

智能温室环境控制的研究现状及发展趋势

马万征¹, 马万敏²

(1. 安徽科技学院 城建与环境学院, 安徽 凤阳 233100; 2. 青岛市开发区农机监督管理局, 山东 青岛 266555)

摘要:针对智能温室环境控制的重要性,讨论了国内外的温室环境研究现状,分析了温室环境控制中存在的问题,并对温室环境控制的发展进行展望。该综述对温室环境调控的发展具有重要的指导意义。

关键词:智能温室;环境控制;现状;展望

中图分类号:S 625.5⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)23-0179-02

21世纪是设施农业迅速发展的时期。发达国家与发展中国家纷纷采取措施,加大投资,大力发展智能化设施农业^[1]。设施农业是采用先进的科学技术和工厂化生产方式,把作物种植在一个相对封闭的空间,为作物的高效生产提供适宜的生长环境,并且在任何地区,一年四季均能种植任何作物的现代化农业。设施农业是农业现代化的重要标志,其特点表现为高产量、高品质、环保、周年可持续生产^[2]。设施农业的迅速发展加速了农业科学推广,对农业现代化水平的提高起到了积极的推动作用。

温室内作物生长到一定时期,一方面对温室环境进行调控会影响作物的生长,另一方面作物光合作用、蒸腾作用的改变又对室内环境因子产生新的影响,从而产生了一种反馈作用机制,而在现有的温室环境控制系统并没有考虑到这种反馈作用机制^[3]。如果能同时对设施内的温度、光照、二氧化碳浓度等进行智能调控,并能考虑到作物反馈作用机制,这种调控方式既节约资源又提高生产效率。研究温室环境控制的现状及发展趋势,不仅可以提高作物的产量和降低温室能耗,而且对未来温室环境调控的发展具有重要的指导意义。

1 温室环境控制研究现状

1.1 国内研究现状

目前温室环境控制系统主要针对温度和湿度控制进行研究^[4]。卢佩等^[5]采用模糊控制方法,通过建立模糊控制系统模型和对模糊控制器的设计,引入解耦参数,实现系统的温湿度解耦控制,提高了温湿度控制

的精度。黄力栋等^[6]针对温室气候控制方法中温湿度之间的耦合作用,提出以温度控制为主、湿度控制为辅的控制策略,并建立两变量输入、三变量输出的控制主回路和补偿回路模糊控制系统,从而为温湿度控制提供了一种行之有效的方法。邓璐娟^[7]采用逆系统方法对温室环境非线性系统进行解耦和线性化,同时对随机的扰动进行补偿,采用PDF控制算法和Smith预估补偿对线性化后的系统进行了综合校正,在选择校正后闭环系统的参数时考虑了非线性系统解耦的要求。朱虹^[8]通过对历史温室环境数据的合理分析,将温室的温度控制模型近似为一阶惯性加时滞环节。基于该温度近似模型采用Zhuang等^[9]中提出的时间为权误差积分指标最优的参数自整定公式来整定PID控制器参数,将整定后的PID控制器应用于温室控制。杨泽林等^[10]通过数据挖掘,利用采集的温室内、外温度及室内湿度数据对温室状态进行分类,提出一种基于各类别中的温室温、湿度变化率相关性进行模糊解耦控制。沈敏等^[11]考虑开关设备组合作用下温室测控系统的非线性动态特性,提出结构简单、不需复杂数值计算的离散预测模型,对设备组合进行滚动优化预测控制,大大简化温室测控系统预测控制算法的复杂性,缓解了测控系统分布大时滞问题。

1.2 国外研究现状

国外的温室环境起步较早,温室环境控制经过多年的发展,控制技术和理论发展到较高水平。随着用于温室环境控制的作物模型的研究,研究人员将温室物理模型和作物模型结合起来,以实现温室的高效生产。Seginer等^[12]进行模拟研究确定温室二氧化碳施肥的优化措施,其方法是在建立一系列函数(作物生长函数、温室函数、设备函数及成本函数)之后,进行数值寻优得到不同温光水平下最优的二氧化碳施肥量,并给出一系列图表用于指导实际二氧化碳施肥操作管理;Van Straten等^[13]利用作物的光合作用和蒸腾作用进行温室内短期的优化与控制,利用有效积温的原理进行温室的长期的优化与控制,将短期优化和长期优

第一作者简介:马万征(1978-),男,山东冠县人,硕士,研究方向为现代设施农业环境控制技术。

基金项目:国家公益性行业(农业)专项经费资助项目(20113004);安徽省长三角联合攻关资助项目(1101C0603046);安徽省农业成果转化资助项目(10140306017)。

收稿日期:2011-08-03

化相结合,实现了以经济最优为目标的温室环境控制。Aaslyng 等^[14]利用作物的光辐射吸收、叶片的光合作用和呼吸作用预测模型建立了温室环境控制系统,根据自然光照来控制温室内的温度,系统在节省能源和由于光照减弱而导致的作物产量降低之间取得了很好的平衡。基于作物与环境的动态响应时间尺度不同,前人把温室作物生产优化控制问题分成慢速子问题和快速子问题 2 个子问题。Seginer 等^[15]只考虑慢速子问题,Hwang^[16]只考虑快速子问题。Van Henten^[17]是第一位解决整个优化控制问题的科学家,提出把系统分解为 2 个时间尺度的方法,根据该方法首先解决长期问题,然后用长期问题的结果来计算短期问题的轨迹并把该方法应用到生菜生产的优化控制中。从以上文献可以看出,国外进行温室环境控制时已经考虑到作物与环境的相互作用机制,同时考虑到作物动态响应与环境动态响应的的时间尺度不一致性,但应用到黄瓜生长的优化控制中较少。

2 温室环境控制存在的问题

目前国内温室环境自动控制、智能化管理等方面的研究未能结合作物的生长状态和过程,对温室内作物生长与温室环境之间的相互作用缺乏有机结合,同时对温室内作物生长发育的机理和产量形成没有进行深入而有实质性的研究,使这些研究成果在实用性上受到不同程度的影响,温室环境无法实现高产高效的综合控制,控制的精度和稳定性比较差。同时温室环境调控和作物生长管理并没有完全以经济效益为目标,对设施内机构(或设备)的调控效果模型和调控成本模型等方面未能进行深入研究^[18]。由于模型参数难以取得、某些变量难以观测等诸多因素的影响,使得控制精度和可靠性比较低^[19]。

3 展望

温室环境控制系统将向分布式、自动化、智能化、网络化方向发展,并应将专家系统、遗传算法和模糊神经网络等各种控制算法及仿真预测相融合。优化控制系统的性能,合理利用温室空间,充分节约能源以提高利用率,为温室作物创造适宜的生长环境,促进设施农业的全面发展。

The Current Situation and Trend of Intelligent Environment Control Technology in Greenhouse

MA Wan-zheng¹, MA Wan-min²

(1. College of Urban Construction and Environment, Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100; 2. Qingdao Development Zone Agricultural Machinery Supervision and Management Station, Qingdao, Shandong 266555)

Abstract: Aiming at importance of intelligent environment control technology in greenhouse, the domestic and foreign research situation of environment control in greenhouse were discussed. The problem of environment control in greenhouse were analysed. The development environment control in greenhouse were prospecting. The paper had important directive significance for the development environment control in greenhouse.

Key words: intelligent greenhouse; environment control; current situation; trend

参考文献

- [1] 毛罕平. 设施农业现状与发展[J]. 农业装备技术, 2007(5): 6-11.
- [2] 刘淑珍, 苗香雯, 崔绍荣. 设施农业与农业可持续发展战略[J]. 农机化研究, 2003(4): 16-19.
- [3] 胡伟松. 基于网络的温室环境控制设备自动化选配系统研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.
- [4] 李善军. 温室温湿度两级优化监控系统研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [5] 卢佩, 刘效勇. 温室大棚温湿度模糊解耦控制系统设计与仿真[J]. 农机化研究, 2010(1): 44-47.
- [6] 黄力栋, 胡斌, 罗昕. 温湿度解耦模糊控制系统研究[J]. 农机化研究, 2010(2): 56-59.
- [7] 邓璐娟. 智能温室的模型和控制策略研究[D]. 上海: 上海大学, 2004.
- [8] 朱虹. 基于模型的温室环境控制算法研究[D]. 南京: 东南大学, 2005.
- [9] Zhuang M, Atherton D P. Automatic tuning of optimum PID controllers[C]. IEEE, 1993, 140(3): 216-224.
- [10] 杨泽林, 李相白, 李建春, 等. 基于类别的温室温、湿度模糊解耦控制[J]. 湖北农业科学, 2010, 43(3): 701-704.
- [11] 沈敏, 张荣标, 盛碧琦, 等. 温室测控系统开关设备优化组合预测控制方法[J]. 农业机械学报, 2011, 42(2): 186-189.
- [12] Seginer I, Angel A, Kantz D. Optimal CO₂ enrichment strategy for greenhouses: a simulation study[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1986, 34(4): 285-304.
- [13] Van Straten G, Challa H, Buwalda F. Towards user accepted optimal control of greenhouse climate [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 26(3): 221-238.
- [14] Aaslyng J M, Lund J B, Ehler N, et al. Intelli Grow: a greenhouse component-based climate control system [J]. Environmental Modelling and Software, 2003, 18(7): 657-666.
- [15] Seginer, Ioslovich I. Seasonal optimization of the greenhouse environment for a simple two-stage crop growth model[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1998, 70: 145-155.
- [16] Hwang Y. Optimization of greenhouse temperature and carbon dioxide in subtropical climate [D]. University of Florida, 1993.
- [17] Van Henten E J. Greenhouse climate management: an optimal control approach [D]. Wageningen Agricultural University, 1994.
- [18] 毛罕平, 左志宇. 设施园艺环境控制技术的研究进展[C]. 纪念中国农业工程学会成立 30 周年暨中国农业工程学会 2009 年学术年会 (CSAE 2009)论文集, 2009.
- [19] Marcelis L F M. A Simulation Model for Dry Matter Partitioning in Cucumber[J]. Annals of Botany, 1994, 74(1): 43-52.