

基于 PLC 变频控制的温室雾化降温系统与试验研究

鲁伟¹, 陈景波¹, 王焯¹, 胡古月¹, 杨一璐¹, 丁跃林², 李玉同²

(1. 南京农业大学工学院, 江苏南京 210031; 2. 江苏洁澜现代农业装备有限公司, 江苏扬州 225264)

摘要 [目的]考查在温室中采用不同水压下喷雾降温的效果。[方法]以可编程逻辑控制器、变频器、水泵、触控系统和多路传感器为硬件平台,设计了温室变频雾化装置。试验探索 5 个不同喷雾频率下,系统的实际降温效果,并在此基础上提出了适合试验温室的喷雾压力。[结果]喷雾压力低于 110 kPa(对应喷雾频率为 31 Hz)时,降温幅度随着压力的增加而升高,但当喷雾压力大于 110 kPa 时,随着压力的增加降温效果趋于平滑,而温室内湿度随着压力的增加不断增加,喷头的流量随着压力的升高而近似线性增加。[结论]综合考虑温度和湿度 2 个因素,该试验温室的最适应喷雾为压力为 100~120 kPa。

关键词 温室;喷雾降温;PLC;变频器

中图分类号 S22 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)24-311-04

Research on the Atomization Cooling System Based on PLC Variable Frequency Control of Greenhouse

LU Wei, CHEN Jing-bo, WANG Xuan et al (College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210031)

Abstract [Objective] To investigate spray cooling effect under different spray frequency in greenhouse. [Method] A frequency conversion atomization device was designed based on PLC, frequency converter, water pump, touch system and multi-channel sensors to study the spray cooling effect. The experiment explored the actual cooling effect of the system under 5 different spray frequency, and proposed the best pressure for the experiment greenhouse. [Result] It was found that when the spray pressure is lower than 110 kPa (frequency of 31 Hz), the cooling amplitude increased with the pressure increasing. When the spray pressure was higher than 110 kPa, the cooling effect tended to be smooth with pressure increases while humidity increases with pressure. Also, water flow increased approximately linear with pressure. [Conclusion] Considered temperature and humidity, the best spray pressure for this greenhouse was 100 to 120 kPa.

Key words Greenhouse; Spray cooling; PLC; Frequency converter

温室中白昼植物生长的最佳温度一般不宜超过 30℃,达到植物生长的最高温时,植物将停止生长,超过最高温时植物将受到威胁甚至死亡^[1]。夏季温室降温一直以来都备受关注^[2]。传统的降温方式包括通风、遮阳、机械制冷和蒸发吸热等。其中自然通风降温经济简单,但受地理位置、天气等影响较大,降温效果受限制;机械通风是使用风机使空气流动,风机的运行和维护费用较高;机械制冷冷凝设备价格高,电能消耗和设备维护也比较昂贵,实际中一般不会采用;遮阳降温是靠温室中的外遮阳和内遮阳来降温,降温性能有限,效果不明显^[3];蒸发吸热是现代温室应用比较广泛的降温方式,如湿帘风机系统、细雾降温系统^[4]。很多试验研究了温室喷雾降温效果,但普遍采用单一压强或直接采用高压喷雾方式^[5]。该研究以可编程逻辑控制器与触控系统硬件控制平台,设计了温室变频雾化装置。在试验的基础上,研究喷雾压力对温度和湿度的影响,并给出适合试验温室的喷雾压力。

1 变频雾化装置设计

1.1 变频雾化装置组成原理 变频雾化装置主要由 4 部分组成,即传感器、控制器、执行机构和辅助设备。其中传感器包括流量传感器、液位传感器、压力传感器和温湿度传感器;控制器包括下位机 PLC 控制系统和上位机 HMI 触控系统;执行机构包括变频器、电磁阀、继电器、水泵等;辅助设备包括进水泵、蓄水箱、过滤器、喷雾管道和喷头等。

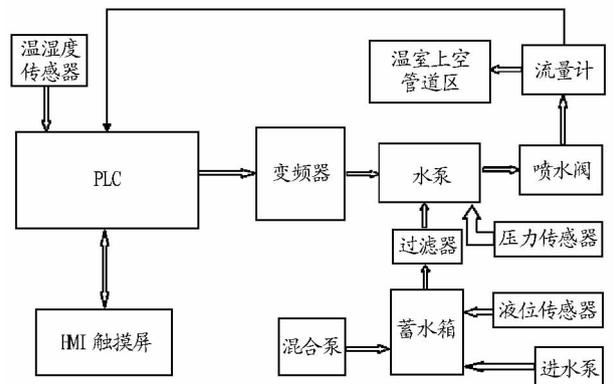


图 1 变频控制系统框图

如图 1 所示,下位机为 HW-36MT-3DA 型 PLC,包括 3 路数模转换输入和 3 路模数转换输出,工作性能比较稳定,价格远远低于进口 PLC,能够满足温室现场要求;上位机触控系统采用 WQT-T8048 型 HMI 触控屏。上位机与下位机之间通过 RS232 接口通信;变频器根据其内部晶体管电路的通断来调整输出电源的电压和频率,从而根据电机的实际需要提供相应的电源电压,选型为康卓 KZ100-2.2K-2 型变频调速器;喷雾水泵要求响应速率快,工作电压范围大,系统中选用的功率 2.2 kW 的 JET42-2.2 型电泵,采用离心式叶轮——径向导叶——喷射管的独特结构。其工作原理为:电源接通后,低水位的液体先从泵的进口进入,产生真空,随后经泵增压后排出,排出的液体沿喷雾管路输送到喷管中,在高压推动下从喷管上的各个喷头喷出,根据喷雾压力及喷头类别的不同,产生雾滴直径不同的雾;压力表用于测量入水压力,选用型号 BD-1001Y 的数字式压力表;喷头性能的好坏直接影响到喷雾的效果,该系统选用雾化效果优良、喷洒稳定且防

基金项目 国家自然科学基金项目(61273227);江苏省科技支撑计划(BE2013395)。

作者简介 鲁伟(1990-),女,辽宁丹东人,硕士,从事农业生物环境检测与控制方面的研究。

收稿日期 2015-06-29

漏滴的十字微喷头。安装在 UPVC 塑料管材的管路系统终端;继电器由输入电路和输出电路两部分组成,是一种输入端接收控制信号,输出端执行相应命令,以小电流控制大电流的器件。在系统中,将继电器输入端与 PLC 的 I/O 接口相连,输出端与执行设备相连,就可以通过 PLC 发出的命令实现设备的自动控制功能。为了实现对多个执行设备的控制需求,选用的是松乐 SRD 系列的 8 路继电器模块;温湿度测量为奥松 AQ3005Y 电压型温湿度变送器,该电容式传感器,内部采用 AM2305 作为温湿度测量部件,配以稳定可靠的信号处理电路,将温度与湿度信号转变为对应的电压信号,方便控制部件的读取,具有功耗低、可靠性高、使用方便等优点。25 ℃ 环境下测量仪器精度:温度 ± 0.3 ℃,相对湿度 $\pm 2\%$;分辨率:温度 0.1 ℃,相对湿度 0.1%。系统的组成还包括温室上空的管路系统和过滤器等。安装效果如图 2 所示。



图 2 变频控制系统的安装效果

1.2 变频雾化装置控制电路 变频雾化装置控制电路如图 3 所示。控制器上位机为 HMI 触控系统,下位机为 PLC 控制器。其中温湿度传感器、压力传感器和液位传感器为模拟信号,接入 PLC 的模数接口 AD1、AD2 和 AD3,流量传感器为脉冲信号接入开关量接口,进水开关和喷雾开关接入 X00 和 X01 端口。下位机驱动变频器、水泵等执行机构。触摸屏通过 RS232 接口连接下位机 PLC。通过 HMI 触摸屏可以直接对下位 PLC 进行设置指令和驱动执行。

1.3 系统软件设计 变频喷雾装置的软件编程包括 HMI 触摸屏人机界面上位机软件的编程和 PLC 下位机控制程序设计 2 部分。

1.3.1 人机界面设计。 上位机编程环境为 WQT Designer 4.40 组态软件。变频控制系统通过 RS232 接口连接下位机 PLC 控制器,实时显示与存储喷雾信息。可触控设置喷雾时间、进水量和喷雾压力(频率)等参数和查询历史存储数据和当前工作状态。

1.3.2 PLC 控制程序设计。 下位机编程环境为 hwStar V 5.78 软件,采用梯形图编写。如图 4 所示,系统上电初始化

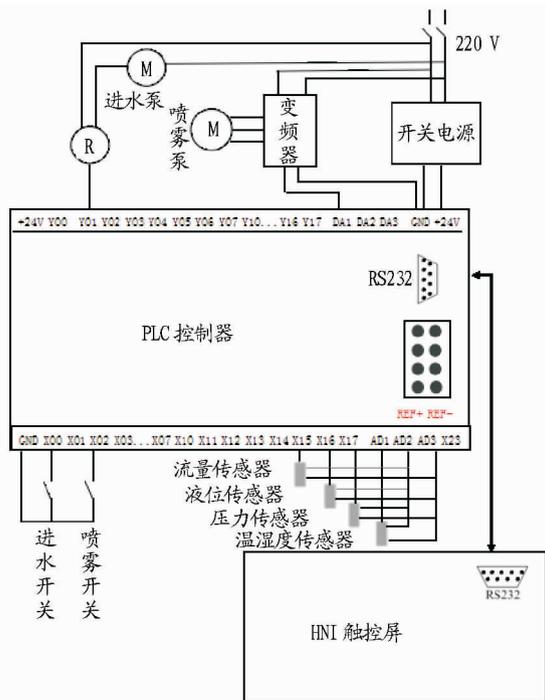


图 3 变频控制系统控制电路

后在 HMI 触摸屏上设置工作压力和水箱水位,若液位传感器检测到液位未达到预定值则继续向水箱里注水,液位达到时开启喷雾。压力传感器闭环检测压力是否达到设定值,流量传感器计量总的喷水量,若达到设定流量则电磁阀关闭,自动停止喷雾。为了使装置更易操作,还设置了手动的喷雾过程。

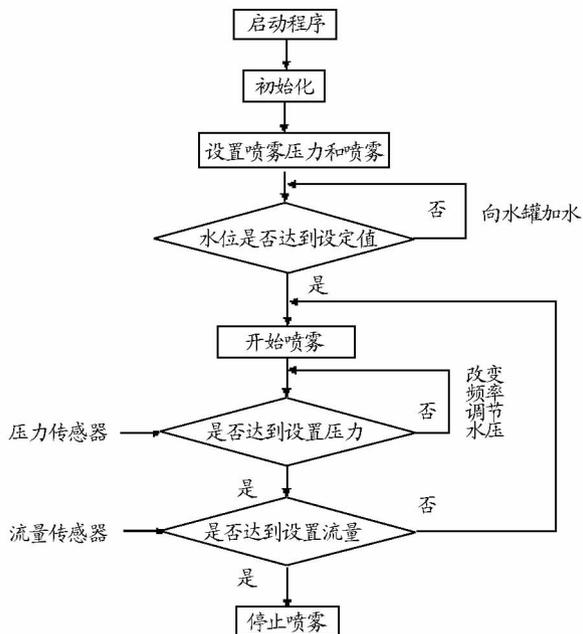


图 4 软件设计流程

2 试验内容

2.1 变压喷雾降温的基本原理 变频雾化装置的降温原理主要是利用水蒸发吸热的原理。水分蒸发的快慢主要与 3 方面因素有关。第 1 是液体表面的温度;第 2 是液体与气体

间接触表面积的大小;第3是液体表面气体流动速度的大小。在试验的过程中为了保证液体表面温度大小相同,试验选取室外晴朗,风力大致相同的天气进行。试验时为了增加降温效果,即保证液体表面气体流动速度,外遮阳展开,天窗打开。液体与气体间的接触表面积是试验中的自变量,随着喷雾压力的增加,雾化程度增加,雾滴颗粒直径越来越小,液体与气体接触表面积也增加。

2.2 试验方法 试验地点为南京农业大学工学院博远楼楼顶温室。该温室东西向跨度 16.0 m,南北向跨度 8.0 m,脊高 4.2 m,顶高 5.2 m,面积 128 m²,覆盖物为 4 mm 浮法玻璃,透光率大于 88%^[6]。具有内、外遮阳、天窗、滴灌和喷淋系统。试验时间为 2015 年 5 月 11 至 2015 年 5 月 20 日,试验时温室内生长的植物株高为 30 cm 的青椒苗。

试验选在气温高于 30 ℃ 的晴朗天气的 13 点左右。如图 5 所示,温室中共有 4 行喷雾管道,每行 10 个喷头,两头装备区不设置喷头^[7]。为了使测试温度更均匀^[8],在温室中设置 6 个点进行测量(见图 5),测量高度为距离植物冠层上方约 30 cm^[9]。试验采用上述的变频雾化装置,频率共 5 组变化值分别为 22、27、31、34 和 36 Hz,对应管道水压为 80、100、110、130 和 150 kPa^[10]。系统开启前记录当前温室的各项参数,每次喷雾的持续时间为 2 min,从系统启动开始,每 2 min 记录当前室内的温湿度值,共计 30 min,观察室内温湿度的变化情况。

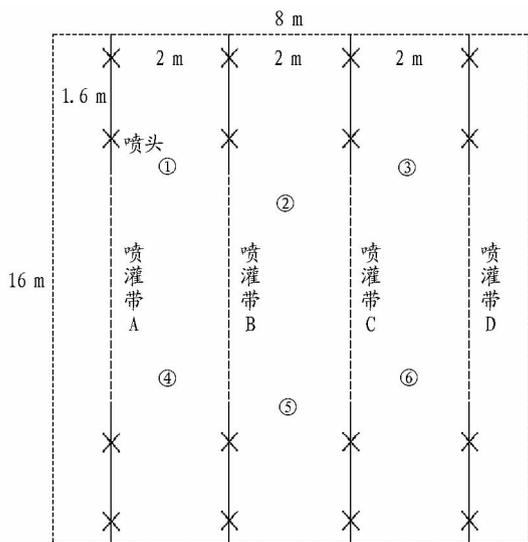


图 5 喷头和测量点布置

3 结果与分析

进入 5 月后南京已渐渐步入夏日,室外最高气温达 25 ℃,温室内常常超过 30 ℃。温室内 11 时至 15 时平均气温在 30 ℃ 以上,是喷雾降温的集中时间段。

从多组试验数据中选择比较有代表性的 5 组,对 6 个点的温度和湿度取平均值。绘制图 6、7 和表 1。从图 6 可以看出,在一定的压强范围内,降温幅度随着压力的增加而升高,但压强在 110 kPa 以上时温度降幅增加不明显;随着压力的增加湿度的增幅不断增加。从表 1 中可知,当喷雾压力为 80 kPa 时降温效果不是很明显,温度降低 0.83 ℃,19 min 左右温度又回升到初始值(后文简称回温时间)。并且试验过程中观察到雾滴落在叶片上,同时地面也变得潮湿,不易挥发;100 kPa 时温度降幅为 1.40 ℃,比 80 kPa 温度降幅增加了 40.7%,回温时间 31 min,降温效果相对可观。同时观察到地面大部分被打湿,但由于雾滴相对较小,容易挥发;110 kPa 处理时温度降幅为 2.52 ℃,与 80 kPa 处理比温度降幅增加了 80%,回温时间 27 min(回温时间小于 100 kPa 处理,其原因

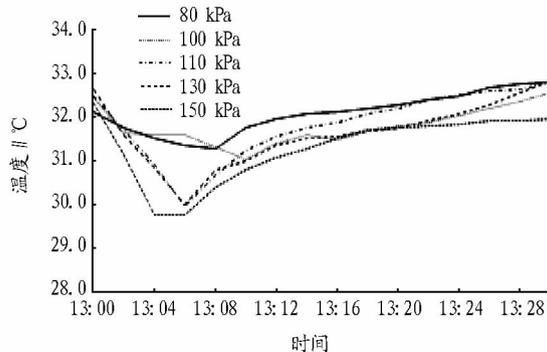


图 6 不同压力喷雾后温度变化趋势

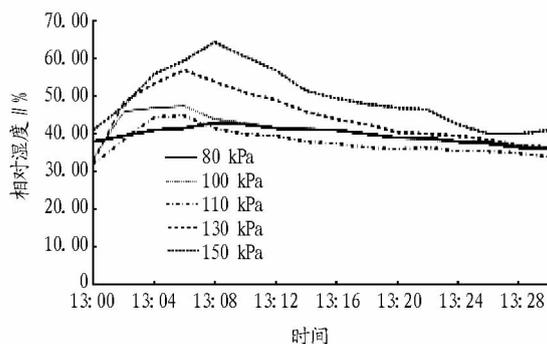


图 7 不同压力喷雾后湿度变化趋势

表 1 不同压力下的喷雾效果

喷雾压力 kPa	对应频率 Hz	室内温度/℃			回温时间 min	室内相对湿度/%			喷头流量 ml/min
		初始	最低	降低		初始	最高	升高	
80	22	32.11	31.28	0.83	19	37.7	42.9	6.7	190
100	27	32.43	31.03	1.40	31	33.2	47.3	14.1	246
110	31	32.47	29.95	2.52	27	32.2	44.8	12.6	292
130	34	32.61	30.00	2.61	33	32.4	56.8	22.4	334
150	36	32.30	29.73	2.57	>33	29.0	71.1	42.1	389

因可能是压力较大,雾滴相对较细,容易挥发),降温效果比较可观,地面较少被打湿,且很快挥发。110 kPa 后湿度增加比较明显,最大相对湿度增幅达42.1%。综合考虑温度和湿度2个因素,压力超过110 kPa 后温度降幅变化增加不明显的原因为压力增大后,喷雾量增加,雾滴数目更多,空气中有大量悬浮的颗粒,蒸发吸热几乎达最大状态,继续增加喷雾压力会使雾滴数目更多,湿度值一直保持在较高水平。若是温室初始温度较高,很容易使温室处于高湿度状态。因此喷雾压力过低或过高都达不到较好的降温效果,试验温室的最佳喷雾压力为100~120 kPa。

4 结论

(1) 变频雾化装置安装简单、价格低廉。采用多路模拟量和开关量接口的可编程控制器,结合触控操作系统,实现对温室变压喷雾各执行设备的驱动。

(2) 对荷兰 Venlo 型玻璃温室在自然通风状况下使用变频雾化装置进行变压喷雾降温。喷雾后,在一定压力范围降温幅度随着压力的增加而增大,最大降温幅度达2.52℃,能够达到降温的目的。

(3) 在压力升高到110 kPa 后,继续增加喷雾压力降温幅度增加不明显,湿度增加比较明显,温室长时间处于高湿度状态。这是因为总的喷水量较大,大量的雾滴悬浮在空气

(上接第301页)

实证分析,其中特别地关注农户对转基因水稻的认知和农户对政府的信任这两个因素对农户转基因水稻种植意愿的影响。研究表明:在其他条件不变的基础上,农户的转基因水稻认知水平和其对政府的信任程度对农户转基因水稻种植意愿具有显著正向影响,这说明农户对转基因水稻的认知水平提高和对政府的信任度提高能有效增加农户种植转基因水稻的意愿,有助于实现我国转基因水稻产业化。

基于以上研究,为实现农业现代化中的优良品种的普及,转基因作物的产业化发展,提出如下建议:

(1) 加强对转基因技术的知识宣传。研究结果显示农户对转基因水稻的正向认知能提高农户转基因水稻的种植生产意愿,这说明了知识的重要性。教育和培训是一种重要途径,应充分利用相关教育资源和媒介,对农户进行新技术的培训,来增加农户对其的了解,提高农户对转基因技术的认知。

(2) 为农民办实事,提高政府可靠度。政府应从农户的现实情况出发,针对农户的需求制定有效可行的政策,建立转基因新品种试点,并鼓励具有丰富经验的农户积极改种新品种,让农户看到种植转基因新品种的便利和增收效果,以消除农户顾虑,提高农户对政府的信任,进而提高对转基因新品种的种植意愿。

参考文献

[1] JAMES CLIVE. 2011 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势[J]. 中国生物工程杂志,2012,32(1):1-14.
[2] 段玉杰,肖尚斌,黎国有. 我国农业面源污染现状及改善对策[J]. 环境保护与循环经济,2010(3):19-21.

中长时间不能散去。虽然悬浮的雾滴不断蒸发吸收了热量使回温时间有所增加,但温室地面和空气都比较潮湿,且水流量较大,浪费了水资源。因此试验温室的最佳喷雾压力为100~120 kPa。

参考文献

[1] 谭胜男,汪小岳,保智敏,等. 温室内喷雾降温系统的 CFD 模拟[J]. 江苏农业学报,2013,29(2):283-287.
[2] 吕晓兰,傅锡敏,吴萍,等. 喷雾技术参数对雾滴沉积分布影响试验[J]. 农业机械学报,2011,42(6):70-75.
[3] 闫惠娟,丁为民,傅锡敏,等. 圆盘风扇辅助喷雾对雾滴沉积分布影响试验研究[J]. 中国农机化,2010(6):48-53.
[4] 袁雪,祁力钧,冀荣华. 温室风送式弥雾机气流速度场与雾滴沉积特性分析[J]. 农业机械学报,2012,43(8):71-77.
[5] 孙国祥,汪小岳,丁为民,等. 基于 CFD 离散相模型雾滴沉积特性的模拟分析[J]. 农业工程学报,2012,28(6):13-19.
[6] 邱白晶,沙俊炎,汤伯敏. 密闭空间雾滴沉积状态参数的显微图像解析[J]. 农业机械学报,2008,39(2):55-58.
[7] LEYVA R, CONSTAN-AGUILAR C, SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ E. Cooling systems in screenhouses: Effect on microclimate, productivity and plant response in a tomato crop[J]. Biosystems Engineering,2014,129:100-111.
[8] ALI H B, BOURNET P E, DANJOU V, et al. CFD simulations of the night-time condensation inside a closed glasshouse: Sensitivity analysis to outside external conditions, heating and glass properties[J]. Biosystems Engineering,2014,127:59-175.
[9] HU J, YANG Q Y, HUANG W, et al. Effects of temperature on leaf hydraulic architecture of tobacco plants[J]. Planta,2014,240(3):489-496.
[10] ZHANG Y, ZHONG C L, CHEN Y, et al. A novel approach for controlled pollination in *Casuarina equisetifolia* [J]. Silvae Genetica,2014,63(1/2):76-80.

[3] 李自林. 我国农业面源污染现状以及对策研究[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(5):207-212.
[4] 杨建利,岳正华. 2020 年我国粮食及主要农产品供求预测及政策建议[J]. 经济体制改革,2014(4):70-74.
[5] QAIM M, ZILBERMAM D. Yield effects of genetically modified crops in developing countries[J]. Science,2003,299(5608):900-902.
[6] 彭文平. 农民理性行为与农村经济可持续发展[J]. 江西财经大学学报,2002(6):23-26.
[7] ERVIN C A, ERVIN E. Factors affecting the use of soil conservation practices: Hypothesis, evidence and policy implications [J]. Land Economics, 1982,58:236-249.
[8] 宋军,胡瑞法,黄季琨. 农民的农业技术选择行为分析[J]. 农业技术经济,1998(6):1-5
[9] SCHULIZ T W. The value of ability to deal with disequilibria[J]. Journal of Economic Literature,1975,13(3):824-826.
[10] 张兵,周彬. 欠发达地区农户科技投入的支付意愿及影响因素分析——基于江苏省灌南县农户的实证研究[J]. 农业经济问题,2006,(1):40-44.
[11] 储成兵,李平. 农户对转基因生物技术的认知及采纳行为实证研究——以种植转基因 Bt 抗虫棉为例[J]. 财经论丛,2013,1(1):83-87.
[12] 朱诗音. 稻农对转基因水稻的认知、种植意愿及影响因素研究:基于江苏省淮安市稻农的实证分析[J]. 科技管理研究,2011,31(21):211-214.
[13] WARNER K E. The need for some innovative concepts of innovation of research on the discussion of innovations [J]. Policy Science,1974,5(4):433-451.
[14] 陈梦伊,柯晓溪,金琦,等. 稻农种植转基因水稻的意愿及影响因素——基于湖北省随州市的调查研究[J]. 中国食物与营养,2013,19(2):22-26.
[15] 陆倩,孙剑. 农户关于转基因作物的认知对种植意愿的影响研究[J]. 中国农业大学学报,2014,19(3):34-42.
[16] 马述忠,黄祖辉. 农户、政府及转基因农产品——对我国农民转基因作物种植意向的分析[J]. 中国农村经济,2003(4):34-40.
[17] 代云云,王凯. 梨农种植无公害鸭梨的意愿及其影响因素研究——基于河北省泊头市梨农的实证分析[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2008(6):47-51.