宁南山区日光温室内气温变化规律与最低气温预测

张 磊[1,2],曹 宁[1,2],卫建国[1,2],段晓凤[1,2]
(1.宁夏气象科学研究所,宁夏 银川 750002;2.宁夏气象防灾减灾重点实验室,宁夏 银川 750002)

摘 要:利用宁南山区日光温室内气温和当地气象台站的常规气象观测资料,开展了温室内气温的变化特征和温室内最低气温预测方法研究。结果表明,不同天气条件下的温室内气温日变化规律存在明显差异;温室内的日最高气温时间分布较为集中,主要出现在每日的 12:00—14:00,而日最低气温主要出现在每日的 7:00—9:00;温室内、外的最低气温呈现明显的线性关系,据此建立了温室内最低气温的线性回归方程,历史回代检验表明方程的预报绝对误差均在 4℃以内,在 2℃以内的占总数的 80%以上,精度较好。

关键词:宁南山区;日光温室;最低气温;预测
中图分类号:S625 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-7601(2014)01-0230-06

The temperature variation and minimum temperature forecast inside solar greenhouse in mountainous region of south Ningxia

ZHANG Lei[1,2], CAO Ning[1,2], WEI Jian-guo[1,2], DUAN Xiao-feng[1,2]
(1. *Ningxia Meteorological Science Institute*, *Yinchuan*, 750002, *China*;
2. *Ningxia Key Lab for Meteorological Disaster Prevention and reduction*, *Yinchuan*, 750002, *China*)

Abstract: Based on the temperature inside the solar greenhouse and common observation meteorological data of the local climate stations, has carried out the research on the temperature variation law and minimum temperature forecasting methods inside the solar greenhouse. The results showed that: the daily temperature variation law inside the solar greenhouse was obvious difference under different weather conditions. The daily maximum temperature in the solar greenhouse mainly occurred at 12:00—14:00, and the daily minimum temperature in the solar greenhouse mainly occurred at 7:00—9:00. The minimum temperature inside and outside solar greenhouse presented obvious linear relationship. The linear regression equation of the minimum temperature inside the solar greenhouse was established according to that. Through the examination of history back substitution indicated the forecasting equation were good accuracy: whole orecasting absolute errors was less than 4℃, and accounted for more than 80% of the total, was less than 2℃.

Keywords: mountainous region of south Ningxia; solar greenhouse; minimum temperature; forecasting

近年来,宁夏回族自治区政府把发展设施农业作为解决中南部山区干旱难题和促进全区农民增收的重要“抓手”,采取了一系列行之有效的措施大力发展设施农业,截止 2011 年,宁夏设施农业面积达 7.3 余万公顷[1-2],其中中南部山区 3.3 余万公顷。日光温室作为宁南山区主要的设施农业类型之一,由于具有采光保温性能好、投资相对较小、运行费用低、产出高和能够进行作物越冬生产等特点得到了快速发展[3-4]。宁南山区的日光温室在快速发展过程中,存在着专业技术力量不强、社会保障服务体系不健全、气象防灾减灾能力不足等诸多问题[5]。虽然在日光温室的栽培技术、建造标准和水肥管理等方面开展了较多研究,但在气象保障技术方面的研究工作极少见到。在各类气象要素中,气温是制约和影响日光温室生产的最关键因子,低温冻害则是日光温室生产过程中最主要的气象灾害[6-8]。在宁南山区的日光温室生产中,每年都会遇到不同程度的低温冻害,如 2008 年元月份的持续低温阴雪天气

收稿日期:2013-03-23
基金项目:中国气象局关键技术集成与应用项目(GMAGJ2011M55)
作者简介:张 磊(1974—),男,宁夏银川人,硕士,高级工程师,主要从事应用气象研究工作。E-mail: zhle.131@163.com。

使温室内作物生长严重受抑,出现滞长,严重者受冻死亡,给日光温室生产造成巨大损失。研究宁南山区日光温室内气温变化特征,建立温室内最低气温预报方程,可为在强降温天气来临前利用气象预报结果预测温室内最低气温并及时发布预警信息提供技术支持,对提高日光温室的气象服务水平,减轻气象灾害对日光温室生产的不利影响,保障温室生产效益,促进宁南山区设施农业健康发展具有重要意义。

1　材料与方法

试验地设在宁夏固原市原州区头营镇的马园设施农业示范基地,位于东经 106°13′、北纬 36°08′,海拔 1 601 m,年均气温 6.6℃,最冷月 1 月的平均气温 -7.6℃。该基地建于 2002 年,为二代节能型日光温室,是宁夏各地目前主流的温室类型。温室坐北朝南,高 3.7 m,跨度 8 m,长 60 m,背面和东西面为土墙,前面为单面半拱型,钢架结构,覆盖聚乙烯棚膜,棚膜外覆盖草苫,每天日出后揭苫,日落前盖苫,顶部棚膜上设有通风口,通风口视温室内的温度情况开启,时间一般在 11:00 至 15:00 之间。

选择园区中部的一座温室作为观测点,观测仪器为浙江泽大仪器公司生产的温湿度自记仪,在棚内正中位置的 1.5 m 高处设置仪器,自动观测棚内空气的温湿度,每 1 小时记录一次数据。连续两年的秋末冬初开始观测,至第二年春季。观测日期为 2008 年 11 月 19 日至 2009 年 4 月 4 日和 2009 年 11 月 22 日至 2010 年 4 月 14 日。观测期间种植作物为黄瓜。每天记录大棚的揭盖苫状况和时间,观测记录当时天气状况。室外气象资料来自于同期的固原气象站常规气象观测数据。该温室棚体状况较好,管理水平中上。

为了更为准确地分析和预报不同天气状况下日光温室内的最低温度,按照气象站的云量观测资料和天气类型分类标准,参考试验点的天气观测和揭盖苫记录,将天气情况分为晴天、多云天、阴天(包括雪天),其中晴天和多云天状况下草苫均揭开,而阴天(包括雪天)温室种植户会根据具体情况决定是否揭苫,由于是否揭苫会对温室内的温度产生较大影响,因此将阴天又分阴天揭苫和阴天不揭苫两种情况。

2　结果与分析

2.1　不同天气条件下温室内气温日变化特征

一般情况下日光温室每天早晨揭苫、傍晚盖苫,中午进行通风透气,在部分阴雪天既不揭苫也不通风透气。图 1 是四种典型天气条件下温室内气温的日变化特征:在晴天、多云和阴天揭苫三种情形下,温室内的气温在揭苫前达到最低,揭苫后迅速升高,打开通风口后开始逐渐降低,在盖苫后气温处在一天中的较低水平,并且总体呈现缓慢下降趋势,到揭苫前达到最低,如此周而复始;在阴雪天不揭苫的情况下,温室内的气温基本没有波动,一直维持在较低水平,呈现缓慢下降趋势。一般情况下,在同一时期温室内的气温以晴天最高,多云天次之,然后是阴(雪)天揭苫,以不揭苫的情况下气温最低。

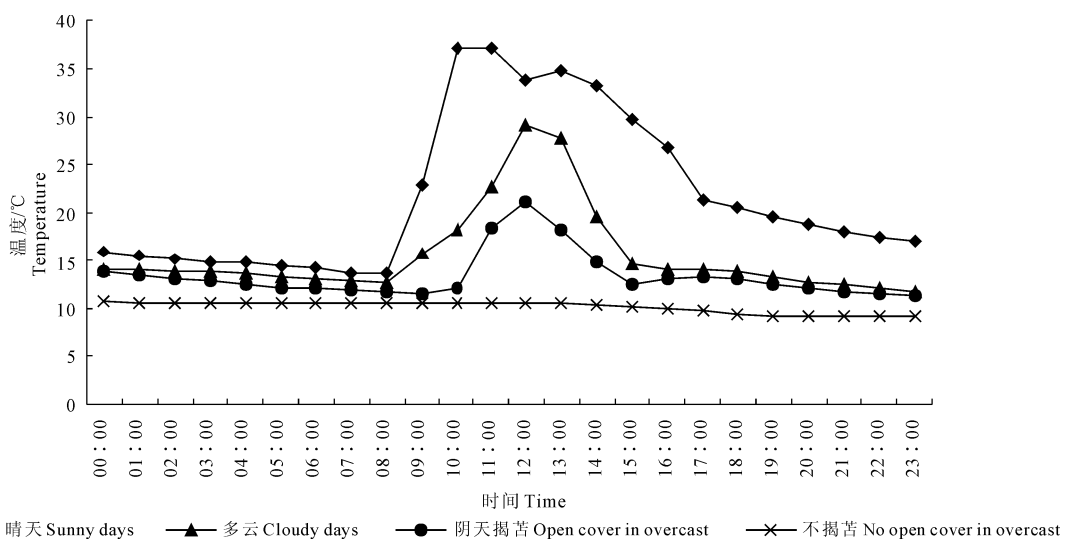

图 1　不同天气条件下温室内气温日变化特征

Fig.1　Daily variation characteristics of temperature in greenhouse under different weather condition

2.2 温室内日最高气温变化规律

图 2、图 3 是固原两个观测季节温室内日最高气温变化特征,从中可以看出,在整个生长期内,温室内的日最高气温波动较为明显,但大部分集中在 15℃ ~ 40℃之间。部分时段偏高,甚至超过 45℃,是由于通风口打开不及时所致,但由于持续时间短,没有给黄瓜的正常生长带来明显不利影响。总体上,整个温室生产过程中,温室内的日最高气温较适宜,有利于黄瓜生长。

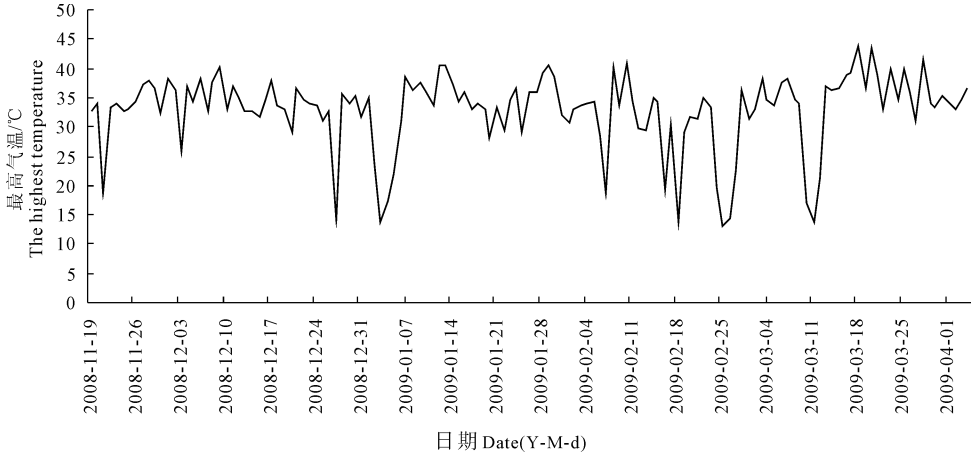

图 2 2008—2009 年温室内最高气温变化规律

Fig.2 Variation of the highest temperature in greenhouse during 2008—2009

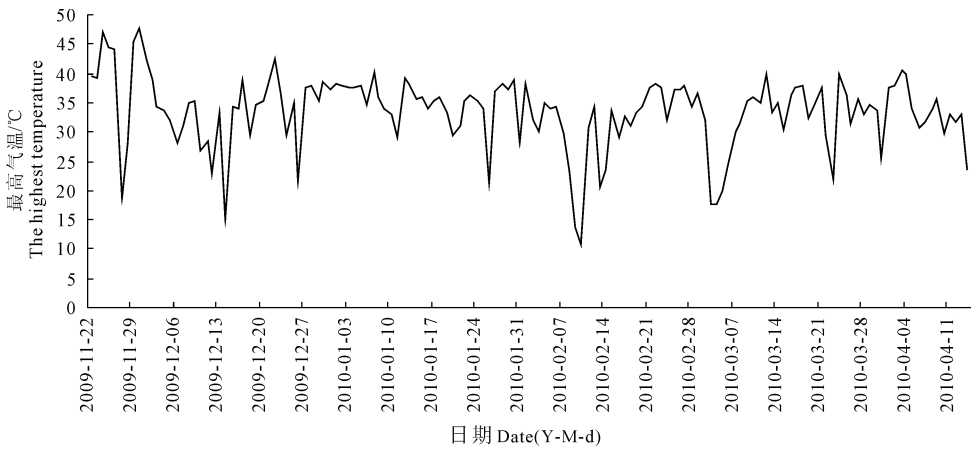

图 3 2009—2010 年温室内最高气温变化规律

Fig.3 Variation of the highest temperature in greenhouse during 2009—2010

2.3 温室内日最低气温变化规律

最低气温的高低是影响温室作物生长最关键的环境因子,气温过低会使作物产生低温冷害甚至冻害,轻者会造成作物滞长、发育缓慢,严重者会使作物植株部分或整株死亡,造成较大损失。从图 4、图 5 可以看出,两个观测季节温室内日最低气温虽然也呈现波动状态,但波动幅度不大,并且多在 8℃ ~ 18℃之间,较为理想。其中 2009 年 11 月 22 日—12 月 4 日出现最低气温不足 5℃的低温时段,主要是由于在此期间温室正在整地、施基肥,尚未移栽黄瓜幼苗,晚上盖苫时间较晚或者没有盖苫所致。

2.4 温室内日最高气温和日最低气温出现时间的分布特征

2.4.1 日最高气温 从两个观测期温室内日最高气温出现的时间特征发现,日最高气温分别出现在 0:00、1:00、9:00 至 17:00 共计 11 个时次内,其中出现在 9:00 至 17:00 时的有 273 d,占总观测天数的 97%,而这其中又以 12:00—14:00 出现的天数最多,达到 189 d,占总观测天数的 67%。出现这种现象的原因主要是由于日光温室多数情况下在每天的 8:00—9:00 揭苫,17:00—18:00 盖苫,其中早晨揭苫后棚内气温迅速上升,在上升到一定程度时进行通风,因此棚内的日最高气温常常出现在草苫揭开后至盖上前这一时段,具体的时间会随着当时棚外气温、光照条件和放风口开启的大小有所不同。此外,还有 8 d 的日最高气温出现在凌晨 0:00 和 1:00 这两个时间段,主要是由于当日出现阴雪没有揭苫,导致温室内气温持续下降所致(图 6)。

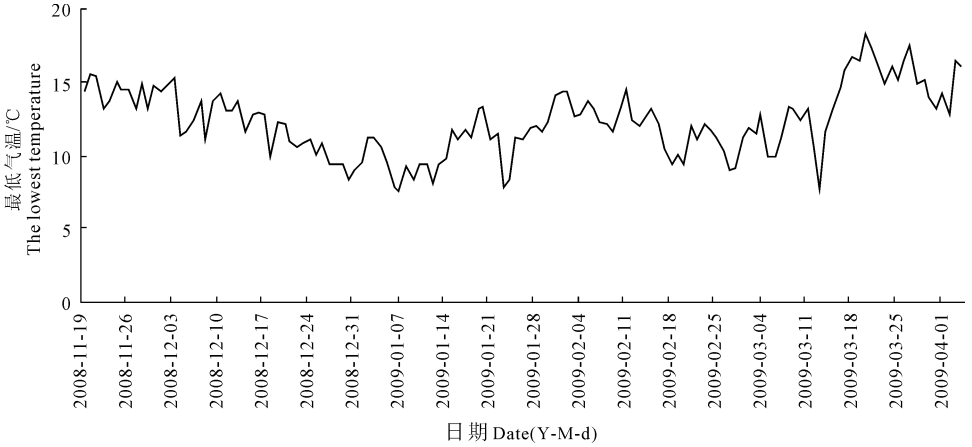

图 4　2008—2009 年温室内最低气温变化规律

Fig.4　Variation of the minimum temperature in greenhouse during 2008—2009

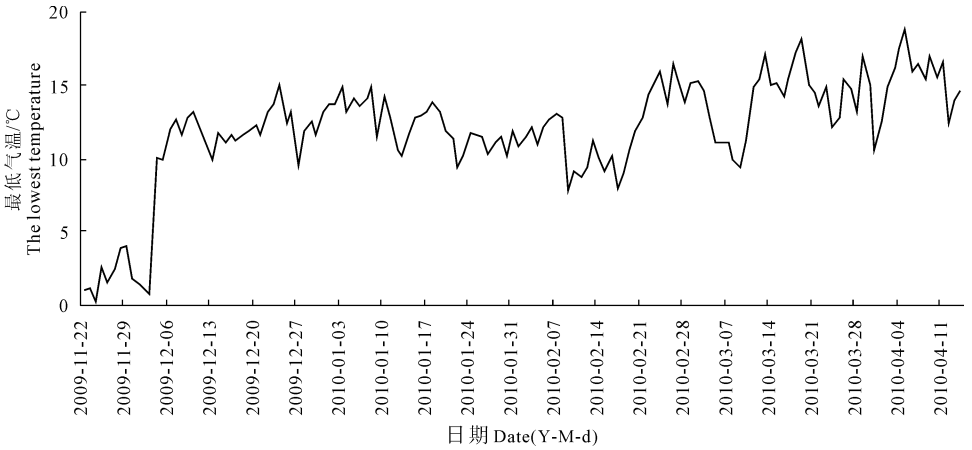

图 5　2009—2010 年温室内最低气温变化规律

Fig.5　Variation of the minimum temperature in greenhouse during 2009—2010

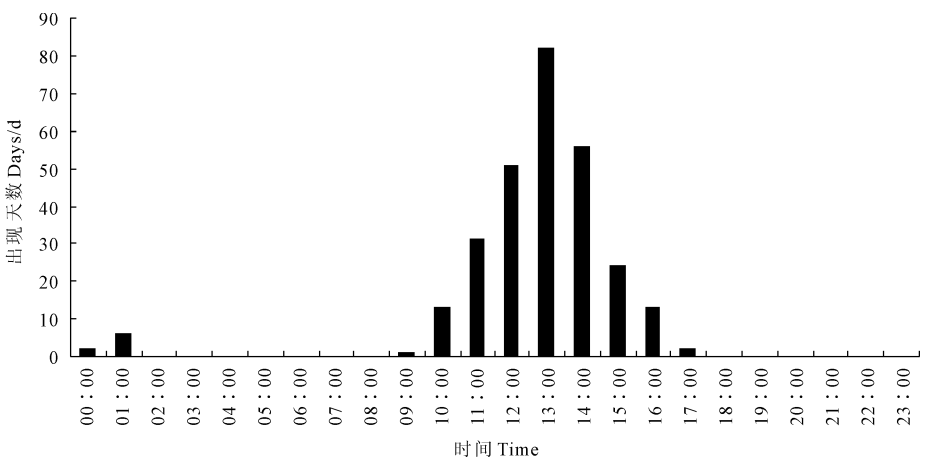

图 6　温室内日最高气温出现的时间分布

Fig.6　Temporal distribution of the daily highest temperature in greenhouse

2.4.2　日最低气温　从两个观测期温室内日最低气温出现的时间特征发现,日最低气温出现在 14 个时次内,其中集中出现在 6:00 至 11:00 时,在这 6 个时次内的有 270 d,占总观测天数的 96%,而这其中又以 7:00—9:00 出现的天数最多,达到 246 d,占总观测天数的 87.5%。这是由于日光温室多数情况下在每天的 8:00—9:00 揭苫,由于揭苫前温室内没有外来热量来源,因此棚内的日最低气温常常出现在临近揭苫时(图 7)。

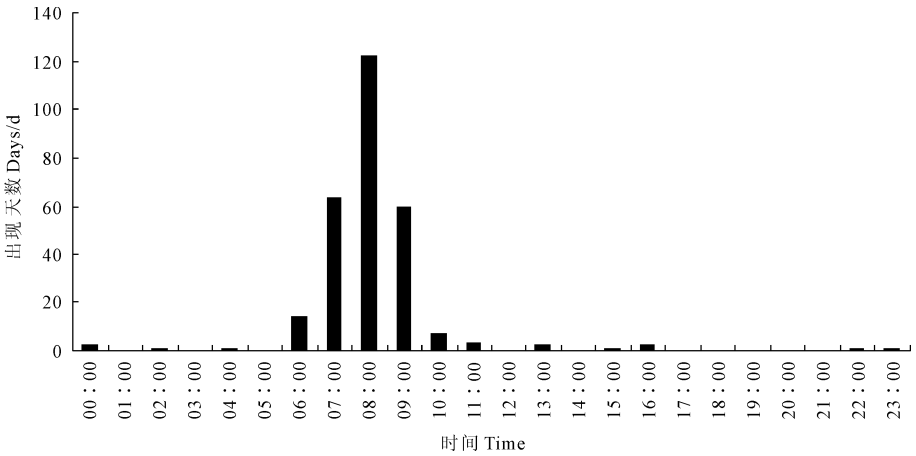

图 7 温室内日最低气温出现的时间分布

Fig.7 Temporal distribution of the daily lowest temperature in greenhouse

2.5 温室内最低气温预报

温室内最低气温的高低会对作物产生较大影响,最低温度过低往往造成棚内作物受冻,影响产量和品质,严重者甚至会造成作物死亡,给日光温室生产带来较大损失。如果能在不利的天气条件来临前对温室内的最低气温做出预测,对于及时合理安排预防措施、减少温室损失非常重要。影响温室内最低气温的因子很多,既有温室外的气象条件如气温、日照、风速等,也包括温室的结构、材料、管理措施等,但在建立预报方程的时候若考虑应用的时效性和预报因子的可获取性两方面情况,在预报精度变化不大的情况下,所建立的预报方程越简单越好。基于以上原则,在分析对比了多个室外气象因子与温室内最低气温的关系后,发现在非阴天(包括晴天和多云天)和阴天(阴天和阴雪天)两种天气情况下,温室内的最低气温(TP_{min})和室外的最低气温(T_{min})均存在明显的线性关系(图 8 ~ 图 9),因此在两种天气情况下分别建立线性回归方程较为可行。

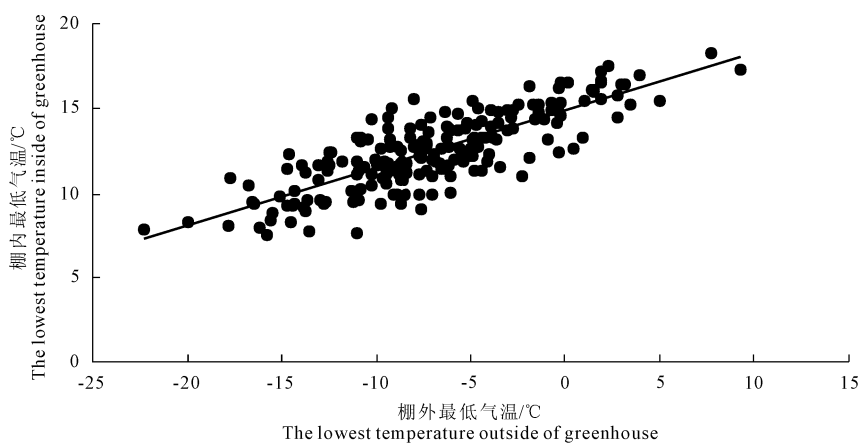

图 8 温室内与温室外最低气温线性拟合(非阴天)

Fig.8 Linear fitting of the lowest temperature inside and outside of greenhouse(In no overcast)

非阴天时,所建立的线性回归方程为 $TP_{min} = 0.34\,T_{min} + 14.90$($R^2 = 0.664$, $F = 407.8$, $Sig. = 0.000$)。历史回代检验表明,此模式的预报绝对误差(棚内最低气温预测值与实测值差的绝对值)均在 4℃内,其中绝对误差在 3℃ ~ 4℃之间的占 2%,在 2℃ ~ 3℃之间的占 10%,在 1℃ ~ 2℃之间的占 32%,在 1℃以内的占 56%。

阴天时的线性回归方程为 $TP_{min} = 0.41\,T_{min} + 14.48$($R^2 = 0.550$, $F = 72$, $Sig. = 0.000$)。历史回代检验表明,此模式的预报绝对误差均在 4℃内,其中绝对误差在 3℃ ~ 4℃之间的占 10%,在 2℃ ~ 3℃之间的占 10%,在 1℃ ~ 2℃之间的占 36%,在 1℃以内的占 44%。

检验结果表明两个方程的预测精度均较好,能够基本满足应用需要。在实际工作中,依据所建立的回归方程,利用气象台的天气预报结果特别是强降温时的气温预报结果即可对温室内的最低气温进行预测,可以为提前制定预防措施提供依据,减轻强

降温的不利影响。如 2010 年 1 月 2 日利用气象台发布的 1 月 4—5 日强降温预报结果,对日光温室内最低气温进行了预测并开展了相关服务,反馈结果表明预测结果较为准确。

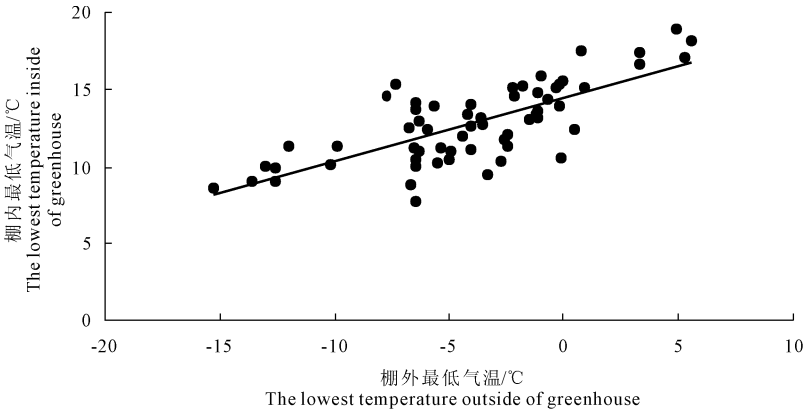

图 9　温室内与温室外最低气温线性拟合(阴天)

Sig.9　Linear fitting of the lowest temperature inside and outside of greenhouse(In overcast)

3　小结与讨论

在宁南山区两个季节的观测试验得到如下初步结果:

1) 温度条件是影响日光温室生产及效益的最关键因子,在宁南山区的观测表明,四种典型天气情况下,温室内的气温日变化特征存在明显差异。

2) 两个冬季(包括秋末春初)的观测期中,温室日最高气温和日最低气温一直保持在较适宜的水平,既没有出现高温热害,也没有出现严重的低温冻害,主要是由于该日光温室的建设标准较高、管理水平也较高。

3) 温室内的日最高气温出现的时间主要分布在 9:00—17:00,也即揭苫和盖苫之间这一时段,集中在 12:00—14:00,占总观测天数的 67%;温室内日最低气温主要出现在临近揭苫前的某一时刻,其中以 7:00—9:00 最集中,占总观测天数的87.5%。

4) 分两种天气条件分别建立了温室内日最低气温和室外日最低气温的线性回归方程,历史回代检验表明方程的预报绝对误差均在 4℃以内,在 2℃以内的占总数的 80%以上,预报精度较好。

低温冻害是影响宁南山区日光温室生产效益的关键因子,虽然试验点的温室由于建设质量好、管理水平高,在两个观测季内没有受到较明显的低温冻害,但大多数棚体结构和管理水平一般的温室还是受到了一定影响,如 2009 年 2 月下旬连续的降雪降温、2010 年 2 月上中旬的持续低温阴雪、2011 年 1 月 26—27 日的降雪降温天气均给山区的温室生产带来较大损失。由于温室内的最低气温多出现在揭苫前的某一时刻,因此在日常管理中要特别注意加强早晨揭苫前温室内气温的监测,并注意适时揭苫,减轻低温对温室生产的不利影响。虽然所建立的温室内最低气温预报方程的历史回带检验精度总体较高,在实际应用中也取得了一定效果,但预报精度(绝对误差)在 3℃~4℃的还占有一定比例,特别是阴天情况下占 10%,这在实际服务中是个不容忽视的问题。同时,由于气象部门的最低气温预报结果也存在一定误差,特别是在连续阴(雪)天等极端天气情况下,根据所建立的回归方程,利用天气预报结果预测温室内最低气温的预报精度还会有所降低,因此在实际气象服务工作中要综合考虑这些因素的影响,除了利用模式进行预测外,还需要加强温室内的温度监测才能保证服务效果。

参 考 文 献:

[1] 李东洲.宁夏设施农业建设发展现状及存在的问题和对策[J].中共银川市委党校学报,2011,13(5):28-30.

[2] 张耀武.宁夏设施农业产业化发展研究[J].农业科学研究,2011,32(4):54-59.

[3] 王　婷,张　嵩.宁南山区发展设施农业的途径及对策[J].宁夏社会科学,2008,(2):59-60.

[4] 李建设,高艳明.宁夏南部干旱半干旱地区设施农业可持续发展对策探讨[J].农业科学研究,2009,30(1):59-62.

[5] 孙　权,赵　晖,张广弟,等.宁夏南部山区设施园艺发展现状、问题与对策[J].农业科学研究,2011,32(2):77-81.

[6] 李美荣,刘映宁,赵　军,等.陕西省关中地区大棚蔬菜低温冻害预报服务方法[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):204-207,231.

[7] 王　琼,杜成华,周连科.影响大棚蔬菜的气象灾害变化特点及对策[J].气象科技,2008,36(4):458-461.

[8] 关福来,杜克明,魏瑞江,等.日光温室低温寡照灾害监测预警系统设计[J].中国农业气象,2009,30(4):601-604.