

赵先丽,张淑杰,蔡福,等. 辽宁省日光温室内最高和最低气温预报[J]. 江苏农业科学,2017,45(16):276-282.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.16.067

辽宁省日光温室内最高和最低气温预报

赵先丽,张淑杰,蔡福,赵梓淇,王宏博,李丽光

(中国气象局沈阳大气环境研究所,辽宁沈阳 110166)

摘要:利用2012年4月至2013年5月辽宁省盘锦市大洼县日光温室内外小气候观测资料,采用逐步回归方法建立辽宁地区不同天气类型和不同季节日光温室内最高气温及最低气温预报模型,并对拟合效果进行检验。结果表明,辽宁省大洼地区不同季节和不同天气类型日光温室内最高及最低气温预报模型差异较大,均通过了显著性检验;不同季节晴天和冬季阴天拟合效果稍差,其余季节不同天气类型拟合效果较好。春季、秋季、冬季中晴天、多云天、阴天、降水天日光温室内最低气温预报的平均绝对误差分别为0.420~1.130、0.005~0.064、0.043~0.150、0.190~0.270℃,均方根误差分别为0.540~1.530、0.005~0.076、0.050~0.180、0.200~0.320℃,平均相对误差分别为8.80%~19.90%、0.07%~0.70%、0.40%~2.60%、2.60%~4.10%;晴天、多云天、阴天、降水天日光温室内最高气温预报的平均绝对误差分别为1.95~2.23、0.26~0.95、0.05~1.55、0.01~0.57℃,均方根误差分别为2.61~2.78、0.29~1.03、0.06~1.88、0.012~0.710℃,平均相对误差分别为6.80%~7.70%、0.22%~1.00%、0.30%~11.80%、0.05%~3.40%。可见模型预报精度较高,可用于辽宁地区日光温室内最高和最低气温的预报。

关键词:日光温室;最高气温;最低气温;逐步回归;拟合检验;预报模型;天气类型;季节

中图分类号: S625.5⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)16-0276-06

辽宁省属温带季风气候,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,是中国日光温室冬季生产不须加温的最北部地区,光热条件适合进行设施农业生产^[1]。辽宁省是中国日光温室蔬菜生产的发源地,日光温室蔬菜的面积和产量均居全国首位,设施农业水平为全国前列,以日光温室蔬菜生产为主的设施农业已成为辽宁省现代农业的重要特征^[2]。截至2014年,中国设施农业总面积为 4.11×10^6 hm²,产值超过8000亿元,辽宁省设施农业总面积约为 7.46×10^5 hm²,其中蔬菜播种面积为 5.88×10^5 hm²,总产量达 3.23×10^7 t,总产值达721亿元,居全国第一^[3-5]。目前,设施农业是辽宁省抗灾避灾、农业增效、农民增收的优势主导产业,已成为辽宁省现代农业的重要标志之一。

日光温室结构相对简单且面积较大,防御自然灾害及适应逆境能力较弱,主要通过吸收太阳能提高温室土壤温度和气温,当外界环境温度较低时,日光温室作物易遭受低温胁迫,造成减产或品质降低,而中午时段易遭受高温胁迫^[6-7]。因此,根据日光温室外天气条件合理调控日光温室小气候是设施农业生产的关键,开展日光温室最低和最高气温预报以进行生产管理、调节气象条件十分重要,是防御设施农业低温

冻害和高温热害的重要措施之一^[8]。日光温室生产与日光温室内气象条件密切相关,尤其温度条件十分重要。国内目前对日光温室内气象要素的特征和预报研究较多,20世纪90年代开始对日光温室小气候(光照、温度、湿度、土壤温度)特征进行了系统研究并建立了统计模型。李军等基于能量和质量平衡原理,建立了以塑料大棚外气象要素为变量预报塑料大棚内温湿度的模型^[9]。魏瑞江等分析了河北省日光温室内各气候因子之间的关系,并建立了日光温室内外温度、湿度预报模型^[10]。李德等选取常规气象预报因子和实测值,利用多元回归统计方法建立了宿州地区日光温室内最高及最低气温预报模型^[11]。高丽娜等基于BP神经网络统计方法,以大棚外气象要素为自变量,建立了冬春季塑料大棚内极端温度和湿度的预报模型^[12-14]。刘可群等通过分析大棚内小气候特征及其与大气气候的关系,建立了武汉地区大棚内温度与太阳高度角及大气温度的相关模型^[15]。张索铁等分别建立了黑龙江省、吉林省温室内不同季节不同天气型的最高和最低温度相关预报模型^[8,16]。范辽生等对杭州地区冬季晴天、多云、寡照3种天气型单双层棚内的最低气温建立了预报模型,并进行了拟合和试报检验^[17]。

由于日光温室结构、管理和气候地域性的差异,各地建立的日光温室气温预报模型不能进行推广应用;且以往建立的模型大部分为温室内气温与外界气温之间的单因子模型,未考虑前一天的温室内小气候要素^[18]。目前关于辽宁省日光温室内气温预报的研究较少^[19-20],本研究利用2012年4月至2013年5月辽宁省大洼县日光温室内外观测资料,根据日光温室内小气候条件与室外气温、相对湿度等气象要素的关系,采用逐步回归方法,建立可动态预测温室内最高气温和最低气温的小气候模型,以期对辽宁省日光温室蔬菜生产提供气象预报服务,为农民增收和增收提供技术支撑。

收稿日期:2016-04-06

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费(编号:2014IAE-CMA04);公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201206024);辽宁省“十二五”科学技术重大项目(编号:2011210002)。

作者简介:赵先丽(1977—),女,山东聊城人,硕士,副研究员,主要从事应用气象和生态气象研究。Tel:(024)83890246;E-mail:zhaoxianli2001@163.com。

通信作者:李丽光,博士,副研究员,主要从事城市环境和全球气候变化研究。Tel:(024)83893253;E-mail:liliguangyjs@foxmail.com。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

辽宁省大洼地区属温带大陆性半湿润季风气候,四季分明、气候温和、雨量集中、光照充足。年平均气温为 9.3 ℃,年平均最高气温为 32.7 ℃,年平均最低气温为 23.8 ℃,年平均降水量为 647.3 mm,年平均无霜期为 208 d,年日照时数为 2 816 h,气候特点适合开展设施农业生产^[20]。

1.2 试验设计

2012 年 4 月至 2013 年 5 月在辽宁省盘锦市大洼县王家镇华侨村日光温室(122°03'45"E,40°56'08"N)内进行试验,温室结构为单面坡面,坐北朝南,东西走向,长度为 100 m,跨度为 10 m,脊高为 3.5 m。东、北及西面墙为双层砖墙,中间填充草帘、纸被、棉被及薄膜,北墙厚 0.50 m,东西墙厚 0.24 m,温室覆盖 0.08 mm 厚的聚乙烯塑料薄膜,膜上覆盖草帘和保温被,日出后揭开,日落前后盖上。温室设有上通风口,采用半自动放风方式,基本管理方式为每日 08:00 后揭开草帘,16:00 覆盖草帘^[20]。

温室内无供暖设施,无照明设备,采用人工方式灌溉和施肥。温室内种植作物为番茄,品种为靛粉 1 号,主要观测项目为番茄出苗期、移栽期、开花期、结果期和采摘期,记录各发育期开始期、普遍期、末期出现日期;田间管理主要记录整地、移栽、灌水、施肥、喷药、铲趟、除草、采摘的时间和措施。番茄观测时间为 2012 年 4 月 16 日至 5 月 31 日、2012 年 10 月 1 日至 2013 年 5 月 31 日。番茄行距为 1.03 m,株距为 0.24 m,2011 年 9 月移栽,2012 年 4 月 21 日进入采摘期,2012 年 5 月 29 日采摘结束;2012 年 10 月 15 日番茄移栽,2013 年 1 月 1 日进入结果初期,2013 年 3 月 6 日进入采摘期,2013 年 6 月 18 日采摘结束^[20]。

1.3 资料来源

温室内外小气候监测采用锦州阳光气象科技有限公司生产的 TRM-ZS3 型设施农业小气候观测仪,观测精度分别为 ±0.1 ℃、±2%,每 10 min 采集 1 次数据,温室内传感器距离地面 1.0 m,位于温室中间,温室外传感器距离地面 1.5 m,观测项目为温室内气温、温室外气温、温室内相对湿度、温室外相对湿度、太阳总辐射、光合辐射。日平均值(气温和相对湿度)取 1 d 内 144 个数据的平均值,日最高值和最低值(气温和相对湿度)取 1 d 内 144 个数据中的最高和最低值,剔除缺失和异常的观测数据。日光温室外日照时数和日降水量数据来源于大洼县气象站(122°04'E,41°01'N),距日光温室约 10.5 km^[20]。

1.4 研究方法

1.4.1 预报时段划分 将日光温室生产季划分为秋季(10 至 11 月)、冬季(12 月至翌年 2 月)、春季(3 至 5 月)3 个时段,建立不同季节日光温室最高气温和最低气温预报模型。

1.4.2 天气型划分 天气型划分:日照时数 ≥ 6 h 为晴天,3 h < 日照时数 < 6 h 为多云天,0 h < 日照时数 ≤ 3 h 为阴天,在阴天情况下如有降水,即为降水天^[21-22]。

1.4.3 模型建立 本研究采用 2012 年 4 月 17 日至 2013 年 5 月 31 日大洼日光温室的观测数据进行建模,剔除异常值,有效数据为 237 d,晴天为 181 d,多云天为 15 d,阴天为 25 d,

降水天为 16 d;春季晴天为 88 d,多云天为 7 d,阴天为 9 d,降水天为 7 d;秋季晴天为 32 d,多云天为 2 d,阴天为 4 d,降水天为 7 d;冬季晴天为 61 d,多云天为 6 d,阴天为 12 d,降水天为 2 d。采用前一日降水量 x_1 、前一日日照时数 x_2 、前一日温室内(最高气温 x_3 、最低气温 x_4 、平均气温 x_5)和温室外气温(最高气温 x_6 、最低气温 x_7 、平均气温 x_8)、前一日温室内(最大相对湿度 x_9 、最小相对湿度 x_{10} 、平均相对湿度 x_{11})和温室外相对湿度(最大相对湿度 x_{12} 、最小相对湿度 x_{13} 、平均相对湿度 x_{14})及当日预报的降水量 x_{15} 、当日预报的温室外气温(最高气温 x_{16} 、最低气温 x_{17} 、平均气温 x_{18})、当日预报的温室外相对湿度(最大相对湿度 x_{19} 、最小相对湿度 x_{20} 、平均相对湿度 x_{21})共 21 个因素作为预报因子,采用逐步回归法建立预报方程。

1.4.4 拟合检验 采用均方根误差 $RMSE$ 、相对误差 RE 和绝对误差 AE 对建立的模型进行评价分析。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}{n}}; \quad (1)$$

$$RE = \frac{\sum_{i=1}^n |(P_i - A_i)/A_i|}{n} \times 100\%; \quad (2)$$

$$AE = \frac{\sum_{i=1}^n |(P_i - A_i)|}{n}. \quad (3)$$

式中: P_i 为预测值, A_i 为实测值, n 为样本数。 $RMSE$ 、 RE 、 AE 越小,说明预报误差越小,预报越准确。

2 结果与分析

2.1 春季气温预报模型

2.1.1 春季最低气温预报模型 由引进的预报因子可见,春季晴天时,决定日光温室最低气温的主要影响因子为当日和前一日日光温室最低气温及前一日日光温室最低气温,前一日温室内最低气温、温室外最低气温、当日温室外最低气温与温室内最低气温相关系数均通过了 0.001 水平显著性检验,一般外界气温越低,日光室内气温也越低。李德等研究认为,春季晴天前 1~2 d 日光温室外温度条件对日光温室最低气温具有 1~2 d 的滞后效应^[11],本研究结果与之一致。而春季非晴天时,日光室内最低气温的主要影响因子为前一日日光温室最高气温与最低气温、相对湿度,前一日日光室内最低气温与平均气温,当日日光温室外最低气温和平均气温等,其中阴天时日光室内最低气温与前一日温室内最低气温、前一日温室内平均气温、当日温室外最低气温、当日温室外平均气温、当日温室外最大相对湿度显著相关(表 1)。

由春季日光室内最低气温反演可知,晴天温室内最低气温预报平均绝对误差为 1.130 ℃,均方根误差为 1.530 ℃,平均相对误差为 19.90%;多云天温室内最低气温预报平均绝对误差为 0.064 ℃,均方根误差为 0.076 ℃,平均相对误差为 0.70%;阴天温室内最低气温预报平均绝对误差为 0.043 ℃,均方根误差为 0.050 ℃,平均相对误差为 0.40%;降水天温室内最低气温预报平均绝对误差为 0.190 ℃,均方根误差为 0.200 ℃,平均相对误差为 2.60%(表 1、图 1)。由

表1 大洼春季日光温室最低气温预报模型

天气型	模型	样本数 (n, 个)	相关系数 (r)	P 值	平均绝对 误差(°C)	均方根误 差(°C)	平均相对 误差(%)
晴天	$y = 1.5801 + 0.7733x_4 - 0.4163x_7 + 0.4774x_{17}$	88	0.8573	0.0001	1.130	1.530	19.90
多云天	$y = -19.0304 + 0.6390x_6 + 0.2385x_7 + 0.2424x_{12} - 0.5790x_{18}$	7	0.9985	0.0061	0.064	0.076	0.70
阴天	$y = -27.9441 + 0.4939x_4 + 0.4905x_5 - 0.2756x_{17} + 0.3998x_{18} + 0.2412x_{19}$	9	0.9999	0.0001	0.043	0.050	0.40
降水天	$y = 117.1664 - 2.3784x_2 - 0.7169x_{11} - 0.3361x_{14}$	7	0.9961	0.0012	0.190	0.200	2.60

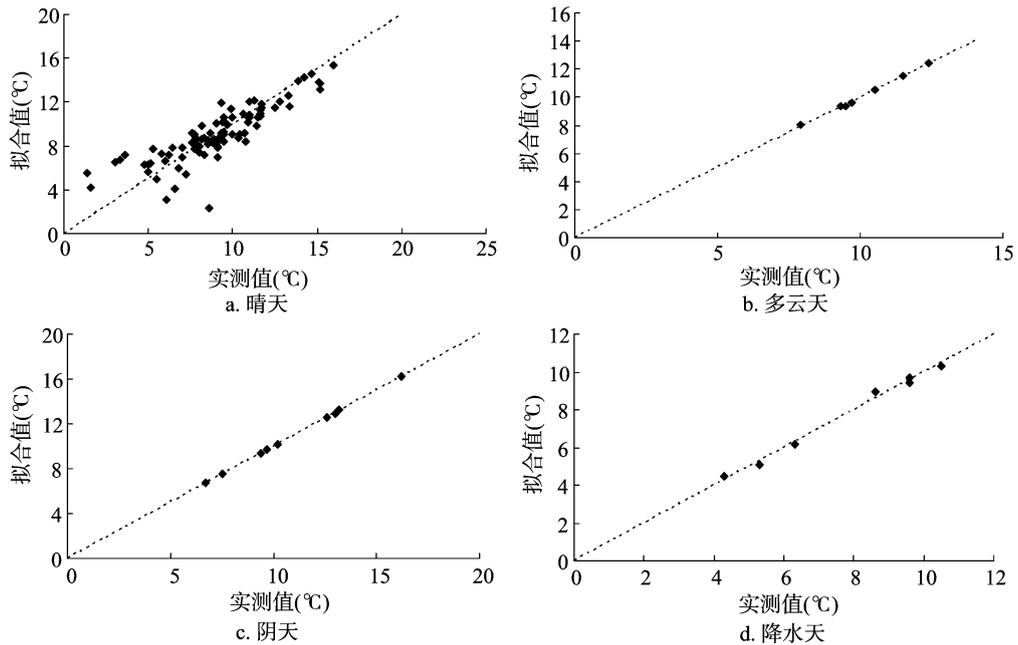


图1 大洼春季不同天气型日光温室最低气温拟合值与实测值

由此可见,大洼春季晴天时日光温室最低气温预报误差较大,其次为降水天,多云天和阴天预报效果较好。

2.1.2 春季最高气温预报模型 由表2可见,日光温室晴天最高气温引入的预报因子主要为反映空气水汽含量的当日和

前一日降水量,决定日光温室基础气温的前一日温室内平均气温、当日温室外最高气温和当日温室外平均气温。而春季非晴天时,日光温室最高气温的主要影响因子为前一日日光温室最高气温与平均气温及当日温室外的湿度条件等。

表2 大洼春季日光温室最高气温预报模型

天气型	模型	样本数 (n, 个)	相关系数 (r)	P 值	平均绝对 误差(°C)	均方根误 差(°C)	平均相对 误差(%)
晴天	$y = 16.2619 + 0.0451x_1 + 0.5507x_5 + 0.3859x_{15} + 0.9311x_{16} - 1.007x_{18}$	88	0.5627	0.0001	2.170	2.780	7.60
多云天	$y = 54.7077 - 0.1919x_3 - 1.600x_5 + 0.0358x_{20}$	7	0.9950	0.0017	0.260	0.290	1.00
阴天	$y = -0.5058 - 0.6787x_2 + 0.9876x_3$	9	0.9452	0.0012	0.910	0.960	4.10
降水天	$y = 89.4298 - 0.5919x_1 - 7.5507x_4 - 0.1983x_{16} - 1.3658x_{19} + 1.5394x_{21}$	7	1.0000	0.0037	0.010	0.012	0.05

晴天温室内最高气温预报平均绝对误差为2.170°C,均方根误差为2.780°C,平均相对误差为7.60%;多云天温室内最高气温预报平均绝对误差为0.260°C,均方根误差为0.290°C,平均相对误差为1.00%;阴天温室内最高气温预报平均绝对误差为0.910°C,均方根误差为0.960°C,平均相对误差为4.10%;降水天温室内最高气温预报平均绝对误差为0.01°C,均方根误差为0.012°C,平均相对误差为0.05%(图2、表2)。由此可见,大洼春季晴天时日光温室最高气温预报误差稍大,其次为阴天,多云天和降水天预报效果较好。

2.2 秋季气温预报模型

2.2.1 秋季最低气温预报模型 由表3可知,秋季晴天温室内最低气温主要由前一日温室内平均气温、前一日温室外最大相对湿度等决定,而前一日温室外最低气温为负贡献。分析表明,前一日温室外最低气温偏高时,温室内最低气温增高,同时使温室内最高气温偏高,通风换气时间延长,一定程度上导致温室内最低气温降低。而秋季非晴天时,日光温室最低气温的主要影响因子为前一日温室内平均气温、前一日温室外平均气温及前一日温室外平均相对湿度等。可见,

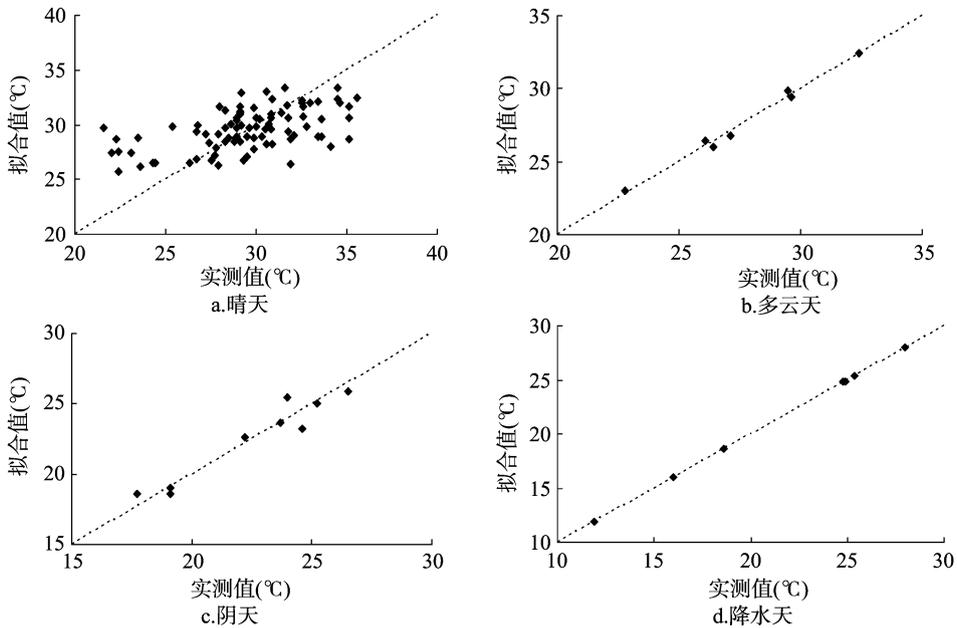


图2 春季不同天气型日光温室内最高气温拟合值与实测值

表3 大洼秋季日光温室内最低气温预报模型

天气型	模型	样本数 (n, 个)	相关系数 (r)	P 值	平均绝对误差 (°C)	均方根误差 (°C)	平均相对误差 (%)
晴天	$y = 41.5023 + 1.0721x_5 - 0.7046x_7 + 0.1676x_{10} - 0.2384x_{11} - 0.3805x_{12} + 0.5324x_{17}$	32	0.9249	0.0001	0.920	1.180	18.80
阴天	$y = 14.5745 - 0.6703x_8 - 0.0595x_{14}$	4	0.9968	0.0794	0.070	0.080	0.90
降水天	$y = 8.4489 + 1.3517x_5 + 0.1236x_{11} - 0.3348x_{21}$	7	0.9948	0.0018	0.270	0.320	4.10

注:多云天样本仅为2 d,本研究未进行建模。表4同。

秋季非晴天时前一日外界气象条件对温室内最低气温影响显著。

由表3、图3可知,秋季日光温室内最低气温预报平均绝对误差为0.920 °C,均方根误差为1.180 °C,平均相对误差为18.80%;阴天温室内最低气温预报平均绝对误差为

0.070 °C,均方根误差为0.080 °C,平均相对误差为0.90%;降水天温室内最低气温预报平均绝对误差为0.270 °C,均方根误差为0.320 °C,平均相对误差为4.10%。由此可见,大洼秋季晴天温室内最低气温预报误差较大,其次为降水天,阴天预报效果较好。

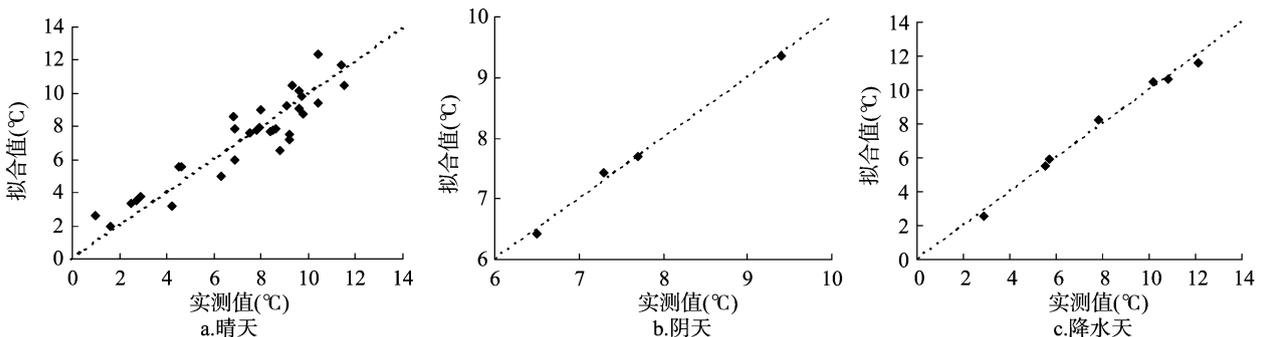


图3 秋季不同天气型日光温室内最低气温拟合值与实测值

2.2.2 秋季最高气温预报模型 由表4可知,晴天温室内最高气温主要影响因子为前一日温室内最高气温、前一日温室外平均相对湿度、当日温室外最高气温,而当日温室外平均气温为负贡献,主要是由于外界温度高,导致温室内最高气温偏高,通风时间长,降低了日光温室内的基础温度。秋季非晴天时,日光温室内最高气温主要受前一日温室内最低气温、前一日温室外最高气温、前一日温室外最大相对湿度及当日温室外最高气温影响。

秋季晴天日光温室内最高气温预报平均绝对误差为2.230 °C,均方根误差为2.780 °C,平均相对误差为7.70%;阴天温室内最高气温预报平均绝对误差为0.050 °C,均方根误差为0.060 °C,平均相对误差为0.30%;降水天温室内最高气温预报平均绝对误差为0.570 °C,均方根误差为0.710 °C,平均相对误差为3.40% (表4、图4)。由此可见,大洼秋季晴天温室内最高气温预报误差稍大,其次为降水天,阴天预报效果较好。

表4 大洼秋季日光温室内最高气温预报模型

天气型	模型	样本数 (n,个)	相关系数 (r)	P 值	平均绝对 误差(°C)	均方根 误差(°C)	平均相对 误差(%)
晴天	$y = -4.8212 + 0.4218x_3 + 0.2394x_{14} + 1.1953x_{16} - 1.6170x_{18}$	32	0.6786	0.0017	2.230	2.780	7.70
阴天	$y = 55.2854 - 1.6166x_4 - 2.6548x_6$	4	0.9999	0.0127	0.050	0.060	0.30
降水天	$y = -123.9919 + 1.4081x_{12} + 0.2979x_{16}$	7	0.9790	0.0017	0.570	0.710	3.40

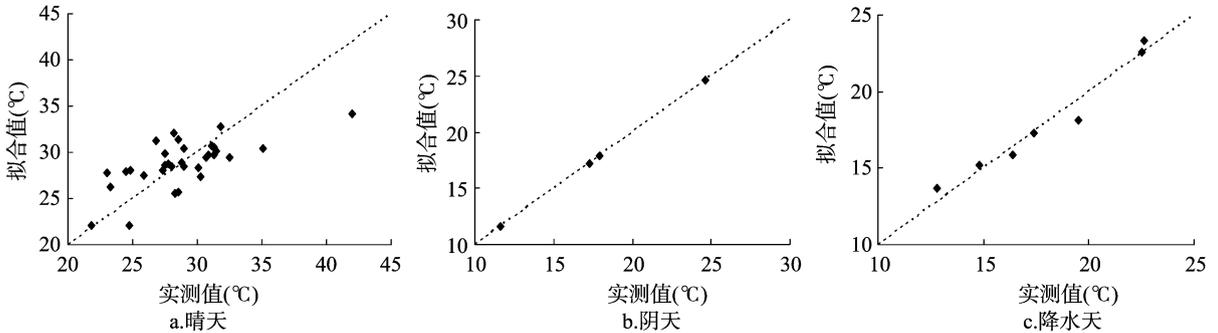


图4 秋季不同天气型日光温室内最高气温拟合值与实测值

2.3 冬季气温预报模型

2.3.1 冬季最低气温预报模型 由入选预报因子可见,冬季晴天时,决定日光温室内最低气温的主要气象要素为前一日温室内最低气温与平均气温、前一日温室外最低气温、当日降水量及当日温室外最高气温与平均气温,相关系数均通过了

0.001水平的显著性检验。而冬季非晴天时,日光温室内最低气温主要受前一日外界相对湿度、当日温室外气温等的影响(表5)。分析认为,前一日外界环境的相对湿度高,空气温度下降受到抑制,使夜间外界温度不会降得过低,从而影响温室内外热交换速度和强度,最终影响次日温室内最低气温。

表5 大洼冬季日光温室内最低气温预报模型

天气型	模型	样本数 (n,个)	相关系数 (r)	P 值	平均绝对 误差(°C)	均方根 误差(°C)	平均相对 误差(%)
晴天	$y = 1.3508 + 0.3622x_4 + 0.3181x_5 - 0.1259x_7 + 0.2538x_{15} - 0.2100x_{16} + 0.4632x_{18}$	61	0.9429	0.0001	0.420	0.540	8.80
多云天	$y = -27.1122 + 0.2882x_{11} + 0.0882x_{12} + 0.5471x_{18} + 0.0107x_{20}$	6	1.0000	0.0044	0.005	0.005	0.07
阴天	$y = 0.6653 + 1.4394x_1 + 0.0829x_{12} - 0.0231x_{13} + 0.1033x_{17}$	12	0.9689	0.0002	0.150	0.180	2.60

注:冬季降水天样本仅为2d,本研究未建模。表6同。

由表5、图5可见,秋季晴天温室内最低气温预报平均绝对误差为0.420°C,均方根误差为0.540°C,平均相对误差为8.80%;多云天温室内最低气温预报平均绝对误差为

0.005°C,均方根误差为0.005°C,平均相对误差为0.07%;阴天温室内最低气温预报平均绝对误差为0.150°C,均方根误差为0.180°C,平均相对误差为2.60%。

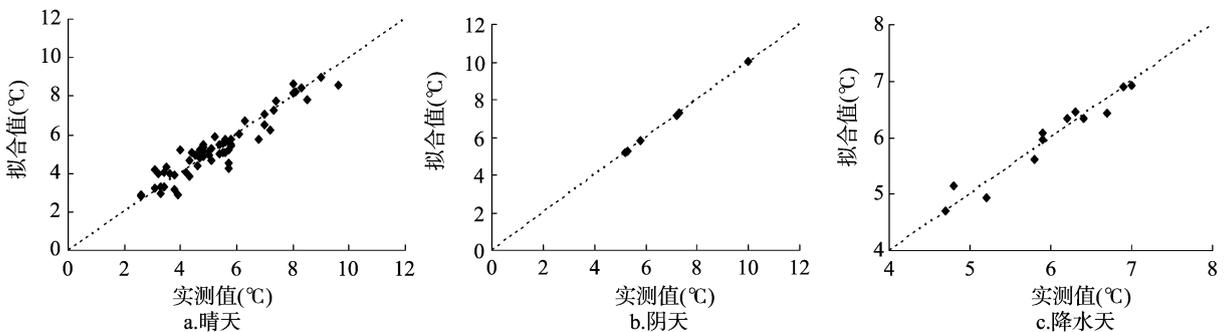


图5 冬季不同天气型日光温室内最低气温拟合值与实测值

2.3.2 冬季最高气温预报模型 由表6可见,冬季晴天温室内最高气温受前一日温室外最低气温与平均气温、当日降水量及当日温室外平均气温的影响,由此进一步表明,日光温室外气温对日光温室内气温影响显著。而冬季非晴天时,决定

日光温室内最高气温的为前一日温室外最小相对湿度、当日温室外最大相对湿度、当日温室外最低气温等,还引入了日照时数预报因子,即外界的日照对日光温室内的气温也有一定的影响,进一步表明非晴天时,增加太阳散射光可提高日光温

室内气温。

由表6、图6可见,冬季晴天日光温室内最高气温预报平均绝对误差为1.950℃,均方根误差为2.610℃,平均相对误差为6.80%;多云天气室内最高气温预报平均绝对误差为0.950℃,均方根误差为1.030℃,平均相对误差为0.22%;

阴天温室内最高气温预报平均绝对误差为1.550℃,均方根误差为1.880℃,平均相对误差为11.80%。由此可见,大洼冬季阴天温室内最高气温预报误差稍大,其次为晴天,多云天预报效果较好。

表6 大洼冬季日光温室内最高气温预报模型

天气型	模型	样本数 (n,个)	相关系数 (r)	P值	平均绝对 误差(℃)	均方根 误差(℃)	平均相对 误差(%)
晴天	$y = 24.7937 - 0.3658x_7 + 0.3452x_8 + 0.6669x_{15} - 0.2414x_{18}$	61	0.5118	0.0017	1.950	2.610	6.80
多云天	$y = -77.1683 - 0.8993x_8 + 0.9980x_{19}$	6	0.9768	0.0098	0.950	1.030	0.22
阴天	$y = 49.2738 - 3.6745x_2 + 0.6194x_3 - 0.5824x_{13} + 10.6454x_{15} - 0.9513x_{17}$	12	0.9264	0.0158	1.550	1.880	11.80

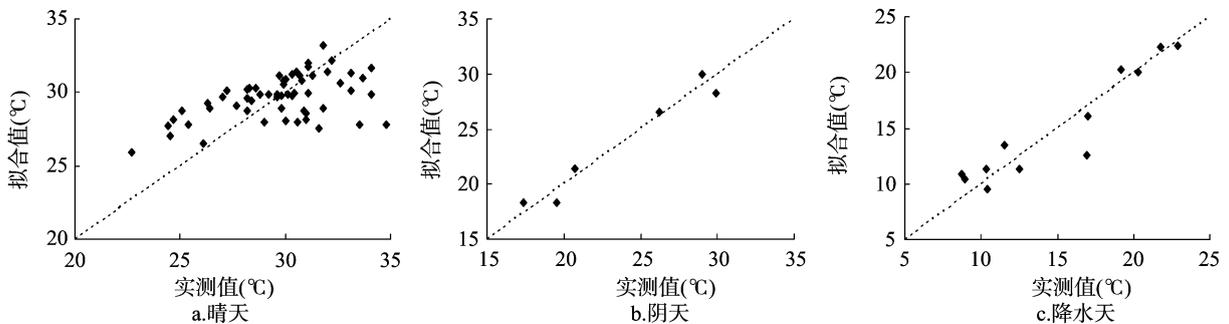


图6 冬季不同天气型日光温室内最高气温拟合值与实测值

3 结论与讨论

本研究采用逐步回归方法,建立适合大洼地区不同季节不同天气类型的温室内最低气温、最高气温的预报模型,模型均通过了显著性检验。大洼不同季节晴天温室内最低气温和最高气温预测模型的准确率稍差,春季最低、最高气温平均相对误差为19.90%、7.60%,秋季最低、最高气温平均相对误差为18.80%、7.70%,冬季最低、最高气温平均相对误差为8.80%、6.80%;阴天温室内最高气温预报准确率稍差,平均相对误差为11.8%;其余温室内最高气温和最低气温预报准确率较高,平均相对误差为0.05%~4.10%,均低于5.0%,预测准确率在95.0%以上。部分温室内气温预测模型预报精度高于张索铁等模型的预报精度^[8,11,17],可为大洼地区预防温室蔬菜冻害和热害提供参考,以提高蔬菜生产效益。

在全球气候变暖的背景下,极端气象事件发生频率增大,北方地区日光温室生产的高温、冻害、大风灾害和雪灾频繁发生,因此须进行温室内最低气温、最高气温的预测预报技术研究,为防灾减灾和温室生产管理提供依据。

本研究中大洼地区日光温室内最低气温和最高气温预测模型是基于日光温室内的观测资料及常规天气预报资料建立的,模型精度取决于常规天气预报水平,因此提高日光温室内最低气温和最高气温预报模型的精度,须进一步提高天气预报水平和积累试验资料进行深入研究。由于观测作物和观测资料有限,本研究未进行模型试预报,须进一步积累观测资料进行模型检验。依据当日天气现象分为4种天气类型,但在天气类型转化时日光温室最高气温和最低气温预测须考虑前一日的天气情况进行天气类型划分,须进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 陈艳秋,陈宇,吴曼丽. 辽宁省设施农业暴雪及大风灾情特征分析[J]. 安徽农业科学,2013,41(4):1660-1662.
- [2] 陈妮娜,蒋大凯,王瀛,等. 辽宁省设施农业大风和暴雪致灾指标[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):386-387.
- [3] 郎立新,史书强,张鹏,等. 辽宁省设施农业发展分析[J]. 园艺与种苗,2011(1):54-57.
- [4] 孙立德. 温室气象与作物保护研究[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2012:1-151.
- [5] 吕霞. 辽宁省设施农业生产存在问题及对策[J]. 农业科技与装备,2013(1):74-75.
- [6] 阎琦,陈妮娜,田莉,等. 辽宁设施农业致灾暴雪时空分布及天气学模型[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):373-376.
- [7] 马成芝,孙立德,穆春华. 喀左日光温室内气温变化规律及其应用[J]. 气象与环境学报,2007,23(5):49-52.
- [8] 张索铁,马树庆,庞义,等. 东北地区大型日光温室最高、最低温度预报模式探讨[J]. 中国农学通报,2014,30(23):249-253.
- [9] 李军,姚益平,徐蕊,等. 长江下游防虫网覆盖塑料大棚内温湿度模拟[J]. 农业工程学报,2010,26(6):238-244.
- [10] 魏瑞江,王春乙,范增禄. 石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气候的关系[J]. 气象,2010,36(1):97-103.
- [11] 李德,张学贤,祁宦,等. 宿州日光温室内部最高和最低气温的预报模型[J]. 中国农业气象,2013,34(2):170-178.
- [12] 高丽娜,孙擎,郭翠荣,等. 山西日光温室逐日极端气温预测模型研究[J]. 中国农学通报,2015,31(15):240-246.
- [13] 刘淑梅,薛庆禹,黎贞发,等. 基于BP神经网络的日光温室气温预报模型[J]. 中国农业大学学报,2015,20(1):176-184.
- [14] 金志凤,符国槐,黄海静,等. 基于BP神经网络的杨梅大棚内气

葛含静. 细菌纤维素高产菌株的筛选及鉴定[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(16): 282-285.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.16.068

细菌纤维素高产菌株的筛选及鉴定

葛含静

(陕西学前师范学院生命科学与食品工程学院, 陕西西安 710100)

摘要:细菌纤维素具有高结晶度、生物可降解性和合成可控性等优良特性,被公认为是一种性能较好的纤维素,广泛应用于食品、医学、造纸、声学等领域。笔者在研究中发现,实验室自制荞麦醋自然放置一段时间后,液面上长出厚厚的凝胶状膜,经成分分析,确定该膜成分为纤维素,结晶度为78%,I_α型纤维素含量为60%。取该荞麦醋的醪液,经富集、分离、初筛和复筛等,最终从108个单菌落中筛选出1株性能稳定的纤维素高产菌株J2,纤维素产量可达87.62 g/L(湿质量)。通过形态学与基于16S rRNA序列的分子生物学鉴定,确定菌株J2为汉森氏葡糖醋杆菌(*Gluconacetobacter hansenii*, GenBank 登录号为GU213109)。

关键词:细菌纤维素;菌株;鉴定;汉森氏葡糖醋杆菌

中图分类号: S182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)16-0282-04

细菌纤维素(bacterial cellulose,简称BC)是某些海洋生物(如被囊纲动物)、细菌(醋酸杆菌、假单胞杆菌、土壤杆菌、无色杆菌、八叠球菌等菌属的细菌)代谢产物,由 β -1,4-D-吡喃葡萄糖聚合而成,不掺杂任何其他形式的多糖,纯度极高^[1]。与普通植物纤维相比,BC机械强度高、吸水保水率高、生物适应性好,被认为是性能较好的纤维素,广泛应用于食品、医药、造纸、石油开采等领域^[2]。

目前,学术界对BC的合成研究主要是围绕培养基及培养条件的优化、菌株的代谢工程改造、高产菌株的自然选育及诱变选育等方面展开。陈军等利用糖厂副产物——酸化糖蜜生产BC,发现产量显著提高,且用红茶菌的复合菌种能更高效地利用碳源^[3]。夏露等利用甲醇废水发酵生产BC,发现以木醋杆菌静态发酵,BC产量较低^[4]。杨雪霞等研究发现,剪切力会影响纤维素产生菌的形态和生物量,不利于BC合成^[5]。翁媛媛等以惰性吸附载体固态发酵生产BC,在避免剪切力的同时,增加了固液界面的表面积,BC产量为液态静置

发酵产量的3倍,但后处理难度增加了很多^[6]。de Melo等对汉森氏葡糖醋杆菌(*Gluconacetobacter hansenii*) ATCC23769纤维素合成酶操纵子中部分基因进行克隆,采用过表达这些基因以期提高BC产量^[7]。周胜虎等从腐烂的水果中自然分离得到BC产生菌JX303335^[8]。余晓斌等通过紫外诱变^[9],杜双奎等通过高静水压诱变方法^[10]实现了BC高产突变株的成功选育。尽管BC生物合成的研究在各个方面都取得了长足进展,但从源头上自然筛选出性能稳定的BC高产菌株,优化其发酵条件,表征其产BC性能相关指标,仍具有重要的研究意义。本研究初步筛选出了1株BC产量高且传代稳定的菌株J2,并拟对其进行鉴定,同时,拟对菌株J2所产BC的超微结构和超分子结构也作鉴定,为后续通过诱变或基因工程方法选育优良的BC产生菌株奠定基础。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

本试验所用材料为笔者所在实验室自制荞麦醋。

1.2 试验试剂

细菌基因组提取试剂盒、2 000 bp DNA marker、Ex Taq酶,均购自日本TaKaRa公司。DNA胶纯化及回收试剂盒,购自美国Amersham Biosciences公司。细菌16S rRNA通用扩增引物F9/R1510及测序引物F9、R1510和F520,由生工生物工程(上海)股份有限公司合成。其他试剂均为分析纯级或生

温预测模型研究[J]. 中国农业气象, 2011, 32(3): 362-367.

[15] 刘可群,魏明锋,杨文刚. 大棚小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象, 2008, 34(7): 101-107.

[16] 王萍,刘春雪,王秋京,等. 黑龙江省温室小气候变化特征及预报模型的初步研究[J]. 黑龙江农业科学, 2014(5): 75-79.

[17] 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.

[18] 袁静,李树军,崔建云,等. 山东寿光冬季日光温室室内温度变

化特征及低温预报[J]. 中国农学通报, 2012, 28(3): 300-304.

[19] 张淑杰,杨再强,陈艳秋,等. 低温、弱光、高湿胁迫对日光温室番茄花期生理生化指标的影响[J]. 生态学杂志, 2014, 33(11): 2995-3001.

[20] 赵先丽,张淑杰,陈艳秋,等. 辽宁大洼地区日光温室小气候特征[J]. 生态学杂志, 2014, 33(10): 2656-2663.

[21] 魏瑞江. 日光温室低温寡照灾害指标[J]. 气象科技, 2003, 31(1): 50-53.

[22] 魏瑞江,李春强,康西言. 河北省日光温室低温寡照灾害风险分析[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(3): 56-62.

收稿日期:2016-10-19

基金项目:陕西省科技厅自然科学基金基础研究计划(编号:2016JQ3036)。

作者简介:葛含静(1981—),女,陕西咸阳市,博士,讲师,主要从事粮食工程与发酵技术创新、食品化学与营养学等方面的研究。

E-mail:gehanjing1981@163.com.