

猪舍夏季降温技术应用研究现状*

刘 平 马承伟 李保明 崔引安

(中国农业大学)

提 要 叙述了国内外猪舍夏季降温技术研究与应用现状及存在的问题, 喷淋、湿垫—风机降温系统、细雾蒸发降温系统一般被应用于降低猪舍内的高温。对于夏季降温技术研究应继续完善已有的降温方法在猪舍的应用, 同时要开展针对我国气候特点及猪舍建筑实际的夏季降温方式, 特别是南方炎热地区开放型猪舍的降温技术措施的研究。

关键词 猪舍 降温 研究现状

Development of Cooling Technique for Swine Housing in Summer

Liu Ping Ma Chengwei Li Baoming Cui Yin'an

(China Agricultural University, Beijing)

Abstract Evaporative sprinkler system, evaporative pad and fan system and evaporative mist fog system and other cooling methods have been usually used to reduce interior air temperature in animal production facilities in China. Their recent development in application and the problems have been summarized and discussed in this paper. These cooling methods should be further improved, specially their use in open swine buildings in South of China should be studied.

Key words Swine housing Cooling Status

根据家畜的生物学特点, 科学规划猪场和建筑猪舍, 采取工程技术措施为家畜创造适宜的环境, 是提高生产力和预防疾病的有效措施, 已成为畜牧生产现代化的重要标志^[1, 9, 17]。我国南北气候差异大, 具有明显的季风气候特点, 夏季炎热多雨, 温度的昼夜变化不大^[2]。夏季由于炎热高温, 生猪的生产受到很大的影响, 特别是我国南方炎热地区, 一些猪场采取避开 7, 8 月炎热气候影响的方法安排生产, 极大地影响了生猪生产的发展。

国内外在猪舍夏季降温技术的研究和应用方面做了许多工作, 有一些较成熟的降温措施, 但也存在一些问题。目前应根据我国的气候特点和猪舍建筑实际, 在完善现有降温技术的基础上, 研究适合我国猪舍的实用的降温技术。为此需对猪舍的各种夏季降温技术的研究与应用现状、存在的问题及发展有一个充分的了解。

收稿日期: 1997-07-10

* 国家“九五”重点攻关项目

刘 平, 讲师, 博士生, 北京市海淀区清华东路 中国农业大学(东校区)214 信箱, 100083

1 通风降温

在夏季,为排除猪舍内的热量必须进行有效的通风,其方式有自然通风和机械强制通风二种。自然通风是在畜舍建筑中设置合适的进出风口,利用自然风力及温差作用将舍外新鲜空气引入舍内,有些畜舍为了加强温差抽风作用在畜舍屋顶上设置了塔楼结构,为更好地利用自然风力,可根据当地的自然风向等实际状况合理地设置进出风口,组织好舍内气流流动^[3]。近几年在机械通风技术方面将纵向通风理论应用于猪舍,一般将风机安装在畜舍的山墙上组织纵向通风,将舍内高温空气用风机排除而将舍外凉爽新鲜空气引入舍内,对猪舍通风起到较好作用^[4]。但在酷暑的日子里,单靠通风仍不能有效降低舍内气温,虽然通风可以驱除猪体的体热,但这只有在气温显著低于猪只体温时才是这样,当空气温度高于 25 以上时降温效果递减,气温达到 30 以上时就应考虑先将空气冷却后再送入畜舍^[5,6]。

1.1 地下管道、地道及自然洞穴通风降温系统

由于地下土壤热容量大和体积巨大,因此夏季地下土层的温度低于地面上大气的温度,利用这一特点,可在地下一定深度的土层中埋管或者开挖地道,使室外空气从中流通,得到冷却后再引入畜舍内。由于空气在流经地下管道或地道时的冷却过程为等湿冷却过程,空气冷却后,其湿度(含湿量)不会增加。因此,这种降温方式不会造成舍内绝对湿度过高的情况,降温效果好,这是这种降温方式优于蒸发降温之处。

我国早在 70 年代就开始在一些公共建筑与工业建筑中应用地道风进行夏季的降温^[7]。而在畜牧生产领域,我国利用地道通风降温的猪舍于 1985 年在深圳建成^[8],取得了较好的效果,舍外空气经地道冷却后气温降低了 3~5℃,舍内相对湿度低于 85%。

地道通风降温为保证土壤与空气间具有足够和稳定的温差及换热面积,使地道周围有足够多的土壤参与换热过程,其地道埋深往往深达 3~4 m,并需具有足够的长度,因此工程量较大,其一次性建设投资较大,接近于人工制冷系统,而建成后的运行费用大大低于后者。如能利用人防工程、废矿井或天然洞穴等现成地道,将大大降低其工程建设的一次性投资费用。

1.2 局部通风

对个别圈养的种公猪、怀孕母猪以及泌乳母猪也可采用个别通风的措施保持凉快,根据试验研究结果采用将新鲜空气经过绝热通风管道引入,然后通过口径约 100 mm 的垂直管道,管道悬于个别猪栏的前端上方,将空气向下输送到猪的鼻部,气流流量一般为 1.5~2 m³/s,风管口愈近猪只效果愈佳,但要避免遭到猪只的破坏,风管内空气需保持清新、凉爽及干燥,这样也可减少各种空气传染病的发生^[4,5]。

2 接触降温

在德国一些猪场中使用诺廷根猪场系统中的冷枕头设备为猪降温,他们采用矩形钢管作为猪枕头,内通地下水作降温物质,根据在德国的实际使用情况可提高综合经济效益 10% 以上^[10]。目前我国也在引进诺廷根猪场系统,并对该系统的各项技术进行研究和研制适合中国国情的设备。

3 蒸发降温

利用水蒸发吸热的蒸发降温技术已在农业建筑夏季生产环境控制中广泛运用, 蒸发降温方式效果显著, 并且运行可靠、维护方便、费用较少, 是一种较经济的降温方式。而且实践表明蒸发降温不仅适于我国气候干燥的北方地区, 同时也适合于我国夏季炎热、潮湿的南方大多数地区, 是目前应用范围很广的一种降温措施。从水与空气的接触方式看, 蒸发降温有直接蒸发降温 and 间接蒸发降温两种方式。前者是水与空气直接接触, 空气冷却的同时也被加湿, 后者是要降温的空气不与水直接接触, 而通过热交换器与直接蒸发降温的水或空气热交换而得到冷却^[11, 12, 14]。在农业环境工程领域主要采用的是直接蒸发降温方式, 按照是否打湿畜体又可分为直接降温(打湿畜体)和降低环境温度(不打湿畜体)以及二者兼而有之等多种实现方式。

3.1 湿垫风机降温系统

湿垫风机降温系统降温效果显著, 运行可靠, 是目前最为成熟的蒸发降温系统。其蒸发降温效率一般达到 75%~90%, 通风阻力损失约为 10~40 Pa。自 50 年代美国的学者开始研究以来, 湿垫风机系统逐步推广开来。

我国在 80 年代初自国外引进湿垫风机降温系统, 在对该技术消化吸收的基础上进一步从设计方法、结构及运用等方面进行了大量而深入的研究工作, 取得了很大的成功。1988 年北京农业大学研制成功了适合我国条件的湿垫风机降温系统, 通过了农业部新产品鉴定并投入了批量生产。近年来在我国推广的纵向通风技术和湿垫降温装置相配合, 在农业建筑夏季降温中发挥了它的优势, 以实践证明了这种方式是一种很好的降温模式。

纸质湿垫在使用过程中会产生收缩和变形, 在不使用时保存中易受损坏, 另外纸质湿垫产品寿命仅 3~5 年, 价格也较高。由于空气中存在着的灰尘以及水中的盐类会产生沉淀附着于湿垫上, 这样就会使气流通过时的阻力增大甚至造成堵塞。

针对纸质湿垫产品的缺点, 开发耐用不易变形的产品以及采用价廉的替代材料作简易湿垫是目前湿垫研究的重要方向。在国内, 有采用麻纱、塑料、棉、化纤织物作湿垫材料, 国外在这方面的研究也很多。法国一家公司用多孔空心砖砌成墙体然后喷水打湿来代替湿垫, 有较好的效果。其它一些国家亦开发研制成功一些耐久的材料如塑料、水泥等材料的湿垫, 其降温效果较好, 但价格较高。针对灰尘和水中盐类的沉积等问题, 开展了湿垫降温系统的运行和维护方法的研究。另外将湿垫系统制作成湿垫冷风机系统(目前已有产品问世)使之可应用于开放型农业建筑及自然通风的场合^[3, 11, 14, 15]。

3.2 直接降温法

如果空气相对湿度较高, 采用湿垫等降低环境温度的方法, 由于受到水分蒸发的限制其降温效果就较差, 这时较好的降温方法应是直接降温法。

3.2.1 喷淋降温系统

喷淋降温装置适于在育成(育肥)猪栏内使用。喷洒的水直接打湿猪体, 水在猪身体表面蒸发直接将体热带走。该系统装置简单、效果明显, 能适用于机械或自然通风的猪舍, 很容易在现有畜舍内加装。目前国外对此法研究较多, 应用也较普遍, 根据研究在具体使用时一般喷水压力为 70~250 kPa, 出水量为: 断奶猪每猪每小时 65 mL, 对大一些的猪每小时每猪

300 mL, 因此设备投资和运行费用都很低。但喷淋降温会打湿地面造成地面积水, 并且使畜舍长时间处于高湿环境, 这样对畜舍内的环境卫生造成危害, 所以在使用喷淋装置进行降温时要注意使用方法, 如可以避开猪只的躺卧休息区域进行喷淋。采取间断运行的工作方式, 喷淋器开启 1~ 2 min 然后关闭, 间隔 45~ 60 min, 这要视气温、湿度、通风等条件而定。为了减少浪费水源和控制舍内湿度, 在喷水时首先是不应造成地面有聚水或汇流的现象, 其次是让地面有干燥的空档^[3, 5, 11, 13, 16]。

3.2.2 滴水降温系统

对于泌乳母猪的降温问题, 若也用喷淋的方法因容易溅湿小猪, 所以在泌乳栏内不宜喷水而应改用滴水降温的方法。采用滴水器将水滴到泌乳母猪的颈肩部, 这样滴水可以保持泌乳母猪凉爽缓解母猪的热应激, 而不易弄湿小猪身体, 也不弄湿地板。水滴管口一般应置于距离栏前端 50 cm 的正上方 30 cm 处, 水量每小时 2~ 3 L。按目前在猪场的实际使用情况, 滴水管的大小、水滴数的多少等应调整到水分不湿至前蹄为原则, 若湿至地面应立即中止或调整滴量和滴数。保持地面干燥、不滴水入耳及避免溅湿腹部乳房区, 这些是采用滴水降温方法应遵守的基本要求。实验和使用结果表明, 滴水降温可获得更高的日进食量, 小猪的断奶体重明显增大, 泌乳期间母猪的体重损失小。滴水降温从理论上也可适用于公猪, 但一般的公猪栏较宽敞, 水滴常滴于地面, 这样就无法进行散热, 另外公猪也喜好将头部躺在潮湿区, 如此水滴容易滴水入耳造成危害。所以滴水降温一般应用在定位饲喂的猪舍内, 主要是泌乳母猪栏^[5, 6, 11]。

3.3 细雾蒸发降温系统

该方法多采用水力或气力雾化的方法向要降温的空间直接喷入细雾使之蒸发冷却空气。为了强化水雾和空气间的换热强度, 提高蒸发效率, 应尽量使雾滴与空气间有较大的接触面积, 同时为防止较粗的雾滴不能完全蒸发时落下淋湿猪只体表并造成地面积水, 使畜舍内湿度较高, 造成微生物病菌繁殖及传播, 要求雾滴直径小于 50~ 80 μm , 这样就要求雾化喷嘴能够喷射很细的雾滴, 需采用较高的喷雾压力^[11, 18~ 21, 28]。

细雾降温系统的蒸发效率比湿垫降温系统的低。根据 Timmons 和 Baughman 采用压力雾化喷嘴所作的实验, 在水压为 275~ 1 380 kPa 时测得的降温效率为 10%~ 37%, 将水压提高到 2 760 kPa 时为 50%。Butcher 采用气力雾化方式获得 24.7%~ 69% 的降温效率^[27]。采用较高的喷雾压力和使用气力雾化喷嘴虽可提高降温效率, 但是却增加了设备投资和运行费用, 根据实验和分析结果表明, 降温效率低主要是因为雾滴分布不均匀, 有些空间雾滴分布稀少而没能充分降温。细雾降温系统投资较低, 适应性广, 可应用在密闭、开放猪舍, 机械和自然通风猪舍, 在现有畜舍内加装容易, 并且喷雾装置还可兼作消毒。该系统在美国等发达国家的农业建筑中应用较广泛, 研究的也较深入, 对其降温效果、使用、运行等方面作了多方面的研究^[22~ 27]。

在我国由于喷嘴性能、产品质量等原因使降温效果不很理想, 且研究、应用的也较少, 因此没有获得广泛的推广应用。从现有的实验和使用效果来看, 这种系统同样适应于我国的情况, 现要解决的主要问题是雾化装置的问题^[11]。

3.4 集中式雾化降温系统

集中式雾化降温系统是在建筑的进风口处设置雾化室, 在雾化室内集中设置喷雾装置,

室外空气经过雾化室时,雾滴和空气之间产生热质交换,空气经蒸发降温后进入室内。在这种降温系统中,由于雾滴与空气的接触和热交换集中在狭小的空间中,在较短的时间内需处理全部进入猪舍内的空气,所以要求有很高的热、湿交换效率,因此需在喷雾装置、气流组织、雾化室形式等方面进行很好的研究,采取较好的方式加以解决。

集中雾化降温系统在国内已开展研究,并已成功地应用于温室的夏季降温。试验结果表明,依靠集中雾化降温系统,在夏季晴朗天气下,温室内平均气温比室外低 $2\sim 5.5$,比单纯采用机械通风时低 $4\sim 7.5$,系统运行期间室内相对湿度为 $70\%\sim 95\%$ 。所采用的喷水压力为 $0.06\sim 0.2\text{ MPa}$,所需水量与气流量的比值即水气比为 $0.2\sim 0.3$,降温效率达到 80% 以上。

该降温装置可应用于猪舍夏季降温上,国内现正在开展此项研究。集中雾化降温系统还存在雾化室出口气流中夹带雾滴问题,采用挡水栅虽能较好解决夹带雾滴问题,但增大了装置的通风阻力损失,使装置、材料及运行费用增加,这有待进一步加以研究解决^[11, 12, 18, 20]。

4 目前的问题和发展

湿垫(湿帘)-风机降温系统在密闭式畜禽舍中已获得广泛应用,有很好的效果,集中雾化降温系统应用于猪舍,目前主要是根据猪舍建筑特点,研究试验雾化室配置、喷头和送风方式以使该系统能有更高的蒸发降温效率,并适应于在猪场的使用。在开放型的育肥猪舍内,因湿垫、集中雾化及细雾蒸发降温系统需要密闭的环境,因而不能应用。喷淋降温系统耗水量大,且易使舍内出现持续的高湿度环境,采用滴水降温育肥猪位置不固定。细雾蒸发降温系统因雾滴在舍内空间分布不均匀,部分空间因分布雾滴少而未能得到充分降温,所以其全舍平均降温效率较低,另一方面,常因喷入过量的粗雾滴不能完全蒸发而淋湿舍内地面和畜体,造成室内湿度过高的状况。同时尤其在南方典型的开放型畜舍中难于按需要组织舍内气流,降温效果很差。

对于开放型猪舍目前正在研究采用送风管道向猪栏定位输送空气,依靠合理组织气流,在猪栏的局部范围形成区域,由雾化装置向气流内喷入细雾滴,使之与气流均匀混合并蒸发,使气流得到降温,同时细雾滴沾在猪体上蒸发带走猪只体热。采用局部环境控制的方法一方面降低了送风量和用水量,因而可降低动力消耗和运行费用,同时可解决在开放式猪舍中全面通风降温时,冷负荷大以及气流难于有效组织,从而导致降温效果差的问题。此外由于采用从室外吸入新鲜空气然后喷雾降温的方法,可以改善直接在畜舍内喷雾的降温系统易造成舍内持续高湿的环境,并因持续高湿的环境而降低水雾蒸发率,降温效率低的情况。

参 考 文 献

- 1 温书斋 家畜的环境及控制 北京: 农业出版社, 1981. 4~ 39
- 2 国家气象局展览办公室 我国农业气候资源及区划 北京: 测绘出版社
- 3 崔引安 农业生物环境工程 北京: 农业出版社, 1994
- 4 李保明, 周允将, 崔引安 猪舍纵向通风系统的应用与设计. 农业工程学报, 1995, 11(增刊): 108~ 111
- 5 施明祥 夏季猪舍的廉价降温法及有关事项 猪与禽, 1996 摘自 Pig international January, 1995,

- 18~ 22
- 6 杨天树 温度环境和养猪生产 台湾养猪科学研究所
 - 7 牟灵泉 地道风降温计算与应用 北京: 中国建筑工业出版社, 1982
 - 8 刘 镇 封闭式猪舍利用地下自然冷源的防暑降温研究 农业机械学报, 1987, 18(3): 63~ 69
 - 9 温书斋 改善养猪环境提高畜牧生产水平 国外农业工程(第五辑). 上海: 上海科学技术文献出版社, 1981, 12
 - 10 Bug H. 诺廷根养猪系统技术设备讲座 1997
 - 11 马承伟, 黄之栋, 李保明等 农业建筑蒸发降温技术研究与应用现状及展望 农业工程学报, 1995, 11(3): 95~ 100
 - 12 马承伟 沸腾炉式集中雾化降温系统的研究: [学位论文] 北京: 中国农业大学(东校区), 1996
 - 13 朱尚雄 中国工厂化养猪 北京: 科学出版社, 1990
 - 14 贺致存, 崔引安 农业建筑的蒸发冷却系统 农业工程学报, 1987, 3(4): 99~ 109
 - 15 徐少华, 陈维宽, 黎寿丰等 鸡舍湿帘防暑降温应用的研究 中国家禽, 1994(3): 4~ 6
 - 16 张春贤 一种有效的猪舍降温系统 译自《Installation Manual For The Edstrom Cooling System》北京农机, 1989(2): 29~ 33
 - 17 山根敏男 S P F 猪养殖场的基本设计 国外养猪设施译文集 北京农机学会
 - 18 佐藤惠一 高温下における细雾冷房 施設园艺, 1994(7): 13~ 16
 - 19 武富猛 ハウスの喷雾冷房による夏季高温対策 农业および园艺, 1979, 54(5): 648~ 652
 - 20 三原义秋, 古牧 弘 温室の细雾冷房(Fog&Fan)法の实施例について 农业气象, 1973, 28(4): 231~ 236
 - 21 Saunders D D, Louis D A, bright A irlflow from perforated polyethylene tubes Trans of the A S A E, 1984, 27(6): 1144~ 1149
 - 22 Bottcher R W, Baughman G R, Kesler D J. Evaporative cooling using a pneumatic misting systems Trans of the A S A E, 1989, 32(2): 671~ 676
 - 23 Gates R S, Timmons M B, Bottcher R W. Numerical optimization of evaporative misting systems Trans of the A S A E, 1991, 34(1): 275~ 280
 - 24 Gates R S, U sry J L, N ienaber J A et al An optimal misting method for cooling livestock housing 1991, 34(5): 2199~ 2206
 - 25 Wilson J L, Hughes H A, Weaver W D. Evaporative cooling with fogging nozzles in broiler houses Trans of the A S A E, 1983, 26(2): 557~ 561
 - 26 Gates R S, Overhults D G, Bottcher R W et al Field calibration of a transient model for broiler misting Trans of the A S A E, 1992, 35(5): 1623~ 1631
 - 27 Timmons M B, Baughman G R. Experimental evaluation of poultry mist-fog systems Trans of the A S A E, 1983, 26(1): 207~ 210
 - 28 Bottcher R W, Baughman G R. A nalysis of misting and ventilation cycling for broiler housing 1990, 33(3): 925~ 935