2 寒潮过后1个月3个大棚草莓产量与品质比较

大棚编号	果径/cm	果长/cm	单果重/g	单果重标准差	总果重/g	可溶性固形物/%	果实酸度/%
东棚	3.2	4.4	16.9	7.82	539.6	12.6	0.69
中棚	3.1	4.0	14.9	9.57	488.7	12.1	0.67
西棚	3.1	4.2	14.8	11.64	412.2	11.9	0.65

差异最大。

## 2.2 不同覆盖措施对棚内最低温度的影响

2016年1月23—25日是强寒潮大风天气影响最甚时期,国家站23—25日的日平均气温分别是-0.1℃、-4.5℃和-2.9℃,通过田间气象站自动监测设备,草莓大棚内外气温日变化过程如图1所示。

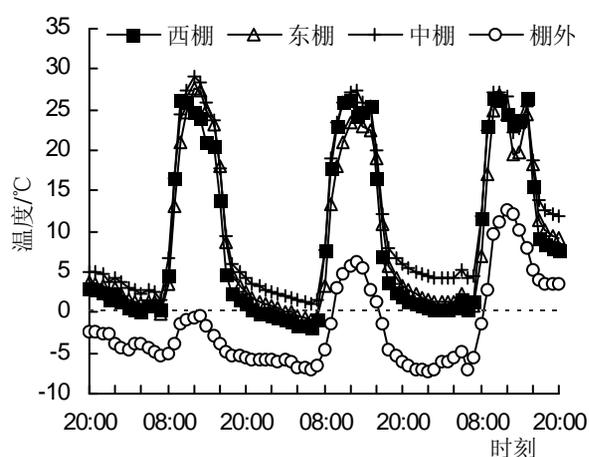


图1 2016年1月23—26日不同覆盖草莓大棚内外气温日变化过程

由图1可知,早晨6:00—7:00大棚内外气温达到最低值,日出后棚内气温迅速升高,增温速率远高于棚外,后随着太阳辐射减少,温度下降,通过不同方式保温的大棚内气温长时间保持在0℃以上,最低气温保持0℃左右。而大棚外田间温度快速跌破0℃,并长期处于较低温度下。

由表3可知,当外界气温降至-7~-5℃时,3层棚膜覆盖、棚外增盖遮阴网的方式,可使大棚草莓冠层(0.5 m)温度上升(6.2±1.1)℃,从而使冠层(0.5 m)处的最低温

度接近0℃。而2层棚膜覆盖、安装增温补光灯、棚外增盖遮阴网的方式,可使大棚草莓冠层(0.5 m)温度上升(8.6±2.5)℃,从而使冠层(0.5 m)处的最低温度升至0℃以上,增温效果更为显著。

## 2.3 不同覆盖措施对棚内温度变化的影响

强冷空气过程带来的大风和大幅降温,极易造成大棚作物的冷害和冻害,采取适当的夜间保温措施对作物抵抗强冷空气灾害影响有着关键的作用。2013年12月—2014年2月发生了3次典型的强冷空气过程案例。在浙江省设施农业气象试验站试验大棚中,设有田间气象站自动监测设备的中、西大棚内分别种植了喜凉类作物草莓和喜温类作物茄子。结合不同作物耐低温生理指标,对夜间草莓大棚(中棚)采取两层棚膜覆盖保温措施,对茄子大棚(西棚)采取3层棚膜覆盖保温措施。由此得到大棚内外气温日变化过程,如图2~4所示。

由图2可知,当国家站最低气温为-4.0℃时,田间监测数据显示棚外0.5 m最低温度为-5.4℃,2层棚膜覆盖大棚内0.5 m最低温度为1.1℃,3层棚膜覆盖大棚内0.5 m最低温度为1.8℃,它们的增温幅度分别是6.5℃和7.2℃。

由图3可知,当国家站最低气温达-4.3℃时,田间监测数据显示棚外0.5 m最低温度为-5.6℃,2层棚膜覆盖大棚内0.5 m最低温度为0.6℃,3层棚膜覆盖大棚内0.5 m最低温度为1.3℃,它们的增温幅度分别是6.2℃和6.9℃。

由图4可知,当国家站最低气温达-1.2℃时,田间监测数据显示棚外0.5 m最低温度为-1.4℃,2层棚膜覆盖大棚内0.5 m最低温度为4.7℃,3层棚膜覆盖大棚内0.5 m最低温度为5.7℃,它们的增温幅度分别是

表3 三膜和增温灯保温方式大棚内外作物冠层(0.5 m)最低气温比较

测定日期(月-日)	最低温度/℃				内外差值/℃		
	东棚	中棚	西棚	棚外	东棚	中棚	西棚
1-24	0.6	0.9	-0.4	-5.5	6.1	6.4	5.1
1-25	0.4	1	-1.9	-7.2	7.6	8.2	5.3
1-26	2.1	3.7	-0.2	-7.5	9.6	11.2	7.3

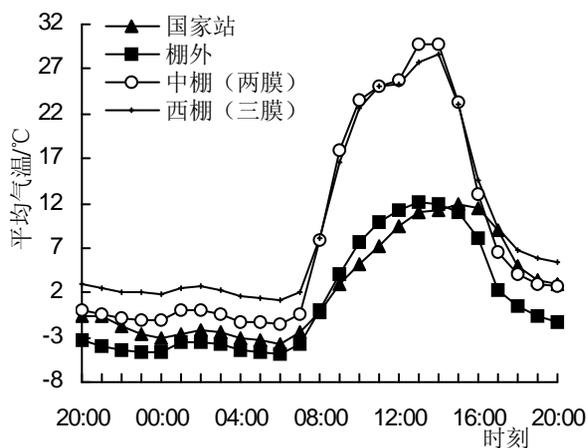


图2 2013年12月30日不同覆膜设施大棚内外气温日变化过程

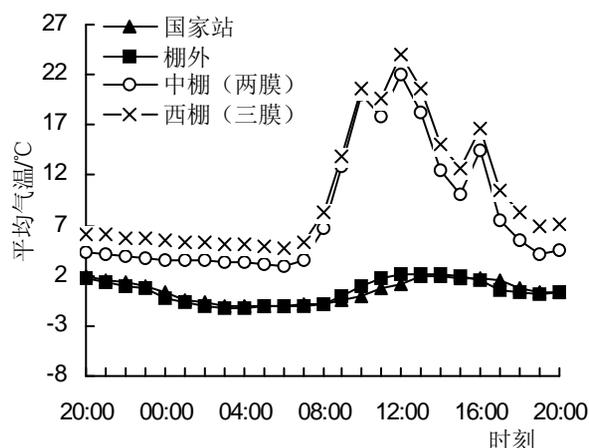


图4 2014年2月10日不同覆膜设施大棚内外气温日变化过程

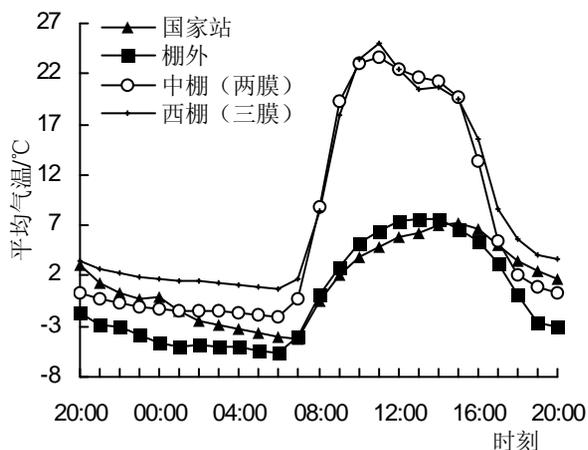


图3 2014年1月22日不同覆膜设施大棚内外气温日变化过程

6.1°C和7.1°C。

因此,当南方冬季遭遇强冷空气影响,外界气温降至-5~0°C时,2层棚膜保温可使棚内作物冠层增温6.1~6.5°C,3层棚膜保温可使棚内作物冠层增温6.9~7.2°C,

多增加1层保温膜,对温度的提升幅度为0.7~1.0°C。采取多层覆盖的方式,保证夜间大棚内温度在0°C以上,避免棚内作物发生冻害,是行之有效的办法。

#### 2.4 气象指标与防御技术措施

结合其他文献和资料<sup>[17-23]</sup>,建立了1套适宜农户实际操作使用的气象指标和防御技术措施,见表4。

### 3 结论

(1)试验表明,安装增温补光灯的保温模式增温效果显著。通过多层棚膜覆盖结合增温补光灯,在此次强寒潮过程中可将棚内温度提升(8.6±2.5)°C,增温效果优于仅仅依靠增加棚膜覆盖的保温方式,可有效抵御南方地区-7°C左右极寒天气对设施作物的冻害影响,保证作物花、果等幼嫩组织不发生冻伤。同时,寒潮天气多伴随降雨降雪,导致棚内光照不足,增温补光设备也对补充光照、促进作物光合作用有良好的效果。

(2)大棚多层覆盖增温效果相对较好,成本低。冬

表4 南方塑料大棚抵御低温冰冻灾害气象指标和防御技术措施

外界最低气温指标	对单膜大棚作物的影响与危害	较耐低温作物(草莓)防御技术措施	喜温类作物(小番茄)防御技术措施
>10°C	无明显影响	大棚夜间放小风排气	大棚夜间放小风排气
5~10°C	喜温类作物易发生冷害,植株矮小,幼苗存活率低	单膜覆盖	单膜覆盖
2~5°C	作物易发生冷害,生长缓慢,植株矮小,幼苗存活率低	单膜覆盖	2膜覆盖
0~2°C	作物易发生冷害,生长缓慢,叶片黄化,花蕊受冻变黑死亡	2膜覆盖	3膜覆盖
-5~0°C	作物发生冻害,生长停滞,叶片黄化枯萎,花蕊变黑褐死亡,幼果停止发育干枯僵死	2膜覆盖+棚外覆盖遮阴网	3膜覆盖+棚外覆盖遮阴网
≤-5°C	作物发生严重冻害,生长停滞,叶片黄化枯萎,花蕊变黑褐死亡,幼果停止发育干枯僵死	3膜覆盖或2膜覆盖+棚内增温措施+棚外覆盖遮阴网	3膜覆盖+棚内增温措施+棚外覆盖遮阴网
≤-8°C	作物发生严重冻害,生长停滞,叶片黄化枯萎,花蕊变黑褐死亡,幼果停止发育干枯僵死	3膜覆盖+棚内增温措施+棚外覆	3膜覆盖+棚内增温措施+

春季节南方地区冷空气频发,多层棚膜覆盖是适合当地行之有效的保温方式。当外界气温在-5~0℃时,对设施草莓等耐冷凉作物,可通过覆盖2层棚膜的方式进行夜间保温,而茄果类等喜温作物,则需覆盖3层棚膜,达到更好的保温效果,杜绝冷害冻害发生的目的。而当外界气温降至-5℃以下时,应在棚内再临时加盖1层农膜或遮阳网等保温材料,或在棚内安装增温补光设备。

(3)在生产实践中,通过气象指标和防御技术措施的灵活应用,可以在灾前迅速指导农户采取较为妥当的防御措施,在合理利用劳动成本的前提下,提高大棚保温性能,防止低温冻害的发生,从而达到减灾增收的目的,具有现实意义。

#### 4 讨论

(1)本研究得到的多层覆盖棚内温度变化特征与胡绵好等<sup>[5]</sup>、李胜利等<sup>[6]</sup>研究结论基本一致,相关技术指标已经在慈溪地区气象服务中得到广泛应用,并进一步辐射宁波乃至全省。同时,对大棚其他作物生产也具有一定的指导意义。在此次慈溪市大范围寒潮灾后调查中发现,未采取合理措施的部分大棚草莓发生大面积冻害,减产损失20%,绝收5%,保温方式的选择对农业生产减灾增效关系显著。

(2)增温补光设备虽然效果好,但是安装方面对客观环境有一定要求,需农田有相应的电力设备,需铺设电线等耗材,同时会产生一定数额用电成本。此外,虽然可通过多层覆盖的方式实现大棚保温,但是由于棚内垂直高度有限,加上棚内作物生长高度不一,多层覆盖不利于棚内空间利用。因此,如何通过改进覆盖材料提高保温效果,或者采用新型高效节能的棚内增温设备,是今后科学调控大棚小气候环境,增强设施农业抵御低温冰冻灾害能力,提高设施农业产能等可以继续深入研究的方向。

#### 参考文献

- [1] 刘传凤,高波.我国南方春季低温冷害气候及其大气环流特征[J].热带气象学报,2001,17(2):179-187.
- [2] 刘传凤.我国寒潮气候评价[J].气象,1990,16(12):40-43.
- [3] Okada M. An analysis of thermal screen effects on greenhouse environment by means of multi-layer screen model[J].Acta Horticulture,1985,174:139-144.
- [4] Abak K A, Baxetincelik N, Baytorun O, et al. Influence of double plastic cover and thermal screens on greenhouse temperature, yield and quality of tomato[J].Acta Horticulturae,1994,366:149-154.
- [5] 胡绵好,沈彤,刘明月,等.不同覆盖层次塑料大棚内温度和光照度的变化[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2004,30(6):545-548.
- [6] 李胜利,霍颖君,孙治强.不同层次简易覆盖的巨型塑料大棚温度特征研究[J].河南农业大学学报,2008,42(6):621-624.
- [7] 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.
- [8] 范辽生,朱兰娟,柴伟国,等.杭州冬季塑料大棚内气温变化特征及日最低气温预报模型[J].中国农业气象,2014,35(3):268-275.
- [9] 常永旺,张百萍,于文英.乌兰察布市2016年1月20—23日寒潮天气分析[J].现代农业,2016(9):90-92.
- [10] 徐云焕,徐建国.2016年强寒潮对浙江柑桔的冻害影响及其对策[J].中国南方果树,2016,45(4):41-42.
- [11] 曲巧娜,范苏丹,车军辉,等.数值模式对2016年1月世纪寒潮过程的预报能力检验[J].山东气象,2016,36(3):42-48.
- [12] 徐云焕,蒋桂华,杨新琴,等.大棚草莓冻害调查与防冻减灾技术措施[J].浙江农业科学,2016,57(8):1190-1192.
- [13] 蒋景龙,沈季雪,徐卫平,等.外源H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>对低温胁迫下大红柑生长及叶片生理指标的影响[J].浙江农业学报,2016,28(7):1164-1170.
- [14] 孙军波,符国槐,李清斌,等.南方大棚内气温空间分布与网格化插值的研究[J].浙江农业科学,2015,56(12):2047-2051.
- [15] 刘增辉,邵宏波,初立业,等.干旱、盐、温度对植物体NADP-苹果酸酶的影响与机理[J].生态学报,2010,30(12):3334-3339.
- [16] 姚玉新,李明,由春香,等.苹果果实中苹果酸代谢关键酶与苹果酸和可溶性糖积累的关系[J].园艺学报,2010,37(1):1-8.
- [17] 赵辉,彭保宏,范勇胜,等.豫南草莓大棚栽培气象条件调控技术研究[J].安徽农业科学,2008,36(29):12666-12667,12672.
- [18] 范长娣,毛文梁,方敏.闽北主要气象条件对草莓产量与品质的影响[J].亚热带农业研究,2008,4(2):115-117.
- [19] 陈学进,程智慧,滕林,等.塑料大棚温光条件与番茄坐果数相关关系的模拟[J].西北农业学报,2009,18(6):197-200,236.
- [20] 刘建,魏亚凤,李波,等.大棚保护地冬季增温及名特蔬菜促早栽培技术效益评价[J].江西农业学报,2013,25(6):39-42.
- [21] 任春艳.温室大棚番茄气象条件分析及主要灾害防御措施[J].安徽农学通报,2010,16(24):122-123.
- [22] 赵蓓,袁昌洪,严迎春,等.泰州市大棚早熟西瓜栽培的农业气象条件分析及其灾害的防御[J].农技服务,2009,26(8):59-60.
- [23] 林瑞坤,杨开甲,陈彦,等.福州春季塑料大棚内土壤温度日变化特征及其对棚内气温的响应[J].中国农学通报,2015,31(2):193-196.