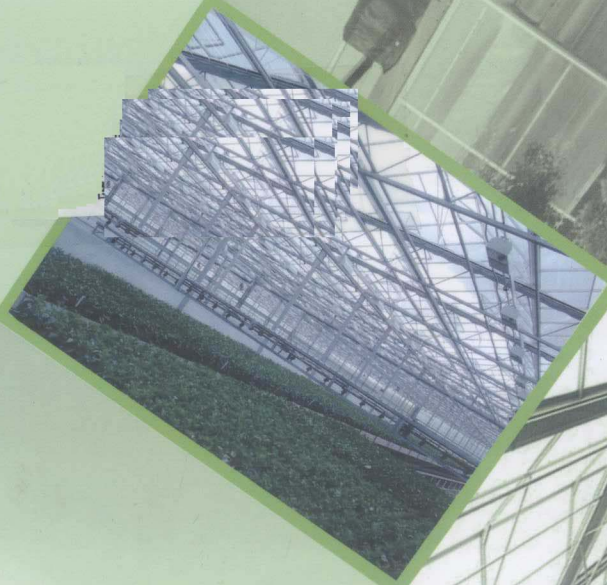
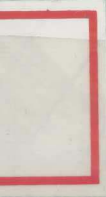


基于能耗与作物潜在产量的 温室气候区划

主 编:姚益平

副主编:罗卫红 杨忠恩

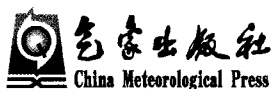


 气象出版社
China Meteorological Press

基于能耗与作物潜在产量的 温室气体区划

主 编 姚益平

副主编 罗卫红 杨忠恩
编 委 苏高利 戴剑锋
金志凤 李 军



内容简介

本书介绍了基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划研究成果,包括我国基于能耗的温室气候分布、温室主要作物的周年运行能耗需求和潜在产量分布、基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划和评价以及基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划业务软件系统。该成果可为设施农业发展规划与布局、温室投资成本分析以及节能减排等提供决策依据,具有较高的应用价值。

本书可供从事温室生产的业务、科研、教育、管理人员及学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划/姚益平主编;
罗卫红等编. —北京:气象出版社,2010.1

ISBN 978-7-5029-4926-6

I. ①基… II. ①姚…②罗… III. ①气候区划-温室栽培-
能量消耗-研究 IV. ①S625.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 012770 号

Jiyu Nenghao yu Zuowu Qianzai Chanliang de Wenshi Qihou Quhua
基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划

姚益平 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码:100081

总 编 室:010-68407112

发 行 部:010-68409198

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcsb@263.net

责任编辑:李太宇 章澄昌

终 审:赵同进

封面设计:博雅思企划

责任技编:吴庭芳

责任校对:赵 媛

印 刷:中国电影出版社印刷厂

开 本:889 mm×1194 mm 1/32

印 张:5

字 数:150 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版

印 次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~1000 册

定 价:25.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

序

党中央、国务院历来高度重视气象为农业服务工作。2008 年中央一号文件明确要求,要充分发挥气象为农业生产服务的职能和作用。多年来,气象部门始终坚持把为农业、农村、农民服务作为气象工作的重点任务,努力为农村防灾减灾、粮食增产、农民增收、农业增效提供气象保障服务。2008 年 11 月,《中国气象局关于贯彻落实〈中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定〉的指导意见》明确提出,面对现代农业的发展,要因地制宜、积极开展特色农业和设施农业的气象服务,建立符合地方现代农业发展特点,各具特色的农业气象服务技术体系和业务系统。

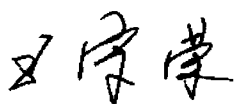
近年来,我国设施农业发展相当迅速,其中设施农业面积从 1981 年的 10.8 万亩* 发展到 2008 年的 5000 多万亩,生产产量达世界设施总产量的 20%,27 年间增长了 440 多倍。2007 年设施种植业的产值达到了 3500 亿元左右。设施农业是高效、优质、高产的现代化农业,可有效降低 CO₂ 排放,节约水资源,提高蔬菜、水果产品品质。大力发展设施农业和特色农业,是转变农业发展方式,促进农业增效、

* 1 亩 = 1/15 公顷(hm²)

农民增收的重要举措和有效途径。我国气候复杂多变,自然灾害类型多,发生频率高,对设施农业造成重大影响。加快气象事业发展,提高气象灾害的监测、预报、预警和服务能力,开展针对设施农业的气象保障服务技术的研究已成为我国现代农业生产的迫切需要。做好设施农业的气象保障技术研究和服务,增强设施农业抗风险能力,提高种植效益,将有效促进传统农业向现代农业转变。

《基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划》一书作者利用温室主要蔬菜作物生长发育模拟模型和温室环境调控能耗预测模型,系统分析了与温室生产环境调控能耗密切相关的气候条件,明确了我国基于能耗的温室气候分布、温室主要作物的周年运行能耗需求和潜在产量分布,开展了基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划和评价。该研究成果可为设施农业发展规划与布局、温室投资成本分析以及节能减排提供决策依据,具有较高应用价值。希望本书作者继续深入研究,为进一步提升气象为设施农业服务能力做出新贡献。

中国气象局副局长



2009年12月26日

前 言

温室生产是一种抗逆性的耗能型产业,受不同气候条件的影响,温室生产具有很强的区域性。开展基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划研究,旨在帮助各地根据当地的气候特点和温室作物生产潜力、能耗大小进行温室生产投资风险分析以避免投资的浪费和盲目性,以及为充分考虑和利用当地气候资源,进行温室结构设计、环境调控和配套种植技术的优化和标准化提供科学依据。

我们收集了全国 600 多个基本气象站 30 年的气象数据,以 GIS 为平台,利用温室主要果菜作物生长发育模拟模型和温室环境控制能耗预测模型,定量分析了与温室生产环境调控能耗密切相关的气候条件,明确了我国基于能耗的温室气候分布、温室主要作物的周年运行能耗需求和潜在产量分布。在此基础上,开展了基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划和评价,并建立了基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划业务软件系统。具体研究结果如下:

(1)明确了各地一年中适宜进行温室作物生产的时期、需要进行加热的时期、需要进行通风降温的时期,相应时段的有效积温、负积温和太阳辐射的分布情况,补充说明了其分布趋势。

(2)明确了温室主要作物(黄瓜和番茄)在不同 CO_2 和温度控制策略下的加温和降温能耗的分布情况。

(3)确定了温室主要作物(黄瓜和番茄)在不同 CO_2 和温度控制策略下的潜在产量以及单位产量所需能耗的分布情况。

(4)依据基于能耗的气候指标,将我国温室气候划分为“适宜区”、“次适宜区”、“不适宜区”(分别对应于温室生产的相对高能耗、中能耗和低能耗区域)和九个二级区(每个大区分为三个二级区)。

(5)在研制温室作物发育期预测、温室小气候预测、温室环境调控能耗预测、温室作物潜在产量分析等软件模块的基础上,集成基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划服务系统。

限于作者水平,书中难免存在错误和疏漏,敬请读者批评指正。

感谢中国气象局对本研究项目的支持!

作者

2010年1月10日

目 录

序

前 言

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 研究背景和意义	(1)
1.2 研究现状	(3)
1.3 研究内容和方法	(4)
第 2 章 我国温室生产气候资源分析	(7)
2.1 稳定通过各界限温度的持续天数、有效 积温和负积温	(7)
2.2 我国太阳辐射的估算	(26)
2.3 稳定通过各界限温度时期的太阳总辐 射	(33)
2.4 月平均气温和月太阳总辐射的关系图 ...	(37)
第 3 章 温室周年生产环境调控能耗及作物潜在 产量	(46)
3.1 温室作物生长发育模拟模型	(46)
3.2 温室小气候模型	(53)

3.3	基于小气候模型的温室能耗预测	(60)
3.4	气象资料的选择与转换	(61)
3.5	参考温室的选取	(65)
3.6	温室作物和温室温度及 CO ₂ 控制策略 ...	(65)
3.7	温室周年生产能耗及潜在产量	(67)
第 4 章	温室气候区划及评价	(104)
4.1	模糊聚类分析方法	(104)
4.2	温室气候区划指标	(105)
4.3	模糊聚类分析结果	(105)
4.4	分区评述	(131)
第 5 章	基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划	
	服务系统	(138)
5.1	系统设计	(139)
5.2	主要功能	(140)
参考文献		(144)
符号(缩写)说明表		(148)

第1章 绪 论

1.1 研究背景和意义

设施农业作为农业生产的高级生产方式,是人类利用自然、创造自然从事高效农业生产的有效手段,已经成为农业生产的重要组成部分,应用范围日益广泛。随着我国农业种植结构的调整,蔬菜作物已经逐渐成为继水稻和小麦之后,我国的第三大作物,而我国蔬菜生产的中高端生产食品主要集中在设施蔬菜生产中。受不同气候条件的影响,设施农业生产具有很强区域性。设施作物生产中,不论是设施建设还是作物生产以及生产成本、产品的产量、品质和食用安全等均与气象条件密切相关。因此,很有必要从多角度系统研究设施农业与气象条件的关系。发展温室生产中,应充分考虑气候条件的影响。光热资源是温室选址应该重点考虑的问题。专家建议,要根据气候特点,研究我国温室的合理布局。中国气象事业发展战略研究已将“开发温室生产农业气象保障和调控技术”列为现代农业气象主要任务之一。

我国加入 WTO 以后,农业直接面临国际市场的激烈竞争。根据有关农业经济学家的研究,在国际农产品市场

上,园艺作物产品是我国最具价格竞争优势的农产品。以温室作物生产为主的设施农业,因具有技术和劳动力密集、高投入高产出的特点,在我国农村经济发展和提高我国农业的国际竞争力中的作用越来越突出。同时,设施农业也是一种水分利用率最高的农业生产方式。我国水资源贫乏,设施农业因而也成为提高我国农业生产水资源利用率的重要途径。我国已成为世界设施作物栽培第一大国,设施作物栽培面积超过了 200 万 hm^2 。但与国外先进水平相比,我国设施农业在科技含量和技术水平上还存在较大差距。占我国温室面积 97% 以上的日光温室和塑料大棚因结构矮小、环境控制能力低下,不能满足作物周年生长的需要和适应产业化大生产的需求。而国产连栋现代温室的设计施工,则基本上是仿制荷兰的 Venlo 型玻璃温室和南欧及以色列诸国的塑料薄膜连栋温室结构。但我国是一个大陆性、季风性气候极强的国家,冬寒夏热。1 月份我国各地气温较全球同纬度地区低,而且纬度越高,偏低幅度越大;7 月份气温又比同纬度其他地区高,纬度越高,偏高幅度越大。要靠消耗矿物燃料来维持温室作物生育的适温,无论冬夏,其能源消耗比欧洲、日本大得多。显然,我国既不具备荷兰等西欧各国那种高投入能力和成熟的高端市场,也不具备南欧诸国那种得天独厚的自然气候条件,照搬国外的温室结构设计建造标准,其能耗、物耗大,成本昂贵;夏季通风换气不足,湿热蓄积严重,严重影响能耗、作物生长和温室利用率。迄今我国尚没有真正找到符合中国各地气候条件和经济技术发展水平的温室结构设计规律,国内在应用连栋温室进行生产过程中普遍存在着冬季加温耗能大、

夏季通风降温困难以及透光率相对较低等问题,导致温室造价和运行费用高,经济效益不理想等结果。

基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划研究,不仅有助于各地根据当地的气候特点和温室作物生产潜力、能耗大小进行温室生产投资风险分析以避免投资的盲目性和浪费,以及为如何充分考虑和利用当地气候资源,进行温室结构设计、环境调控和配套种植技术等优化和标准化提供科学依据,而且也将针对我国农业生产需求,进一步提升现代农业气象服务水平。

1.2 研究现状

国内外温室能耗研究概况:上世纪80年代以来,以荷兰为首的欧美国家开始研究大气候—设施—作物—小气候关系,建立基于此关系的温室作物生长模拟模型和温室小气候模拟模型以及温室环境调控能耗预测系统。荷兰已于上世纪90年代中后期率先研制出了基于温室小气候模拟模型和番茄作物生长模型的温室环境优化控制模拟系统KASPRO。但由于该模拟系统所采用的小气候和作物生长模型过于复杂且参数太多,在温室作物生产中至今尚未获得实际应用。此外,KASPRO只是针对荷兰的Venlo型温室及其高端配套设施进行参数化,目前尚不能直接应用于其他类型的温室。

我国对于温室作物生长模型和温室能耗预测模型的研究起步较晚,在上世纪90年代末才开始起步。国内针对温室能耗的研究报道较少。吴静怡等根据室内外环境温度、太阳辐射、室外风速等因素粗略估算了温室的能耗需求量,

但没有考虑到温室内作物(作物蒸腾)对温室能耗需求的影响。2001年以来,南京农业大学率先在国内开展了中国亚热带地区温室环境与作物模拟方面的研究工作,建立了现代温室小气候模型和黄瓜、番茄、甜瓜等主要温室作物模拟模型及基于小气候模型的温室能耗预测系统,并在利用温室小气候模型和作物生长模型进行温室气候(温度和通风)控制目标优化方面做了探索研究。

国内温室气候资源分析和区划研究与应用状况:区划比较分散,以区域性的区划较多,分区指标及方法多基于传统方法和经验。齐玉春(1998)对我国东部淮河以北地区节能型日光温室蔬菜生产的气候进行了分区,用多元统计的方法进行温室发展的理论区划研究。徐师华利用最冷候气温将我国设施园艺发展区分为北方和南方两大区,2000年对西北干旱农业气候区发展设施农业进行了分析。张亚红(2006)对中国温室气候区划进行研究,选用部分气象要素作区划指标,没有夏季降温能耗分析,选用的气象站点仅202个,没有使用GIS技术。目前尚未见到基于能耗与作物潜在产量的我国温室生产气候资源的全面分析研究与应用报道。

1.3 研究内容和方法

以GIS为平台,利用温室主要蔬菜作物生长发育模拟模型和温室环境控制能耗预测模型,定量分析与温室生产环境调控能耗密切相关的气候条件,明确我国基于能耗的温室气候分布、温室主要作物的周年运行能耗需求和潜在产量分布。在此基础上,开展基于能耗与作物潜在产量的

温室气候区划和评价,并建立基于能耗与作物潜在产量的温室气候区划业务软件系统。

1.3.1 我国温室生产气候资源分析

在分析我国已有的光(辐射)热(温度)资源分布的基础上,根据温室作物生长发育对光温条件的要求,明确我国温室生产气候资源分布情况:各地一年中适宜进行温室作物生产的时期(不用加热和采取强制降温措施,温室作物也能正常生长发育的时期),需要进行加热的时期,需要进行通风降温的时期。

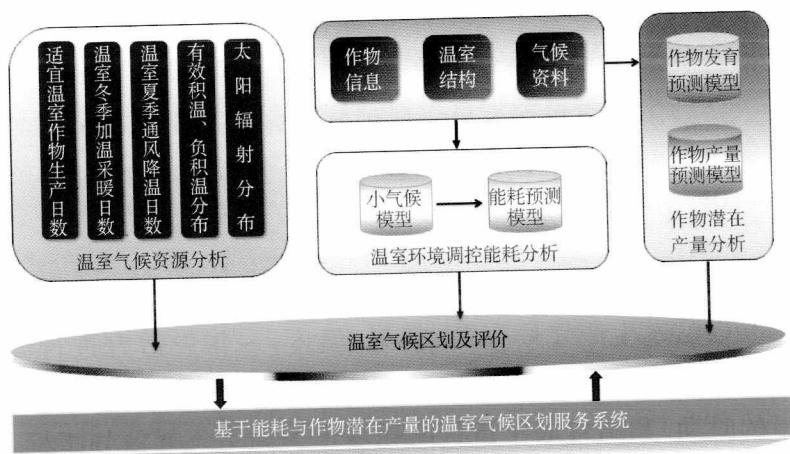


图 1.1 研究内容及技术路线示意图

1.3.2 温室周年生产环境调控能耗分析

基于小气候模型的温室能耗预测系统,可以根据温室外的气候条件(太阳辐射、温度、风速)、温室结构(跨度、跨数、长度、肩高、脊高、通风窗面积和开度等)、温室覆盖材料

(透光率、导热率)、温室内作物种类与生长期和温室温度控制目标,计算出温室加温或降温所需的能耗。因此,我们采用温室能耗计算机预测系统来预测目前我国主要温室类型(南方连栋玻璃和塑料温室、北方日光温室)生产主要温室作物(番茄和黄瓜)的周年运行能耗需求分布情况。

1.3.3 温室作物潜在产量分析

以温室主栽作物番茄和黄瓜为代表,将温室小气候模型与温室番茄和黄瓜作物生长模拟模型相结合,预测各个温室气候区的番茄和黄瓜的潜在产量分布情况。温室小气候模型可以根据室外气候条件、温室结构、覆盖材料以及温室内作物情况预测温室内辐射、温度、湿度和作物蒸腾速率。作物生长模拟模型可以根据到达温室内的太阳辐射和温室内气温及品种特性预测作物发育速率和生育时期、光合作用、干物质积累和产量。

1.3.4 温室气候区划及评价

以温室生产气候资源(辐射,温度,一年中适宜进行温室作物生产的时期、需要进行加热的时期,需要进行通风降温的时期)和温室周年运行能耗需求为温室气候区划指标,采用模糊聚类分析方法和 GIS 技术进行温室类型气候区划,确定各主要温室类型的适宜、次适宜和不适宜区,对各区域进行评价。

第2章 我国温室生产气候资源分析

各种作物的生长发育需要一定的适宜温度条件,同时要求生长期间温度有一定的数量积累,即有足够的热量资源才能完成作物的生长发育过程,形成作物产量,所以适宜的温度条件和足够的热量资源是保证农作物进行正常生长发育所必需的环境条件(崔读昌,1999)。

本研究从能耗角度出发,在分析我国已有的光(辐射)热(温度)资源分布的基础上,根据温室作物生长发育对光温条件的要求,明确我国温室生产气候资源分布情况:各地一年中适宜进行温室作物生产的时期(不用加热和采取强制降温措施温室作物也能正常生长发育的时期),需要进行加热的时期,需要进行通风降温的时期。

2.1 稳定通过各界限温度的持续天数、有效积温和负积温

2.1.1 资料与方法

2.1.1.1 资料

选用我国 621 个气象站 1971—2000 年的逐日平均气温数据(气象台站空间分布见图 2.1.1)。研究所选的 621

个气象台站具有非常好的代表性,基本反映了地理位置及海拔高度对气温的影响,以及不同农业气候带的热量资源分布情况。



图 2.1.1 研究区域气象站点空间分布图

2.1.1.2 界限温度起止日期的确定方法

为了消除日平均温度逐日变化中小的不稳定的波动,显示出温度变化的平稳性,充分利用热量资源,在农业气象资料的统计中,一般采用五日滑动平均法来确定某一年份稳定通过某界限温度的起止日期。

五日滑动平均法是在一个长序列的逐日资料中,按日序从第一天到第五天,第二天到第六天,第三天到第七天,第四天到第八天,如此类推,每相应五天的资料计算其平均