

# 茶园高架风扇防霜系统设计与试验\*

胡永光 李萍萍 戴青玲 张西良 田中 一久 崔桂玲

**【摘要】** 早春倒春寒气候条件下,茶树遭受严重的晚霜冻害,造成茶叶产量和品质的下降。在分析倒春寒逆温气象特点的基础上,研究了将近地上方高温空气与近地低温空气混合,实现防霜的作用机理;总体设计了以轴流风扇为核心部件的高架风扇防霜系统;对系统作用区域的风速分布特征、温度分布和温升效果,进行了试验研究。结果表明,一套功率3 kW的风扇防霜系统有效覆盖面积大于1 000 m<sup>2</sup>,在外界气温-4℃的霜冻条件下,可提高冠层温度4℃,能够有效预防消除茶园晚霜冻害。

**关键词:** 茶树 防霜 风扇 系统设计 逆温

**中图分类号:** S425; S24 **文献标识码:** A

## System Design and Experiment on Elevated Wind Machine for Tea Frost Protection

Hu Yongguang<sup>1</sup> Li Pingping<sup>1</sup> Dai Qingling<sup>1</sup> Zhang Xiliang<sup>1</sup> Tanaka Kazuhisa<sup>2</sup> Cui Guiling<sup>3</sup>

(1. Jiangsu University 2. Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center

3. Tea Research Institute of Maichun, Danyang)

### Abstract

Under the condition of late spring cold in early spring, tea plant suffers much damaged by frost, which causes low production and quality. On this occasion, temperature inversion occurs, which can be utilized to push upper warmer air downward to the cold tea plants so as to increase the temperature of tea canopy and prevent frost damage. Based on the principle, elevated wind machine system for frost protection was designed, of which axial-flow fan was a key component. The control sub-system was developed to make the whole system automatic start or stop based on the difference between the upper and lower temperature. Experiments were conducted to test effective range and frost protection effects. The results showed that one system of 3 kW power could cover effective range of 1 000 m<sup>2</sup> and increased temperature by 4℃ around tea canopy when ambient temperature was about -4℃. Therefore, the developed elevated wind machine system can effectively prevent frost damage.

**Key words** Tea plant, Frost protection, Wind machine, System design, Temperature inversion

### 引言

倒春寒气候对茶叶、果树、桑树等作物的危害很

严重,特别是茶叶在萌芽和一芽一叶期,其耐冻性最差,持续-2℃的低温会对其造成冻害<sup>[1]</sup>。传统的农作物防霜方法主要有覆盖法、烟熏法、灌溉喷水法

收稿日期:2007-10-19

\* 江苏省国际科技合作计划项目(项目编号:BZ2006039)、镇江市农业科技计划项目(项目编号:NY2005001)和江苏省农业三项工程项目(项目编号: SX(2007)001)

胡永光 江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室 讲师 博士生,212013 镇江市

李萍萍 江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室 教授 博士生导师 通讯作者

戴青玲 江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室 硕士生

张西良 江苏大学机械工程学院 副教授 博士生

田中 一久 三重县科学技术振兴センター农业研究部 主研究员,513-0813 日本国松坂市

崔桂玲 丹阳市迈春茶叶研究所所长 高级品茶师,212345 镇江市

等<sup>[1~2]</sup>,但其操作繁琐,费时费力,效果也不明显。

国外一些发达国家已经利用扰动空气的方法,来预防消除果园或茶园的霜冻,取得了很好的效果<sup>[3~6]</sup>。此类方法充分混合逆温上、下层的空气,以提高作物冠层温度,达到防霜的目的。在日本,茶园的防霜扇普及率高,其功率较小,近年来出现了可折叠的类型,以避免对其他茶园机械操作的障碍<sup>[7]</sup>。而在欧美国家及澳大利亚,主要用于果园和葡萄园防霜,其装置一般功率较大,风扇安装高度超过10 m,有的甚至利用直升飞机在作物上方作低空空飞,以扰动空气,达到防霜效果,但是成本很高。

国内关于这一方面的研究和应用几乎是空白。江苏大学李萍萍等试验研究了早春逆温条件下茶园近地温度时空分布特征,证实了防霜风扇应用的可行性,并为其开发提供了基础数据。本研究分析高架风扇防霜的作用原理与构成,设计了整个系统,并通过试验确定了系统的作用范围和防霜效果。

## 1 防霜系统作用原理与构成

高架风扇防霜系统的工作原理是基于早春倒春寒条件下出现的逆温现象。一般情况下,在低层大气中,气温随高度的增加而降低;但逆温条件下,大气上层空气温度高于地面温度,近地6 m高度空气层温度比地面平均高出约5℃(表1)。逆温将导致茶树冠层的温度低于零度,而处于此生长期的茶芽或叶片最不耐冻,从而造成霜冻害。利用风扇将上方较高温度的空气吹至下方低温空气,使其混合,以提高其温度,可避免霜冻的形成,保护茶树正常生长。

表1 近地6 m逆温层温度变化

Tab. 1 Temperature variation of inversion layer within 6 m above ground ℃

日期	时刻	近地高度/m			
		0(地面)	2	4	6
2007-03-06	2:00	-1.5	1.3	2.0	1.0
	6:00	-2.8	1.0	1.6	0.9
2007-03-11	19:00	3.9	5.6	5.4	10.1
	22:00	0.9	2.2	2.8	8.6

由作用原理分析可知,系统主要由轴流风扇、转动云台、安装立柱、电气控制箱、温度传感器、调整部件和其他附件等组成。系统作用原理与构成如图1所示。

## 2 系统设计

### 2.1 系统设计要求

为使系统达到预期的防霜效果,设计的轴流风

扇应满足风量和风压的要求,能够充分混合逆温层上、下方的空气;为提高系统利用效率和适应不同的气象、茶园地形和耐冻性不同的茶树品种,系统配置需可调整;控制系统性能可靠,能根据不同情况自动启闭系统,具有实用的控制技术,避免误操作。此外,由于系统在露天野外工作,环境条件恶劣,为保证正常使用,各部件要作防锈、防潮等处理。

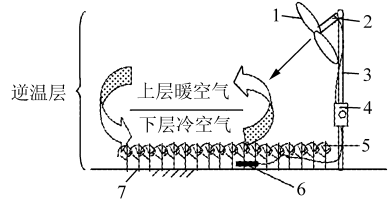


图1 高架风扇防霜作用原理与构成示意图

Fig. 1 Principle and configuration of frost protection system with elevated wind machine

1. 轴流风扇 2. 转动云台 3. 安装立柱 4. 电气控制箱 5. 茶树 6. 温度传感器 7. 地面

### 2.2 总体设计

系统的功能模块包括风扇和控制2个子系统,其中风扇系统由轴流风扇、主电动机、转动云台和安装立柱等组成,用以完成扰动气流、俯角调整和摆头;控制系统由传感器、采集电路、输入输出接口和单片机等组成,能根据不同的使用条件,实现风扇主电动机和转动云台摆头电动机控制。系统总体设计如图2所示。

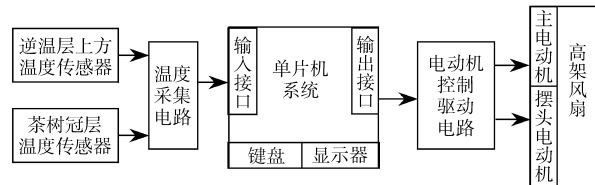


图2 系统总体设计

Fig. 2 Overall design of the system

## 3 试验

高架风扇系统的防霜效果取决于风机本身的性能,田间布置也是重要的影响因素之一。首先须测定单套风扇的风速分布特征(试验1),然后据此在不同地形的茶园内进行多套风扇的合理布置,保证防霜效果及其均匀性。避免茶园霜害的发生是高架风扇系统的根本目标,系统开发后进行了现场试验测试(试验2)。

### 3.1 材料与方法

供试高架风扇防霜系统由江苏大学农业工程研究院开发。主驱动电动机功率3 kW,风扇回转直径900 mm,转速998 r/min。风扇安装高度有2 m和6 m两种,分别用于试验1和试验2,安装俯角15°

50°可调,摆动范围 60°、90°、120°可调。摆头电动机功率 60 W,摆动周期 2 min。系统连续运行。试验 1 在江苏大学农机实验室进行,试验 2 的供试茶园选择江苏丹阳迈春茶场。试验仪器主要有:Kestrel 400 型小型气象站用于风速和温度测定,HT-441 型转速表用于风扇转速测定,DT800 型数据采集仪用于数据采集和记录。

试验 1 方法:选择夜间晴朗无风天气,在空旷平地上,以风扇轴线在地面上的投影为中心线,每隔 2 m 作为一个测试点;然后过此点的垂直线上,每隔 2 m 作为一个测试点。风扇水平安装,不摆头。在每个测点垂直上方 2 m 处,测定其最大风速,绘制风速分布图,如图 3 所示。

试验 2 方法:风扇俯角调整至 35°,不摆头。在风扇前方茶树冠层位置的水平面上,设置测点,方法同试验 1,间隔改为 5 m。在典型的倒春寒晚霜冻害发生条件下,启动系统并连续运行,夜间每隔 1 h 测定各点温度,并与外界气温进行比较。

### 3.2 风速分布特征与作用范围

将由试验 1 测定的各点风速值,标记图 3 中,然后按照风速大小进行分类,画出近似等风速曲线。

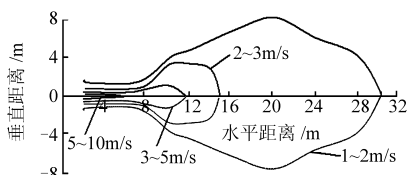


图 3 风速分布特征及作用范围

Fig. 3 Wind speed distribution and coverage

由图可知,风速分布呈平放鸭梨状。水平方向距离风扇越远,风速越小,0~15 m 范围内,风速急剧变小,15~32 m 范围内,风速基本稳定在 1~2 m/s。垂直方向上,基本呈对称分布,因安装和风扇动平衡引起的误差,左右两侧稍有差异。在水平 20 m 处,垂直分布最宽可达 16 m 以上。计算可知,1~5 m/s 的风速分布范围,约占总体分布的 96%。

由试验知,风速大于 0.6 m/s,即可扰动空气起到防霜作用,所以如将风速为 0.6~1 m/s 的分布范围计入,该系统有效作用面积范围约为 300 m<sup>2</sup>。若以风扇摆动范围 90°计算,其有效作用范围将大于 1 000 m<sup>2</sup>。

### 3.3 防霜效果

试验选择在霜冻严重的 2007 年 3 月 6~7 日进行,下午 19:00 开始,启动系统连续运行。测定风扇中心线在冠层位置水平投影 25 m 范围内的各点温度,并与无风扇作用区域的冠层温度进行比较,其结果见图 4。

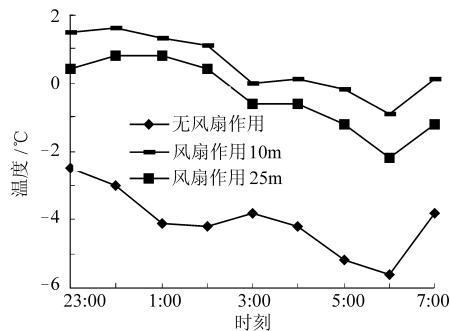


图 4 系统防霜效果

Fig. 4 Frost protection effect with wind machine

由图可知,高架风扇具有明显的防霜作用。风扇作用前方 10、25 m 处的温升平均达到 2.86 °C,最大高达 6.5 °C。无风扇作用区的冠层温度均低于 -2 °C,有严重霜冻出现(在凌晨 2:00~6:00),而风扇作用区的平均温度接近 0 °C,可以确保茶叶表面不成霜,从而避免了霜害。

此外,随着作用距离的增加,温升幅度减小,前方 35 m 处的温升不明显。风扇中心线水平投影两侧,随着宽度的增加温升也不断减小。在冠层上方垂直方向上,冠层及其上 3 m 处的温升效果,大于其上 2 m 处。试验中还发现,在风扇前方 5 m 范围内,仍然出现了霜害,其主要原因是风扇安装于 6 m 高空,且俯角为 35°,导致此范围内无气流扰动,冠层的冷空气不能和上方较高温度的气流进行混合。

### 4 结束语

设计和开发了一种新型高架风扇防霜系统。系统充分利用霜害发生时的逆温气象规律,用处于高处的轴流风扇,将近地上方的高温空气向下吹向低温茶树冠层,以提高其温度,从而避免霜冻害的发生。试验结果表明,该系统可提高茶树冠层温度约 2.86 °C,有效覆盖范围大于 300 m<sup>2</sup>/kW。

### 参 考 文 献

- 1 杨亚军. 中国茶树栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2005.
- 2 唐一春,包云秀,刘德. 茶树霜冻害发生原因及其防治方法[J]. 云南农业科技,2000(6):39~40.
- 3 Richard L Snyder, J Paulo de Melo-Abreu. Frost protection: fundamentals, practice, and economics; Vol 1[M]// FAO. environment and natural resources series 10. Rome:Environment and Natural Resources Service Publications, 2005.

4.8%, 相对较高的原因主要是由于小麦叶片有正反面, 导致颜色有差异且有的叶片背面朝上颜色呈现乳白色, 造成错误识别。杂草识别的实时性问题, 可采用小麦分割和植物分割同时处理来大大减少处理时间, 以满足 25 帧/s 的实时性要求。从图 9 可以看出, 第 2 种试验大部分的杂草都已经被消灭。小麦与杂草交叠部分虽然未喷洒除草剂, 但是, 未遮挡的单株杂草喷洒除草剂的数量已超过了单株杂草面积的 30%, 认为能消灭该杂草。单幅含有杂草的图像除草剂减少率在 35%~50%, 从而减少了除草剂的使用量。

对于连续摄取的 5 幅图像(实际覆盖区域约为 2.4 m<sup>2</sup>), 能估计整块麦田的杂草情况。通过多次统计 5 幅图像的未喷洒的小块区域总数量除以总共的

全部小块区域数量来计算除草剂的减少率, 得出除草剂的减少率在 78.7%~92%, 可以看出大大减少了整块麦田的除草剂使用量。

### 3 结束语

提出的基于颜色与形态特征, 利用多层同质性分割算法的识别方法, 对于小麦与杂草交叠的情况, 实现了对杂草的有效识别。试验研究表明, 杂草正确识别率超过 92.6%, 能满足 25 帧/s 的识别速度要求; 而且模拟化学除草系统, 单幅含有杂草的图像除草剂减少率超过 35%, 大片小麦田的除草剂减少率为 78.7%~92%, 大大减少了除草剂的喷洒量, 表明该方法运用到小麦田的自动化学除草系统中是可行的。

### 参 考 文 献

- 1 毛文华, 王一鸣, 张小超, 等. 基于机器视觉的苗期杂草实时分割算法[J]. 农业机械学报, 2005, 36(1): 83~86.
- 2 林开颜, 吴军辉, 徐立鸿. 彩色图像分割方法综述[J]. 中国图像图形学报, 2005, 10(1): 1~10.
- 3 El-Faki M S, Zhang N, Peterson D E. Factors affecting color based weed detection[J]. Transactions of the ASAE, 2000, 43(4): 1 001~1 009.
- 4 刘洪臣, 陈忠建, 冯勇. 结合颜色和形态特征的杂草实时识别方法[J]. 光电工程, 2006, 33(7): 96~100.
- 5 周平, 汪亚明, 赵匀. 基于颜色分量运算与色域压缩的杂草实时检测方法[J]. 农业机械学报, 2007, 38(1): 116~119.
- 6 Lee W S, Slaughter D C, Giles D K. Robotic weed control system for tomatoes[J]. Precision Agriculture, 1999, 1(1): 95~113.
- 7 姚鸿勋, 刘明宝, 高文, 等. 基于彩色图像的色系坐标变换的面部定位与跟踪法[J]. 计算机学报, 2000, 23(2): 158~165.
- 8 杜奇, 向健勇, 袁胜春. 一种改进的最大类间方差法[J]. 红外技术, 2003, 25(5): 33~36.
- 9 Rafael C G, Richard E W. Digital image processing[M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2001.
- 10 Cheng H D, Sun Y. A hierarchical approach to color image segmentation using homogeneity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(12): 2 071~2 082.
- 11 赵金英, 张铁中, 杨丽. 西红柿采摘机器人视觉系统的目标提取[J]. 农业机械学报, 2006, 37(10): 200~203.
- 12 Ukrit Watchareeruetai, Yoshinori Takeuchi, Tetsuya Matsumoto. Computer vision based methods for detecting weeds in lawns[C]. IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, 2006: 1~6.

(上接第 99 页)

- 4 上村 賢治. カリフォルニア送風防霜法[J]. 农业气象, 1976, 32(3): 155~159.
- 5 横山 俊祐ほか. 送風法による茶の冻霜害防止技术[R]//农林水产技术会议事務局. 送風法による茶園の冻霜害防止技术, 实用化技术レポート, 1978, 63: 5~33.
- 6 Furuta Mikio, Araki Shinsuke. Frost protection apparatus using high frost protection fan having multiple head (multi-head system; several sets) and frost protection method using the same; JP, JP2006109804[P]. 2006-04-27.
- 7 Furuta Mikio. Automatically foldable extensible frost protection fan apparatus; JP, JP2007089514[P]. 2007-04-12.