

肖芳,宋洋,杨再强.设施葡萄小气候预报模型的建立[J].江苏农业科学,2018,46(22):306-309.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.071

设施葡萄小气候预报模型的建立

肖芳^{1,2},宋洋¹,杨再强^{1,3}

(1. 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心,江苏南京 210044; 2. 内蒙古生态与农业气象中心,内蒙古呼和浩特 010051;
3. 江苏省农业气象重点实验室,江苏南京 210044)

摘要:2015 年 1 月至 2016 年 9 月,对南京市浦口区盘城现代农业园开展葡萄大棚小气候观测分析,以研究设施葡萄大棚内小气候变化规律,更好地为开展葡萄农业气象服务。结果表明,棚内日平均气温较棚外高 3.5℃左右;棚内日平均湿度与棚外温度呈线性负相关;建立的预测模型冬、春、夏季日均气温均方根误差分别为 0.590、0.580、0.432℃,日均湿度均方根误差分别为 2.07%、3.12%、1.30%;棚内日平均温度、湿度和棚外日平均气温、日最高气温及日平均湿度相关性达到极显著水平。

关键词:葡萄;塑料大棚;小气候;预报模型;温度;湿度

中图分类号: S162.4⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0306-04

近年来,气候变化加剧了气象灾害的发生,严重影响了农业的发展,而研究农业气象灾害监测预警系统已成为当务之急^[1]。葡萄(*Vitis vinifera* L.)为落叶藤本植物,是世界上最主要的水果之一,葡萄产量约占世界水果总产量的 1/4。近年来,中国葡萄设施栽培发展十分迅速,而其产量和品质受外界环境影响很大^[2]。

关于设施小气候特征和预报模型的研究国内外有一定报道^[3-5]。Ferreira 等利用神经网络方法模拟了温室大棚温度和棚外太阳辐射、温度、湿度、云量之间的关系^[6]。Walker 建立了一个温室的能量平衡模型,但这个模型有较大的计算误

差,模型也较为简单^[7]。储长树等分析了塑料大棚内温度、湿度的变化规律^[8]。近年来,不少学者对温室小气候的变化特征和预报模型也有了一些初步研究并取得一定成果。范辽生等利用逐步回归方法构建了一个大棚内日最低气温预报模型,以大棚外气温、相对湿度、地温、风速、日照时数、辐射等气象要素作为自变量,构建了基于 BP 神经网络的大棚内最高、最低气温预测模型及温湿度神经网络模拟^[9-11]。陈海生等对茶园塑料大棚内外温湿度的相关性进行了统计分析^[12]。符国槐等采用多元逐步回归统计方法,把大棚外空气温度、地面温度及大棚内空气温度作为模拟因素,对浙江省慈溪市设施葡萄大棚温度、湿度进行模拟,建立了温室大棚冬、春季室内气温预报模型^[13]。辛本胜等利用热平衡原理建立了日光温室环境预测模型,能够预测温室内温度和湿度^[14]。但是,目前对设施葡萄的小气候预报模型仍比较欠缺,尚未开展设施葡萄精细化气象服务,从而导致葡萄生长发育和果实品质受到一定影响。本研究分析构建设施葡萄小气候预报模型,以减轻设施葡萄因农业气象灾害造成的经济损失,有效增加设施葡萄种植的经济效益,并为设施葡萄的管理提供科学依据。

收稿日期:2017-06-27

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2014BAD10B07);江苏省科技支撑计划面上项目(编号:SBE2015740058)。

作者简介:肖芳(1988—),女,内蒙古锡林郭勒人,博士研究生,从事农业生物环境调控研究。Tel:(025)58731129;E-mail:xiaofang1230521@126.com。

通信作者:杨再强,博士,教授,从事应用气象、设施农业气象灾害、农业生物环境调控研究。Tel:(025)58731129;E-mail:yzq6751@163.com。

[7] 阳文锐,王如松,黄锦楼,等.生态风险评价及研究进展[J].应用生态学报,2007,18(8):1869-1876.

[8] 张思锋,刘晗梦.生态风险评价方法述评[J].生态学报,2010,30(10):2735-2744.

[9] 周婷,蒙古军.区域生态风险评价方法研究进展[J].生态学杂志,2009,28(4):762-767.

[10] 陈鹏,潘晓玲.干旱区内陆流域区域景观生态风险分析——以阜康三工河流域为例[J].生态学杂志,2003,22(4):116-120.

[11] 陈春丽,吕永龙,王铁宇,等.区域生态风险评价的关键问题与展望[J].生态学报,2010,30(3):808-816.

[12] 王志涛,门明新,崔江慧.沽源县未利用地生态重要性空间识别及其地形梯度特征分析[J].中国生态农业学报,2016,24(2):256-264.

[13] 贺奋琴.基于 RS 和 GIS 的水土流失因子提取与分析——以攀

枝花市为例[D].成都:成都理工大学,2004:27-36.

[14] 张瑞芳.基于 GIS 的山西省朔州市水土流失强度评价研究[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2006:15-17.

[15] 谢余初,巩杰,赵彩霞.甘肃白龙江流域水土流失的景观生态风险评价[J].生态学杂志,2014,33(3):702-708.

[16] 贾坤,姚云军,魏香琴,等.植被覆盖度遥感估算研究进展[J].地球科学进展,2013,28(7):774-782.

[17] 曾勇.区域生态风险评价——以呼和浩特市为例[J].生态学报,2010,30(3):668-673.

[18] 杨美玲,米文宝,李同昇,等.宁夏限制开发生态区生态系统重要性评价[J].地域研究与开发,2014,33(3):133-138.

[19] 巩杰,赵彩霞,谢余初,等.基于景观格局的甘肃白龙江流域生态风险评价与管理[J].应用生态学报,2014,25(7):2041-2048.

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

试验于 2015 年 1 月至 2016 年 9 月在南京市浦口区盘城现代农业园(118°42'E,32°12'N)进行。

1.2 试验材料

试验大棚为钢架结构,顶高 3.5 m、长 25 m、宽 18 m,南北走向,覆盖蔬菜专用的淡绿大棚薄膜,其透光度为 85%。大棚一般于 10 月底盖膜,5 月上旬揭膜。种植葡萄品种为红地球,采用常规栽培方法进行管理。

1.3 试验方法

试验大棚中心分别离地面 1.5、3 m 处各装 1 个美国产 Watchdog 2000 型温、湿度记录仪,自动记录大棚内的空气温、湿度,棚内气象要素值取同一时刻不同高度的平均值。棚外采集离地面 1.5 m 高度的气温、相对湿度、太阳辐射和风速,采集频率为 10 s/次,存储记录每小时的平均值。对采集的原始数据进行标准化处理,利用 DPS 软件进行相关性分析^[15]和逐步回归分析^[16]。由于 2016 年葡萄大棚内小气候变化规律与 2015 年相似,本研究葡萄大棚内小气候特征仅采用 2015 年 1 月 1 日至 8 月 29 日的观测资料进行分析。

2 结果与分析

2.1 大棚内小气候特征

2.1.1 气温变化特征 由图 1 可见,大棚内、外日平均气温变化趋势大致相同,均有很强的季节性变化;在 1—8 月观测期间,大棚内日平均气温差异相对较小,但均高于大棚外,棚内日平均气温较棚外平均高 3.4 ℃;1—2 月冬季大棚内、外日平均气温相差较大,棚内温度较棚外平均高 4.9 ℃;3—5

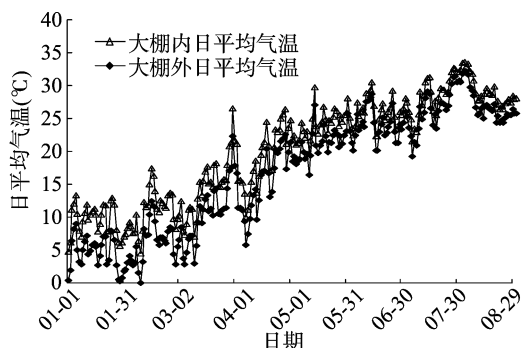


图1 2015 年大棚内、外日平均气温比较

月春季大棚内、外日平均气温差减小,棚内温度比棚外平均高 3.3 ℃;7—8 月夏季大棚内、外日平均气温相差较小,棚内温度比棚外平均仅偏高 2.1 ℃。这主要是由于冬季外界气温较低,大棚一般不打开,白天有太阳辐射,棚内气温迅速上升,夜晚由于薄膜保温作用,使棚内气温始终高于棚外,进入春季后,晴天时常会导致棚内气温超过 35 ℃,甚至达到 40 ℃,此时就须要打开大棚通风降温,随着外界气温升高,开棚次数增加,到了夏季,大棚内、外气温差异缩小。

一般而言,大棚内气温受天气条件的影响较大^[17-19]。棚内气温的变化主要受太阳辐射影响,不同天气状况下太阳辐射有所不同,导致室内的气温变化也有所不同。由图 2 可见,晴天时,白天棚内气温明显高于棚外,08:00 后棚内气温迅速升高,13:00 左右达到最高值,最低温度出现在 06:00,棚外气温最高、最低值与棚内出现时刻相同,10:00—11:00 气温上升较快,晴天时气温会先下降再上升,呈现出“双峰型”;阴天时,棚内气温升幅较小,最高温度出现 13:00—15:00 之间。

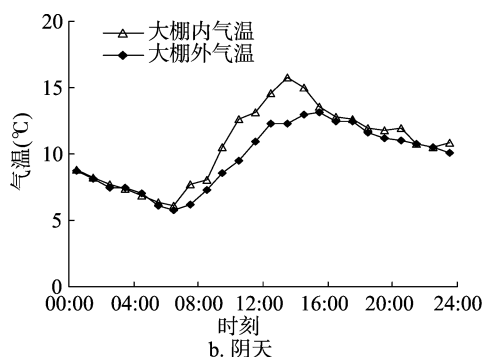
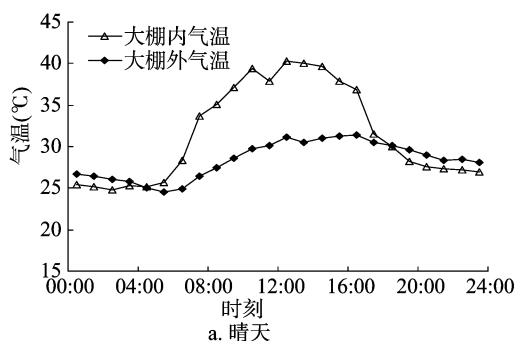


图2 晴天和阴天大棚内、外气温日变化

2.1.2 湿度变化特征 由图 3 可见,大棚内、外日平均湿度差异明显,棚内 1—8 月平均湿度为 82%,较棚外增加 14 个百分点。由图 4 可见,晴天时,大棚内外湿度变化差异相对较小,13:00—16:00 出现较为明显的差异;07:00 日出后,随着气温升高,棚内外湿度均逐渐下降,13:00—16:00 出现较低值,之后湿度逐渐增加;阴天时,大棚内湿度变化幅度较小,大棚内、外湿度变化日较差相对较小,但棚内湿度明显高于棚外;棚内湿度的变化主要集中在白天 08:00—18:00,夜间湿度变化相对较小。

2.2 大棚小气候预报模型的建立

2.2.1 逐步回归模型的建立 研究中常采用逐步回归模型

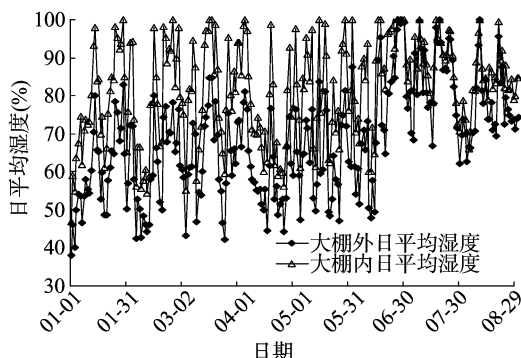


图3 2015 年大棚内、外日平均湿度比较

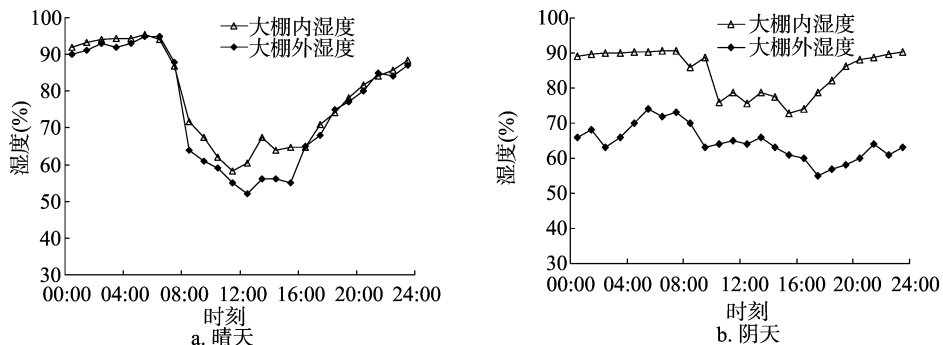


图4 晴天和阴天大棚内、外湿度日变化

对大棚气温进行预测,该模型为:

$$Y=b_0+b_1X_i+b_2X_j+\cdots+b_nX_n。$$

式中: b_0 是常数; X_i 为逐步回归模型中选入的变量; $b_1\sim b_n$ 为变量的相关系数。大棚外气象因子对大棚内气温有直接或间接的影响。白天,太阳辐射以短波透过覆盖薄膜照进大棚,入射的太阳辐射在接触到各种表面时转换为热能,这些热能又通过对流、长波辐射等方式散布到大棚空气中;夜间,存储在

土壤中的热量以长波辐射形式向四周散发,补偿大棚所散失的热量,以保证棚内气温高于棚外气温^[20-21]。在建立模型的样本中,选取大棚外前1 d 平均气温、前2 d 的平均气温、相对湿度、地表温度5、10、20、40 cm 地温平均值、最高值、最低值等气象要素作为自变量,大棚内气温、湿度作为因变量,应用数理计算方法建立大棚内气温、湿度的数学预测模型,结果见表1。

表1 不同季节大棚内日平均气温、湿度预测方程

棚内要素	季节	预测方程	变量名称
日平均气温	冬季	$Y=3.738\ 81+0.458\ 67X_1-0.451\ 34X_2+0.849\ 74X_3$	X_1 表示棚外日最高气温; X_2 表示前1 d 棚外日平均气温; X_3 表示地表日平均温度
	春季	$Y=8.569\ 47+0.223\ 65X_1-0.174\ 07X_2+0.536\ 49X_3$	X_1 表示棚外日最高气温; X_2 表示前1 d 5 cm 平均地温; X_3 表示5 cm 平均地温
	夏季	$Y=0.424\ 89+0.769\ 66X_1+0.355\ 91X_2-0.082\ 71X_3$	X_1 表示棚外日平均气温; X_2 表示5 cm 平均地温; X_3 表示前1 d 5 cm 平均地温
日平均湿度	冬季	$Y=57.119\ 31+0.162\ 36X_1+0.101\ 86X_2+0.179\ 25X_3$	X_1 表示棚外日平均湿度; X_2 表示棚外日最高湿度; X_3 表示棚外日最低湿度
	春季	$Y=53.297\ 45-0.878\ 97X_1+0.536\ 67X_2+0.477\ 72X_3$	X_1 表示棚外日最高气温; X_2 表示棚外日平均湿度; X_3 表示前1 d 日平均湿度
	夏季	$Y=33.511\ 72+0.129\ 10X_1+0.949\ 21X_2-0.348\ 05X_3$	X_1 表示棚外日最低气温; X_2 表示棚外日平均湿度; X_3 表示棚外日最高湿度

2.2.2 逐步回归方法模拟结果 采用逐步回归方法模拟冬季、春季、夏季日平均气温,结果见图5,模拟冬季、春季、夏季日平均气温基于1:1线的决定系数(r^2)分别为0.957、0.934、0.967,均方根误差(RMSE)分别为0.590、0.580、

0.432℃。采用逐步回归法模拟冬季、春季、夏季日平均湿度,结果见图6,模拟冬季、春季、夏季日平均湿度基于1:1线的决定系数分别为0.840、0.814、0.958,均方根误差分别为2.07%、3.12%、1.30%。

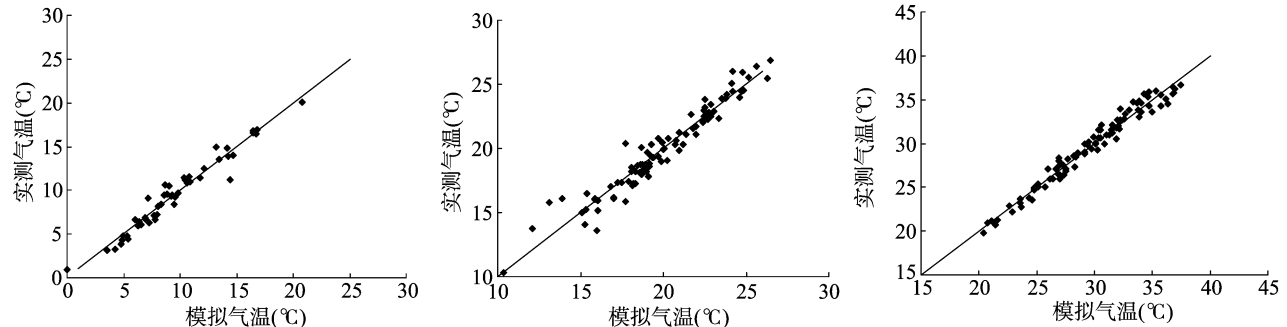


图5 日平均气温模拟值与预测值的比较

3 结论与讨论

本试验以南京盘城现代农业园设施葡萄大棚为对象,研究大棚内外日平均气温、日平均湿度、逐时气温、逐时湿度、日

最高温度、日最低温度的变化特征,以揭示设施葡萄塑料大棚的小气候变化规律。结果表明,晴天时,白天大棚内气温明显高于棚外,08:00后棚内气温迅速升高,13:00左右达到最高值,最低温度出现在06:00,棚内、外的气温最高值和最低值

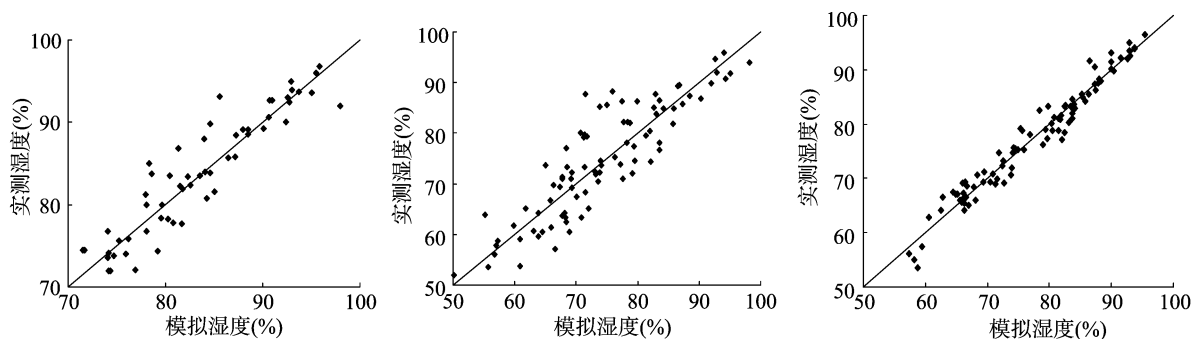


图6 日平均湿度模拟值与预测值的比较

出现时刻基本相同;10:00—11:00 时气温上升较快,为防止气温上升过高,12:00 农户会开通通风,气温转为缓慢上升或下降,晴天时气温会先下降再上升,呈现出“双峰型”;阴天,棚内气温升幅较小,最高温度出现在 13:00—15:00。温室内气温的变化主要受太阳辐射影响,气温日变化趋势与太阳辐射变化相同。从气温日变化看,晴天气温的日变化幅度大于阴天,这与符国槐等的研究结果^[13]基本一致。对大棚内、外日平均湿度变化而言,晴天时,随着气温的升高,湿度逐渐下降,13:00—16:00 出现较低值,之后湿度逐渐增加;晴天天气条件下,湿度日较差大,湿度的变化主要集中在 08:00—18:00,夜间湿度基本无变化;阴天全天棚内湿度明显高于棚外,主要是因为阴天大棚相对密闭,通风少;阴天时,大棚湿度变化幅度相对较小,大棚内、外湿度变化日较差较小。

逐步回归方法能够较好地反映常态条件下温室内、外气象要素间的相互关系。本研究采用逐步回归法对温室大棚冬季、春季、夏季棚内日平均气温、日平均湿度建立预测模型,模拟冬季、春季、夏季日均气温均方根误差分别为 0.590、0.580、0.432℃,模拟冬季、春季、夏季日均湿度均方根误差分别为 2.07%、3.12%、1.30%,这与王萍等的研究结论^[22]一致。

本研究的保温大棚为南方标准塑料大棚,对于连栋温室、日光温室及玻璃温室等其他温室类型而言,其小气候预报模型可能会有所不同,在应用上存在一定的局限性,因此,在应用其他温室类型时应对其进行相应的验证。

参考文献:

- [1] 符国槐,费玉娟,杨再强,等. 农业气象灾害预警系统研究进展[J]. 安徽农业科学,2011,39(18):10936—10938,10941.
- [2] 汤照云,吕明,张霞,等. 高温胁迫对葡萄叶片三项生理指标的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2006,24(2):198—200.
- [3] 王建林. 现代农业气象业务[M]. 北京:气象出版社,2010:263—271.
- [4] Garzoli K. A simple greenhouse climate model[J]. Acta Horticulturae, 1985,174:393—400.
- [5] Hortitrans J O. A model for predicting and optimizing humidity and transpiration in greenhouse[J]. Journal of Agricultural Engineering, 1994,57(1):23—37.
- [6] Ferreira P M, Faria E A, Ruano A E. Neural network models in greenhouse air temperature prediction[J]. Neurocomputing,2002,43(1/2/3/4):51—75.
- [7] Walker J N. Predicting temperatures in ventilated greenhouse[J]. Transactions of the ASAE,1965,8(3):445—448.
- [8] 储长树,朱军. 塑料大棚内空气温度、湿度变化规律及通风效应[J]. 中国农业气象,1992,13(3):32—35.
- [9] 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.
- [10] 金志凤,符国槐,黄海静,等. 基于 BP 神经网络的杨梅大棚内气温预测模型研究[J]. 中国农业气象,2011,32(3):362—367.
- [11] 李倩,申双和,曹雯,等. 南方塑料大棚冬春季温湿度的神经网络模拟[J]. 中国农业气象,2012,33(2):190—196.
- [12] 陈海生,黄寿波,俞忠伟,等. 塑料棚茶园内外温湿度的相关性分析[J]. 中国农业气象,1997,18(3):35—37.
- [13] 符国槐,张波,杨再强,等. 塑料大棚小气候特征及预报模型的研究[J]. 中国农学通报,2011,27(13):242—248.
- [14] 辛本胜,乔晓军,滕光辉. 日光温室环境预测模型构建[J]. 农机化研究,2006(4):96—100.
- [15] 唐启义. DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京:科学出版社,2010:665—673.
- [16] 魏淑秋. 农业气象统计[M]. 福州:福建科学技术出版社,1985:107.
- [17] 刘可群,黎明锋,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.
- [18] 赵鸿,张强,杨启国,等. 黄土高原半干旱雨养区日光温室小气候分析[J]. 应用气象学报,2007,18(5):627—634.
- [19] 孙智辉,蒋小莉,曹雪梅,等. 延安日光温室内部温度预报方法与指标的确定[J]. 中国农学通报,2010,26(15):372—377.
- [20] 薛晓萍,李鸿怡,李楠,等. 气候预报技术研究[J]. 中国农学通报,2012,28(29):195—202.
- [21] 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气候的关系[J]. 气象,2010,36(1):97—103.
- [22] 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.