



高等学校规划教材 | 畜牧兽医类

家畜环境卫生学 及牧场设计

主编 ● 蒲德伦 朱海生

JIACHU HUANJING WEISHENGXUE
JI MUCHANG SHEJI



案例版



西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位



高等学校规划教材 | 畜牧兽医类

家畜环境卫生学 及牧场设计

主编 ● 蒲德伦 朱海生

JIACHU HUANJING WEISHENGXUE
JI MUCHANG SHEJI



案例版



西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

家畜环境卫生学及牧场设计 / 蒲德伦, 朱海生主编
--重庆: 西南师范大学出版社, 2014.9
ISBN 978-7-5621-7041-9

I. ①家… II. ①蒲… ②朱… III. ①家畜卫生-环境
卫生学②畜牧场-设计 IV. ①S851.2②S812.93

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第192645号

家畜环境卫生学及牧场设计

主编 蒲德伦 朱海生

责任编辑: 杜珍辉

封面设计:  魏显锋 熊艳红
www.zhubaie.com

出版发行: 西南师范大学出版社

网址 www.xscbs.com

地址 重庆市北碚区天生路2号

印刷: 重庆荟文印务有限公司

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 13.75

字数: 360千字

版次: 2015年1月第1版

印次: 2015年1月第1次印刷

书号: ISBN 978-7-5621-7041-9

定价: 27.00元

高等学校规划教材·畜牧兽医类

总编委会 / ZONG BIAN WEI HUI

总主编:王永才 刘娟

编委(排名不分先后):

刘娟	黄庆洲	伍莉	朱兆荣
罗猷梅	甘玲	谢和芳	刘安芳
兰云贤	曾兵	杨远新	黄琳凯
陈超	王鲜忠	帅学宏	黎德斌
段彪	伍莲	陈红伟	左福元
蒲德伦	朱海生	王玲	

编委会 / BIAN WEI HUI

主 编:蒲德伦 (西南大学)

朱海生 (西南大学)

副主编:白 林 (四川农业大学)

蒋 立 (西南科技大学)

参 编:汪 莉 (西南大学)

程文超 (重庆三峡职业学院)

彭津津 (重庆三峡职业学院)

姜冬梅 (四川农业大学)

袁 丰 (西南大学)

前 言

家畜的健康和生产力受基因和环境的双重调控及其互作影响。在经典遗传学中,基因的决定性作用已得到公认。然而,遗传只是提供了一种内在潜力,环境对家畜的直接影响更加显而易见。随着研究的深入,表观遗传学证明了环境对基因的表达发挥着广泛而重要的调控作用。进入21世纪后,我国规模化、集约化经营的现代畜牧业发展迅速,动物与环境的生态失衡问题凸显出来,为保证动物遗传潜力的正常发挥,保障家畜健康和环境友好的高效生产,人类所创造和控制的环境条件就更加严格。家畜环境卫生学及牧场设计是畜牧兽医专业的骨干学科,是畜牧兽医专业人才必须具备的知识体系之一,其研究成果对指导畜牧业的持续健康发展发挥着重要作用。

本教材包括绪论、温热环境、光照和噪声、有害气体及微粒和微生物、饲料卫生、环境应激、动物行为与动物福利、畜牧场规划设计、牧场环境保护、实验指导等章节,包含了环境因素和家畜之间相互作用与影响的基本规律,并依据这些规律制订出利用、改造、控制和保护环境的技术措施,以维持家畜健康和高效生产,保障动物性食品安全,提高资源利用效率和减少养殖业污染等内容。

本教材案例与教学内容相结合,突出案例教学的特点。全书结合我国养殖生产现状和专业人才培养要求,在每一章内容前后及每一节内容当中,共引用和编辑了52个启发学生思维、培养学生分析能力的教学案例,并在案例后面提出了若干个思考题供教师和学生参考。本教材是国内本学科第一本案例版教材,体现了理论联系实际、知识与能力培养并重、教学互动的原则,适合于各类高等院校及中等职业院校的各类人才案例式教学、互动式教学及自学之用,以期能够培养出高素质、实用型和创新型人才。

本教材除参与编写者互相审阅外,还邀请了西南大学朱兆荣副教授和朱曲波副教授审阅了全书,本教材参考了同行大量的文献资料,得到了兄弟院校的大力支持,在此一并致谢,同时恳请畜牧兽医战线的同仁们提出宝贵意见!

刘娟 蒲德伦
2014年5月5日

目 录

绪 论	(1)
第一章 温热环境	(6)
第一节 概 论	(6)
第二节 太阳辐射	(10)
第三节 空气温度	(12)
第四节 空气湿度	(18)
第五节 气流和气压	(20)
第六节 温热因素的综合作用	(23)
第二章 光照和噪声	(27)
第一节 光照	(28)
第二节 噪声	(33)
第三章 有害气体、微粒和微生物	(37)
第一节 大气中的有害气体	(38)
第二节 畜舍空气中的有害气体	(41)
第三节 空气中的微粒	(47)
第四节 空气中的微生物	(51)
第四章 饲料卫生	(57)
第一节 概 论	(57)
第二节 饲料中的物理因素对家畜的危害	(61)
第三节 饲料中的化学因素对家畜的危害	(64)
第四节 饲料生物学因素对家畜的影响	(73)

第五章 环境因素与家畜的应激	(82)
第一节 应激概论	(82)
第二节 应激对家畜生产力和健康的影响	(86)
第三节 应激的监测及其危害的预防	(90)
第六章 动物行为与动物福利	(94)
第一节 温热环境与动物行为	(94)
第二节 饲养管理与家畜行为	(97)
第三节 家畜管理与动物福利	(102)
第七章 畜牧场的设计	(112)
第一节 畜牧场规划设计概论	(112)
第二节 畜牧场的生产工艺方案设计	(119)
第三节 建筑构造常识	(125)
第四节 牧场建筑初步设计	(132)
第八章 牧场的环境保护	(156)
第一节 畜牧业生产对环境的污染	(157)
第二节 畜牧场环境污染的途径	(159)
第三节 环境保护的主要环节	(164)
第四节 畜牧场的环境卫生监测	(177)
实验指导	(181)
实验一 空气环境指标的测定	(181)
实验二 畜禽舍通风量计算	(192)
实验三 水质检验	(197)
实验四 牧场设计图的阅读与绘制	(202)
主要参考文献	(208)

绪 论

【本章学习要点】

1. 家畜环境卫生学的概念；
2. 影响家畜健康和生产力的环境因素；
3. 家畜环境卫生学的主要研究内容；
4. 家畜环境卫生学的发展历史。

【教学案例1】

养猪场问题分析

某大学组织动物科学专业学生参观考察了平安养猪场。该养猪场位于重庆市荣昌县境内,该县气候属亚热带季风性湿润气候,年均降水量在1 000 mm左右,平均气温17.8℃,日照时间长,夏季气温、湿度较高,较为闷热。猪场房顶采用的是单层石棉瓦,屋檐高度约2.5 m,周边植被较为丰富,多为竹林。猪场远离居民区,水源电源充足,交通也较为便利。猪场有种猪舍、育肥舍、保育舍等,均采用人工方式饲养管理,年出栏肥猪量1 000余头。该猪场由于地理条件的限制而修建在一个山凹处,地势较低。种猪舍建设在上风口处,育肥舍和保育舍建立在下风口处。生产区门口设有一个消毒室,在接近生产区处建立了一个粪池,场内绿化少,生产区内蚊虫遍地。由于水源充足,饲养员采用水冲洗清粪,夏季采用冲洗法给猪体降温。

提问:1.平安养猪场存在哪些问题?

2.这些问题的持续存在会给猪场带来哪些后果?

3.解决猪场问题可采取哪些措施?

4.修建养猪场时在场址选择、猪场规划设计、温度与光照等环境因素的控制、粪便和污水的处理等方面应该注意哪些问题?

一、家畜环境卫生学的概念及其意义

一切生物的生存、生长发育、繁殖以及整个生物界的进化都是在一定的环境条件下进行的。动物的种属形成是适应特定环境的过程。动物被人类驯化、饲养,也是在人类创造和控制的环境条件下进行的。同时,表观遗传学证明了环境对基因的表达发挥了重要的调控作用,因而同一种家畜在不同的环境条件下,既会受到人工和自然的双重选择,也因基因的表达模式改变而形成不同的品种。特别是现代集约化经营的畜牧业,为保证动物遗传潜力的正常发挥,人类所创造和控制的环境条件就更加严格。因此,适宜的环境是家畜赖以生存的基础,也是保障家畜健康和高效生产的前提。



家畜环境卫生学(Livestock environment hygiology)就是研究环境因素和家畜之间相互作用和影响的基本规律,并依据这些规律制订出利用、改造、控制和保护环境的技术措施,以维持家畜健康和高效生产,保障动物性食品安全,提高资源利用率和减少养殖业污染的一门学科。

(一)家畜的环境因素

家畜的环境(Environment)是指对家畜的生长和生产具有直接或间接影响的各种外界因素的总和,包括空气、土壤、水体、饲料、人和其他生物在内的自然环境因素与社会环境因素。自然环境因素又包括物理因素、化学因素和生物因素。

物理因素主要有太阳辐射、气温、气湿、气流、气压、光照、噪声等因素,其中前五个因素都与家畜热调节有关,直接影响家畜的体热平衡,称为温热环境因素。地球上适宜的气候是人畜生存的必要条件,家畜生活的环境与家畜的健康和生产力有着密切的关系。随着工业和农业生产的发展,环境中的某些物理因素可能发生改变,如温度的变化、噪声的突然发生等都会影响家畜的正常生活。在现代畜牧业中,物理因素对家畜的影响非常大,是人工创造和控制的主要环境因素之一。

化学因素主要包括空气中的氧气、二氧化碳、有害气体、微粒以及水体和土壤中的化学物质。空气中的化学因素有外界大气中的成分,也有畜舍自身产生的气体成分。一般正常大气成分以外增加的化学成分对家畜都是有一定危害的,应该尽量避免。水体中的有害化学因素是水体污染造成的结果,如水体的富营养化就是大量有机物污染而造成的。土壤中的化学因素有的对饲料生产和家畜生产是有利的,缺乏时还可能引起家畜的疾病,而有的因素则是有害的,如重金属污染。

生物学因素包括环境中的细菌、真菌、病毒、寄生虫、昆虫、老鼠等因素,广泛存在于空气中的微粒、污染的水体、污染的土壤、畜舍及设施设备、粪便及饲料之中,与家畜疫病的发生发展关系重大。生物学因素主要通过饲料加工、饲养管理、环境保护等环节对家畜实施影响。生态系统中的各种生物都是相互依存和相互制约的。例如绿色植物利用阳光进行光合作用,从空气、土壤和水中吸收养分,而家畜则采食绿色植物获得营养物质和能量。生物之间这种物质和能量的传递,称为食物链(Food chain)。微生物和寄生虫都是食物链中的环节。在生态系统中,人畜直接地或通过食物链间接地与环境因素发生着密切的联系。

社会环境因素包括家畜群体和饲养管理两个因素。在现代畜牧业中,家畜的群体影响家畜的行为和应激,而合理的饲养管理措施(包括合理的饲养密度、饲养管理方式、繁殖方法、疾病的预防和治疗等)对家畜的健康和生产力都将产生良好的影响。

(二)环境与家畜的关系

环境是家畜赖以生存的条件和基础。家畜不断地与外界进行着物质和能量的交换,接受外界环境的刺激,增强体质和提高生产力。同时,外界环境对家畜也存在各种有害的影响。当家畜的生理调节机能与有害的环境因素保持平衡状态时,机体产生适应性反应;当外界环境因素刺激机体的强度和增加,超出家畜机体的适应能力时,家畜呈现病理状态。例如在一定的温度范围内,家畜的热调节机能使得机体保持体热平衡。当外界温度过低,超出了家畜的调节能力时,家畜表现为应激(Stress)反应,进一步出现感冒、冻伤等症状,进而导致体温下降,热平衡破坏,甚至家畜死亡。所以,家畜的环境控制非常重要。现代畜牧业的效益主要是由动物遗传、饲料营养、外界环境、疾病防治和经营管理五个环节决定的,家畜环境就是畜牧业生产的影响因素之一。良好的外界环境有利于家畜遗传潜力的发挥,创造和控制适当的环境条件,是畜牧业能够健康发展的手段之一。除了遗传疾病外,家畜疾病都是由于环境因素造成的,并随着环境因素的恶化而出现疾病的进一步发展,甚至发生家畜的死亡。



家畜对环境也会产生不利影响,主要表现为环境污染(Environmental pollution)和生态平衡的破坏。由于现代畜牧业的主要表现形式为高密度的集约化畜牧业,大量的牧场粪便和污水源源不断地产生并进入环境中,如果处理不及时或方法不对,就会造成环境污染。牧场环境被破坏后,一方面对家畜的生长和生产会产生不利的影响;另一方面对生态系统中的其他生物(包括人类)也会产生不利的影响。在现代社会中,人们对环境重要性的认识越来越深刻,环境保护工作已经成为经济社会可持续发展的重要保证。

二、家畜环境卫生学的主要研究内容

随着现代畜牧业生产的不断发展,家畜环境卫生学的研究内容也在不断发展,出现了环境因素对家畜影响的基本规律、环境营养、牧场设计、环境控制与环境保护等多个分支。

1.环境因素对家畜影响的基本规律 主要研究温热环境(包括气温、气湿、气流、气压和太阳辐射)、光照、噪声、有害气体、微粒和微生物、土壤、水体、饲养管理、设施设备等环境因素对家畜生理生化指标、生产性能指标、机体各个系统、遗传基因、动物行为、动物福利等方面的影响规律。人类通过对影响规律的认识,创造和控制家畜生活的适宜条件,减少疾病的发生,提高家畜的生产能力。

2.环境营养 主要研究各种环境因素对家畜营养需要的影响,饲料中各种物理的、化学的、生物的有毒有害因素对家畜的影响,以及在各种环境条件下如何利用动物营养和饲养管理方法减少不利环境因素的危害等。期望通过满足动物营养需要,提高饲料卫生水平,以提高动物生产能力,降低家畜营养性疾病的发生,避免饲料中有毒有害成分的危害。

3.牧场设计与环境控制 主要研究牧场的生产工艺方案设计、牧场场址选择、牧场总体规划与建筑物布局、畜舍建筑设计、牧场设备设施选择,并通过畜舍的温湿度、光照和通风设计,控制畜舍环境,使得家畜在适宜环境条件下生产潜力充分发挥,并提供大量优质畜产品,以确保牧场的经济效益和社会效益得以实现。在畜舍设备选择和设施设计方面,通过对环境参数的研究,结合现代农业生物与能源工程技术、电子、机械和信息技术,研发一套适合集约化养殖和环境友好型的设施设备,使得家畜更健康、更安全地高效生产。

【教学案例2】

流产的奶牛

XX奶牛场是国营大型奶牛场,是从国外引进原种高产奶牛进行繁殖,并为商品奶牛场提供种公牛和种母牛的奶牛繁殖场。奶牛场开始投产后,技术人员发现奶牛场母牛妊娠后的流产率高于其他奶牛场数倍,同时奶牛伴有高频率的骨折病发生。技术人员在排除了饲料、微生物、疾病、基因缺陷等因素影响后,奶牛发病率仍然有增无减。某大学教授考查了奶牛场后,了解到该奶牛场采用颈枷式牛床,牛床坡度高达5%。经研究发现,奶牛后肢长期超负荷站立后,导致相当部分奶牛摔跤骨折,并由摔跤引起妊娠奶牛流产。经建议,牛床坡度改为3%以下,奶牛场流产率和骨折发病率恢复到正常水平。

提问:1.家畜疾病的发生主要是由什么原因引起的?

2.兽医防治疾病的出发点是什么?

3.牧场的环境控制有什么意义?

4.牧场环境控制的因素有哪些?



4.环境保护 主要研究牧场粪便、污水、有害气体、噪音等环境污染因素的产生原因、变化规律、监测与处理方法,保护牧场不受周围环境的不良影响,同时牧场也不能污染周围环境,使得人畜与自然和谐相处,相得益彰。在生态养殖场,大力研究废弃物的综合处理和循环利用,节约资源,提高效益。

三、家畜环境卫生学的发展历史

公元前2000年左右,我国甲骨文就记载了家畜与圈舍、水、草之间关系的内容。20世纪30年代,前苏联为满足大型畜牧场生产的需要,对牧场建设中空气、土壤、水源、畜舍问题做了广泛的研究,并形成了一门以环境因素为主题的独立学科,称之为家畜卫生学。该学科以预防家畜疾病为目的,属于预防兽医学的范畴。其中以斯科罗霍金科1950年出版的《农畜卫生学》为代表。

从20世纪40年代开始,欧美等国家研究和建立了家畜人工气候室(Animal climatic chamber),设立各种温热环境因素,研究它们对家畜各项生理指标和生产性能的影响,特别是高温热应激对奶牛的影响。20世纪70年代,先后出版了《家畜生物气象学的进展》、《家畜的环境原理》、《家畜健康与畜舍》、《人和家畜对环境的适应》等学术专著。家畜环境卫生学的深入研究,使得本学科从研究家畜的疾病预防推进到环境因素对家畜生产性能影响的崭新阶段,为人类发展规模化、集约化、工厂化畜牧业打下了坚实的理论基础。

我国家畜环境卫生学以前引用前苏联的教材,采用前苏联的教学模式。20世纪60年代,我国畜牧学科老前辈汤逸人和杨诗兴在《畜牧学进展》著作中,介绍了家畜生态学和家畜气候生理学的研究情况,促进了家畜环境卫生学的学科发展。1978年,我国编写出版了《家畜卫生学》教材。1981年,中国农业出版社出版了全国统编教材《家畜环境卫生学》。其后,学术界又根据国内外最新研究进展,多次改版了统编教材,并出版了《家畜气候学》、《家畜粪便学》等学术专著,以及多部各地高校自编教材。

家畜环境卫生学是目前我国各类高校及中等职业学校动物科学专业、动物医学专业、畜牧兽医专业、养殖专业的专业基础课及主干课程之一,也是现代畜牧生产的五大环节知识之一。本学科的发展,对提升现代畜牧业的生产水平具有重要的意义。

【小结】

家畜环境卫生学是研究环境因素和家畜之间相互作用和影响的基本规律,并依据这些规律制订出利用、改造、控制和保护环境的技术措施,以维持家畜健康和高效生产,保障动物性食品安全,提高资源利用率和减少养殖业污染的一门学科。环境因素包括自然环境因素和社会环境因素两类。自然环境因素包括物理因素、化学因素和生物学因素;社会环境因素包括家畜群体因素和饲养管理因素。环境是家畜赖以生存和发展的基础,家畜对环境保护也有极大的影响。家畜环境卫生学主要研究内容包括环境因素对家畜影响的基本规律、环境营养、牧场设计与环境控制、环境保护四个方面。人类对家畜环境卫生学的研究有着悠久的历史。

【思考题】

1.举例简述动物遗传、饲料营养、外界环境、疾病防治和经营管理五个环节对畜牧业生产的作用与影响。

2.举例说明自然环境因素、社会环境因素对家畜疾病的预防和治疗的影响。



3. 案例分析题。

【教学案例3】

“裸鸡”

李某到某蛋鸡场去实习。到了蛋鸡场后,李某按照规定消毒进入蛋鸡舍。在明亮的蛋鸡舍里,李某发现一个奇怪的现象,鸡场有很多鸡都没有完整的羽毛,偶尔还有蛋鸡被其他蛋鸡啄死。李某请教鸡场的饲养员,饲养员说很正常,“裸鸡”也要产蛋,偶尔死只鸡也不会对鸡场效益产生重大影响。

提问:1.试分析鸡场产生“裸鸡”的原因及其危害。

2.如何减少或消除鸡场“裸鸡”的产生?

(蒲德伦)

第一章 温热环境

【本章学习要点】

1. 温热环境、体热平衡、热调节的概念；
2. 太阳辐射对家畜生产力和健康的影响；
3. 气温与热调节及其对家畜生产力和健康的影响；
4. 气湿与热调节及其对家畜生产力和健康的影响；
5. 气流与热调节及其对家畜生产力和健康的影响；
6. 气压与海拔对家畜健康的影响；
7. 温热因素的综合作用。

【教学案例4】

夏季的肥猪场

刘某大学毕业后自己创办了一个养猪场。猪场地处重庆市郊县,采用自家800m²的简易建筑改造而成。刘某在市场上购买断奶仔猪,饲养成100 kg左右的肥猪后出售。猪场常年存栏500头左右,一年出4槽肥猪,很受市场欢迎,猪场的经济效益也较好。但一到夏季,刘某就很烦恼。夏季猪场的肥猪吃不下,长得特别慢,不是生病就是死亡。刘某采取了包括给猪只冲水、给猪舍吹风、兽医治疗等一系列措施,但收效甚微,夏季养猪一直处于亏损状态。

提问:1.引起猪场肥猪夏季异常反应的原因除了气温以外,还有其他原因吗?

2.在炎热的夏季,用哪些办法可以减少肥猪的热应激?

3.到了冬季,猪场又该采取哪些措施以提高猪场的效益呢?

4.在工厂化的大型猪场,我们可以采取哪些办法控制猪舍的温热环境,以确保养猪场的高效生产呢?

本章介绍太阳辐射、气温、气湿、气流、气压等因素及温热环境因素的综合作用对家畜的影响,对牧场控制温热环境以增进家畜的健康和生产力提供理论基础。

第一节 概 论

一、温热环境的概念

温热环境是指由气温、气湿、气流和太阳辐射等因素综合而成的空气环境,它主要通过热调节方式对家畜健康和生产力发生影响。其中气温对家畜维持体温恒定最为重要,是影响家畜热调节的主要因素。

气温是大气层热量存在的表现。大气是包围于地球表面的一层深厚空气(2 000~3 000 km)。大气中最接近地面的一层,称为对流层,一切天气现象都发生在这一层(9~17 km)。所谓气象就是对对流层发生的冷、热、干、湿、风、霜、雨、雪等各种物理现象。决定气象的因素,如气温、气湿、气流、降水等,称为气象因素。气象因素所引起的各种大气状况,称为天气。某地方多年和综合的天气状况,称为气候。由于地表性质不同或人类生物活动引起的小范围的特殊气候,叫作小气候,如牧场、温室、畜舍等,由于人类活动、设施设备或家畜的存在,而与其他地方的天气状况不同,这也是人类改善和控制环境的结果。

【教学案例5】

仔猪保温

母猪冬季或早春产仔,仔猪在保育补饲期间,必须做好保温工作,给仔猪创造一个适宜的生活环境。目前普遍采用红外线保温灯供暖以创造仔猪舒适的小气候。方法是:用150~200W红外线灯泡吊挂在仔猪躺卧的护仔架上面或保温间内给仔猪保温取暖,并可根据仔猪所需的温度随时调整红外线保温灯的吊挂高度。此法设备简单,保温效果好,并有防治皮肤病的作用。如用木栏或铁栏为隔墙时,两窝仔猪不可共用一盏红外线保温灯。

提问:1.对仔猪保温有哪些因地制宜的方法,各有什么优缺点?

2.设计一个自动控制的仔猪保温室,阐述其原理、方法和注意事项。

二、体热平衡

(一)体热平衡的概念

体热平衡(Thermal balance)是恒温动物为维持体温恒定而保持产热和散热的动态平衡。而一个恒定的体温是家畜保持正常生产代谢的基础和前提。家畜体温来源于机体产热,其热量不断与外界环境之间进行热交换(散热)。当产热量与散热量相等时,家畜体温恒定;当产热量大于散热量时,体温升高,机体热平衡被破坏;当产热量小于散热量时,体温降低,热平衡也被破坏。

家畜机体与环境进行热交换时,可能从环境失热(散热量为正),也可能从环境得热(散热量为负),这取决于家畜机体温度与环境温度之差值。

(二)产热

1.基础代谢产热(Basal metabolism heat production) 家畜在适温(20℃左右)、绝食空腹(吸收后状态)、不活动状况下的代谢产热就是基础代谢产热,是健康动物的最低产热量,因细胞代谢、心血管系统和大脑神经活动而产生,其值的大小与体表面积成比例(鲁伯纳体表定律) $H=293W^{0.75}$ kJ/d(畜)或 $373W^{0.64}$ kJ/d(禽)。

家畜基础代谢产热量因性别、年龄、个体大小、营养状况、神经-内分泌状况等不同而不同。一般状况下,雌性动物代谢比雄性动物代谢弱,其基础代谢产热量低;幼畜和生长家畜,代谢强烈,其基础代谢产热量高。大量研究表明,家畜基础代谢产热量随着体型增大,其绝对值增加,但按照每千克体重计算,体型小的动物其基础代谢产热量反而大。例如,体重441 kg的马,其基础代谢总产热量是20 849 kJ,每千克体重产热量是47.28 kJ;体重2 kg的鸡,其基础代谢总产热量则是594 kJ,每千克体重产热量是297.0 kJ。若按照平均体表面积计算其产热量,则两种动物产热量分别是3 966 kJ/m²和3 946 kJ/m²。由此可见,动物基础代谢产热量与其单位体表面积成正比。动物的基础代谢产热量还与营养状况有关。营养状况良好的家畜,机体代谢旺盛,产热量就高。动物的神经-内分泌状况与基础代谢产热量也有关系。神经兴奋性强,内分泌旺盛的家畜,其基础



代谢产热量也高。

2.维持代谢产热 维持代谢产热是指家畜在无生产、无体重变化的情况下的正常生命活动的代谢过程中所产生的热量,因家畜基础代谢、走动、采食、饮水、热调节等活动而产生。其中,因采食而增加的产热量称为体增热(Heat increment),机体为抵制应激反应而增加的热量称为热补偿。

体增热的大小不仅与采食量成正比,还与饲料类型和家畜种类有关。采食粗饲料的体增热大于精饲料。反刍家畜瘤胃微生物的发酵也可以产生额外的体增热。冬夏季节,家畜为了保持体温恒定,会自动启动热调节机制,这种对温度的应激反应也会产生热量。热补偿量的大小与家畜应激反应强度成正比。

根据维持代谢产热量的影响因素,可以有针对性地制订冬季或夏季饲养管理措施,以减少维持代谢产热量,增进家畜健康,提高其生产力。

3.生产代谢产热 生产代谢产热是指家畜因生产产品(包括劳役)而增加的产热量。家畜的生长发育、繁殖、长毛、产蛋、泌乳,都是饲料营养物质转化为畜产品的过程,在转化过程中都有一定的能量消耗,并在环境中释放出来,构成生产代谢产热。因此,生产性能愈高的家畜,其生产代谢产热量愈大。所以,在生产实际中,高产家畜冬季不怕冷,夏季很怕热。这是家畜饲养管理季节性规程的制订基础,也是畜舍设计必须考虑的内容。

(三)散热

1.蒸发散热(Evaporative heat loss) 蒸发散热是指通过水的汽化吸热和水汽分子的运动而散热的过程,主要通过皮肤和呼吸道进行。

(1)皮肤蒸发散热,包括显汗蒸发散热和隐汗蒸发散热。隐汗蒸发散热,又称渗透蒸发散热,即皮肤组织水分通过上皮向外渗透,在皮肤表面蒸发带走热量的过程。渗透作用在家畜体表皮肤不见水滴出现。有研究证明,人的隐汗蒸发量是呼吸蒸发量的两倍,每天高达600~800 mL。另一种皮肤蒸发散热方式为显汗蒸发散热,即机体通过其汗腺分泌,使得汗液在皮肤的表面蒸发带走热量的过程。出汗时,皮肤表面可见水分的存在。除马属动物外,家畜的皮肤汗腺不发达或根本没有,故显汗蒸发散热较少。所以家畜的皮肤蒸发散热主要靠隐汗蒸发方式进行。

(2)呼吸道蒸发散热。动物呼吸道黏膜呈潮湿状态,水汽压大,温度高。家畜呼吸时通过水分蒸发和通过加热吸入气体而散热。呼吸道蒸发散热主要在上呼吸道进行,特别是高温时家畜进行的快而浅的呼吸(热性喘息),对缓和热应激很有效。

2.非蒸发散热(Non-evaporative heat loss) 非蒸发散热即除家畜蒸发散热以外的散热方式,包括辐射、对流、传导三种散热方式。非蒸发散热散出的热量,动物可以感知,也可以用测温仪直接测量出来,所以称之为可感热(Sensible heat loss)。而蒸发散热散出的热量,使水由液态转化为气态,环境的温度并未因此而升降,所以称之为非可感热(Unsensible heat loss)或潜热(Latent heat loss)。

(1)辐射散热(Radiation heat loss)。当温度高于绝对零度时(-273℃),任何物体都可以向周围环境辐射能量,家畜也不例外。在一定的环境条件下,家畜向外界辐射能量,而周围环境的物体也向它辐射能量。所以,家畜的实际散热量取决于家畜体温与环境温度之差。只有当环境温度低于体表温度时,畜体体表才能以红外线长波辐射放散热,这个过程称之为辐射散热。物体表面放射或吸收辐射能的能力,称为发射率。黑体能够吸收全部外来的辐射能,而一个完全的反射体则可完全反射外来的辐射能。发射率的大小为自完全反射的0到完全吸收的1。家畜的皮毛颜色不同,对辐射热的反射率也有差异。浅色的皮毛有利于家畜对辐射热的反射,深色毛则有利于家畜对辐射热的吸收。

(2)对流散热(Convective heat loss)。对流散热就是当气温低于畜体体表温度时,通过空气运

动带走体表热量的过程。对流散热不仅发生在家畜的体表,也可发生在家畜的呼吸道表面。对流散热是空气运动的结果,它可以是在外力(风扇)作用下产生的,称为强制对流,也可以因空气受热、密度发生变化而引起,称为自由对流。对流散热量的大小与动物体型大小、形态、气流方向、风速大小、空气温度与皮温之差等因素有关。

(3)传导散热(Conductive heat loss)。传导散热就是畜体将热量直接传给与其直接接触的低温物体的过程。传导散热量的大小与直接接触物体间的温差、接触物体的传导系数有关。如猪躺卧低温地面,就会发生传导散热。家畜与空气接触时,由于空气的传导系数小,所以家畜主要以对流方式散热,而直接传导散热较少。

三、体热调节

体热调节(Thermoregulation)就是动物为达到热平衡,保持体温恒定而通过中枢神经系统对产热和散热所进行的调节。可以用下列公式简单表示家畜的热平衡:

$$M=H_e\pm H_r\pm H_c\pm H_v\pm F$$

式中: M 为家畜产热量; H_e 为蒸发散热量; H_r 为辐射散热量; H_c 为传导散热量; H_v 为对流散热量; F 为家畜从饲料或饮水中得到或失去的热量。

等式成立时,表示家畜的产热量等于家畜从环境中得到和失去的热量总和,家畜保持体热平衡,家畜体温恒定;当等式不成立时,或者家畜体内蓄热,体热平衡被破坏,家畜体温上升;或者家畜体内热量散失过多,体热平衡被破坏,家畜体温下降。

家畜通过中枢神经系统和激素内分泌系统共同作用进行体热调节。家畜通过外周感受器接受温度刺激,并通过中枢感受器,发出热调节指令,以适应环境的变化。这种热调节是通过物理调节和化学调节两种方式来进行的。

(一)物理调节

物理调节就是家畜通过增减散热量来调节热平衡的过程。这种调节包括物理和行为两部分。在炎热的夏季或寒冷的冬季,家畜首先借助于表皮血管的舒张或收缩,以增减机体表皮血流量及其温度,提高或减少皮肤与环境的温差,从而增减可感散热量;其次,家畜通过增加或减少呼吸和汗腺活动,以调节蒸发散热量;家畜还可以通过寻找凉爽或温暖处所,调整行为姿势(如热喘息、躺卧、群集等行为)的方式调节热平衡。

研究证明,家畜皮肤温度的升高或降低,是外周血流量增加或减少的结果。据测定,外周血流量的增减,可以使牛和绵羊皮肤温度升降 20°C 以上。

当外界环境温度高于家畜等热区(Zone of thermoneutrality, TN)的上界温度(Upper critical temperature)时,家畜非蒸发散热的作用减弱,而蒸发散热的作用则大大增强。例如,猪在 5°C 环境中,非蒸发散热量占总散热量的比例为85%,蒸发散热量比例为15%;在 10°C 环境中,两者的比例分别为84%和16%;在 20°C 环境中,两者的比例分别为71%和29%;在 30°C 环境中,两者的比例分别为43%和57%;在 35°C 环境中,两者的比例则大幅变动为20%和80%。

以上资料表明,物理调节对保持家畜的体热平衡、维持家畜的体温恒定具有非常重要的意义。

(二)化学调节

当环境温度继续变化,家畜借助于物理调节已经不能保持体热平衡时,则通过增减产热量来调节体热平衡,这个过程就是化学调节。

当环境温度低于家畜等热区的临界温度时,家畜可以通过增加采食量和代谢率来增加产热量。有研究表明,体重70~100 kg的猪,其用于生产产品的能量与采食的饲料能量的百分比值在