

(美) 环境应激分委员会 著

余 振 华 译

家畜营养与环境



北京农业大学出版社

JIA XUYING YANG YU HUANJING

家畜营养与环境

美国国家科委动物营养专业委员会
环境应激分委员会 著

中国畜牧兽医学会动物营养研究会
余振华 译

家畜营养与环境

〔美〕NRC环境应激分委员会 著

余振华 译

*

北京农业大学出版社出版

(海淀区圆明园西路2号)

北京农业大学印刷厂印刷

新华书店首都发行所发行

*

1988年9月第1版 开本: 787×1092毫米 1/32

1988年9月第1次印刷 印张: 6¹¹/₁₆

印数: 0001—5050册 字数: 150千

ISBN 7-81002-046-3/S·46

定 价: 2.10 元

Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals

Subcommittee on Environmental Stress
Committee on Animal Nutrition
Board on Agriculture and Renewable Resources
Commission on Natural Resources
National Research Council

NATIONAL ACADEMY PRESS

Washington, D.C. 1981

作 者 序

本书重点论述环境应激对乳牛、肉牛、绵羊、猪和家禽营养需要的影响。本书采用的“环境应激”一词包括家畜周围的物理因素和心理因素两方面。虽然关于环境和营养的关系所能得到的大量资料都涉及到气候环境，但是特别重要的是温热应激对家畜营养的影响。

本书旨在提醒读者，在环境与营养之间存在着复杂的、各种各样的相互作用，期望正在制订家畜营养需要量表的研究单位能注意本书所提出的环境对营养需要的影响。研究人员在环境影响明显的场所从事试验和分析时，定然能从本书中获得实际的俾益。学习营养学和生理学的学生们定能发现这些论述对于理解环境与营养之间的相互作用方面具有可取的价值，技术推广和技术人员（包括生产者）可利用本书论述的原则，制订出生产管理的实施方案。

本书引证的文献涉及到动物对环境应激因素的反应，但并不仅限于对目前有关文献的综述。作者们设计的研究课题已超出现有教科书的范围，旨在阐述新的和富有创造性的研究方法，以便解决由于处在不利环境中而对营养需要进行调节的复杂问题。我们确信，通过这种方式来收集和整理资料，将会促进研究，从而增加现代化知识，推进对这一最重要课题的理解。

[译者按]书中的环境应激 (Environmental stress) 是指畜体对不利条件的非特异性生理反应的总和。这些不利环境和不利条件包括不良气候、惊吓、运输、环境的改变等等，称为激源，可以造成家畜精神上和生理上的负担而影响代谢、健康与生产能力，短期应激经服习可恢复，而长期应激无法适应，会导致损害健康，甚至发病死亡。

译者序

我国著名家畜营养学专家、东北农学院许振英教授于1983年10月编译了《气温与畜禽营养》一书，此书对研究家畜环境对营养的作用起到重要的指导作用。1986年我国担任家畜营养专业硕士研究生讲授《家畜环境与营养》课程，除参考许老著作外，同时还翻译了美国科学出版社出版的Effect-of Environment on Nutrient Requirement of Domestic Animals一书，略加整饰，作为主要教材，尚称适用。后于1987年初将此初稿通过李风双副教授提交动物营养研究会审阅，经中国农业科学院畜牧所杜荣同志按原文版进行校对。本书的出版得到动物营养研究会张子仪、周建民等常务理事们的大力支持。在此均表铭谢！由于时间仓促，水平所限，书中错误之处在所难免，敬希同行不吝指教为感。

本书承蒙方国玺教授提供宝贵意见，李风双和田玉丰副教授协助校阅部分内容，本校硕士研究生林海、杨金明、赵广永、冯云水、马西艺、王玉玺等的协助，在此均表铭谢。

余振华

1987.10

本书缩写外语翻译

AD	表观消化率	LCT	低临界温度
AE	有效能	ME	代谢能
ARC	农业研究委员会	MEg	生长代谢能
BF	乳脂	ME _m	维持需要代谢能
CF	粗纤维	mg	毫克
CP	粗蛋白	ml	毫升
CMC	细胞壁成分	MJ	兆焦耳
DE	消化能	Mcal	兆卡
DCW	细胞壁消化率	NE	净能
DDM	干物质消化率	NE _m	维持净能
DMI	干物质进食量	NE _p	生产净能
EAT	有效环境温度	NRC	国家科学委员会 营养研究委员会
ESC	外界应激斗争	OMD	有机物消化率
EV	能量值	RE	保留能
FCM	标准乳	TDN	可消化总养分
FE	粪能	THI	温湿度指数
GE	增重能、总能	TNZ	等热温度区
HeE	基础代谢	UE	尿能
HE	产热能	UCT	高临界温度
HI	热增量	WCF	风冷却因子
I	隔热值	WCI	风冷却指数
le	外界隔热值	WSC	水溶性碳水化合物
lE	进食能	W	体重
kcal	千卡		
kg	千克		

绪 论

家畜在免受恶劣气候影响的防护环境中饲养，其营养需要已经普遍地制订，因此，这些已制订的营养需要量表是适用于处在适宜环境中的家畜，可是当家畜一旦处于应激的环境中那就不适用了。尽管一般都认为家畜因寒冷而增加对能量的需要，通过畜体保暖，在隔热的情況下，则对能量的需要趋于缓和，但是，论述环境、营养需要和生产效率三者之间关系的资料却寥寥无几，而认识后一种的关系特别重要。因为在饲料资源有限的时代，在控制的环境中提高肉、乳、蛋的生产，还是投资创造最适宜的环境好。认清这种关系，对于进行选择是必不可少的。事实上，如果进行合理的选择，可以少投资而获得最大的经济效益。

目前最基本的要求是改善家畜的环境，降低营养物质的摄入，以最少的营养物质投入获得最优的生产力和经济效益。现有的营养环境模式还很不完善，但可用来进行比较，即为了在寒冷的气候中保持家畜体温，是供给额外的饲料合算，还是提供温暖的畜舍、或增加垫草或其它代用品合算。修建营养环境控制的模型包括：①操作性能模型（Operational characteristic model, Teter 等，1973）：用来表示肉牛、猪、家禽生长与饲料能量水平的关系；②较低临界温度模型（Lower critical temperature model, Webster, 1974）：用来估计肉牛在静止空气和有风条件下保持较低的临界温度；③博斯康模型（“BOSCOM” model, Paine 等，1974）：用来控制肉牛在肥育期的生长，估

计每日饲料能量的需要与每日温度变化及季节性变化的关系；④有效温度模型 (Effective temperature model, Mount, 1975)：用来计算猪维持体温所需要的热量，采用调节气流、平均辐射热和体表接触表面的类型来控制环境温度；⑤生产模型 (Production model, Emman, 1974)：用于产蛋鸡，⑥蛋白质—能量—温度模型 (Protein-energy-temperature model, Waibel, 1977)：用于火鸡。后两种模型分别用来估计产蛋和生长所需的营养，因为产蛋和生长都随温度而发生变化。可用来估计炎热天气所造成的损失，所能获得的资料十分有限，而现有的营养环境模型并不能说明由于等热区温度 (Thermoneutral zone) 造成的临时性偏差。由于家畜的适应机制和生理补偿，所以这样的营养环境模型具有一定的效果。

本书总的目的是搜集、整理和综合研究成果，以便发展有关营养与环境相互作用的应用基础。然后对家畜在环境应激期间就营养管理的现行概念进行一些专题讨论。虽然试图统一术语，但由于各国作者在论著中所采用的术语没有标准，所以难以统一。但愿本书能帮助读者深入了解家畜营养要求的调整，以适应所处的环境条件，从而有助于发展合理的畜牧业经营管理。

目 录

绪 论.....	(1)
第一章 家畜与环境.....	(1)
第二章 环境与营养.....	(11)
第三章 基础代谢.....	(20)
第四章 饲料进食与环境.....	(26)
第五章 饲料与温度.....	(36)
第六章 饮水与环境.....	(40)
第七章 营养效率.....	(54)
第八章 肉牛的营养与环境.....	(61)
第九章 乳牛的营养与环境.....	(70)
第十章 绵羊的营养与环境.....	(92)
第十一章 猪的营养与环境.....	(106)
第十二章 家禽的营养与环境.....	(122)
后 语.....	(151)
参考文献.....	(153)

第一章 家畜与环境

家畜生活在一个由多种因子综合组成的环境中，这些因子包括家畜周围的物理学的因素和心理学的因素两方面，温热环境对家畜具有强烈影响，以气温的影响为主要作用，但也因气流、降雨、湿度和太阳辐射而变动。从理论上讲，温热环境的效应可称为有效环境温度(Effect ambient temperature)，简写EAT。有效环境温度与各种各样的气候变化有关。家畜在有效环境温度的变动阈限内可因进食量、新陈代谢和热量放散的改变而得到补偿，这些方面的改变，反过来又会改变家畜每日进食能量的变化。其最终结果是改变能量效率，这需要改变日粮中的营养物质与能量之比。

一、热平衡

恒温动物保持相对稳定的体温，这是藉着由新陈代谢产生的热量与从环境中得热或散热而取得平衡。此热平衡是通过生理的、形态的和行为的热调节机制，共同作用而完成的。热的放散速度过快会导致体温过低，而热的放散速度过慢则导致体温过高，无论何种情况时间过长家畜都不能忍受。在多数情况下，家畜从体表通过传导，对流和辐射持续地放散总可感热。在任何条件下，家畜都从呼吸道和皮肤表面持续地散放蒸发热（非可感热）。其总失热率视周围环境对热的要求与畜体组织、皮肤如其复盖物（皮毛或羽毛）对于热流的抵抗而定，这种环境的热要求是气象因素的一个函数，

并为周围冷却力的反映。即在异常的环境中,环境温度超过体心温度,平衡结果是家畜从环境中得到热量,然后通过蒸发散热消耗能量来去除自身的这些热量。环境温热的要求相当于家畜向特定环境内放散的热流量。

二、有效环境温度 (E A T)

家畜经常暴露于气候环境中并受到若干气候因素的影响,因此评定家畜对代表家畜环境的共同热效应指标的反应是很有益的。

EAT 就是这样一个以环境热要求来描述的指标:即具有与所讨论的环境有相同的热需要而没有明显的气流和辐射热的等热环境温度。有人企图用公式来表明 EAT 数值,曾几次试图制定有效环境温度的定量方法,但大多均未成功,因为多数家畜都依藉其生理反应和行为反应与热应激作斗争,进而影响对环境热的要求。虽然在选择可变环境的综合效应已有报道,例如用风冷却(WCF)因子和温湿度指标(THI),但是用来计算各种家畜的特定公式尚无进展。

然而在预测温热环境对家畜的效应时, EAT 是一个有用的概念。有几个附加因素对气温和环境温热均有影响。已证实的因素包括如下:

1. 热辐射:被家畜接受的热辐射有两个基本来源:太阳辐射(直接的或从云层和周围表面反射的)和地面的长波辐射(从周围所有的表面所构成的散射)。辐射热对家畜的总效应是吸收的太阳辐射和长波辐射与动物放射出的长波辐射之差。能影响热辐射总效应的因素有如遮阳物、附近的建筑和其它家畜、地面复盖物、云层,家畜体表的性状和畜舍内表

面的隔热层等。

家畜在阳光下经常地由热辐射得到热量，导致有效环境温度增高 3—5℃，在冬季增加 EAT 是有益的，而在夏季则有害。

2. 湿度：空气中的水汽含量能影响家畜的热平衡，特别是在温热的环境中蒸发散热对保持恒温是关键。家畜周围的水汽压愈高，从皮肤和呼吸道到空气间的水汽压梯度愈低，则蒸发率愈低。周围水汽压的增加一般对那些在热应激期间靠喘气（少数靠排汗）来放热的动物品种影响较小。不同品种、不同体重的家畜，根据空气的干球温度和湿球温度，可计算出温湿指数（THI）。如以出汗来对付热应激的牛，其温湿指数的计算如下：

$$\text{温湿指数} = [0.35 \times \text{干球温度}] + [0.65 \times \text{湿球温度}]$$

而对不出汗的猪来说，指数中的湿球温度较低，其温湿指数计算如下：

$$\text{温湿指数} = [0.65 \times \text{干球温度}] + [0.35 \times \text{湿球温度}]$$

3. 气流：气流影响家畜对流散热和蒸发散热的速度，可是这种影响的程度是缓和的。因为血管收缩减少动物和环境间温度梯度，皮温有些下降。在低风速时，增加气流的速度使每单位的失热和得热最大，因为这时周围静止空气的外围已破坏。畜体要求相对的微小气流，当增加每小时风速为 6000 米以上时，能导致对流热的传递有少量的增加。

所谓风冷却指数（WCI）是表示周围温度和空气流速对环境温湿要求的综合效应的简化值，目前风冷却指数已发展到在寒冷环境中的各种家畜。在酷热环境中（当周围温度超过家畜的体表温度时）家畜能获得对流热。

4. 接触面：在自然界和地面温度或其它接触面可决定家

畜得到的传导热流的速度。虽然这是正常总热交换中的一小部分，但这在某些情况下是很重要的。如在混凝土地面上仔猪有较大的热传导。家畜可作出行为上的反应，即改变姿势和其特定环境的方向。例如接触到寒冷的或温暖的地面，辐射来源的方向和日落的方向以及过堂风的方向，家畜都可做出行为上的反应。

5.降雨量：家畜有时暴露在不良的天气中由低温、寒风、降雨或降雪组成的恶劣天气时，对家畜的热平衡能引起有害的影响，雨水积存在家畜皮毛内，取代静止的空气，从而减低外部的隔热性。此外，雨水降落在皮毛内使毛倒伏，减少毛皮的绝缘价值。雪和冷雨可增加传导热的损失，而要使潮湿的毛皮干燥，由于蒸发散热使家畜受冷。

正如McDowell(1972)讨论，纵然，EAT在实际应用上目前尚具有局限性，但对EAT应该继续研究，其目的在于改善和发展EAT的测定标准和持续效应。虽然在报告中偶然地包含了EAT的应用，正如上面所讨论的目的，但读者还期待着用EAT来最佳地表明有利的环境温热要求。在有些实例中，EAT可限制在每日的或每月的平均干球温度范围内。

三、环境温热分区

用等热区(TNZ)开始评定家畜与其温热环境之间的关系。等热的概念，按照研究者的见解具有不同的涵义。对于家畜来说，这个论题已由Mount(1974)综述，下面是他发展的解释：

1.在EAT的范围内，家畜代谢热的产生保持基础的水

平。

2.在 EAT 的范围内,家畜的体温保持正常,不发生出汗和气喘,热的产生保持在最小值(有时起到如同最低热调节区的作用)。

3.在此范围内,对家畜提供最大舒适的感觉(这范围亦称为舒适温热区)。

4.有的家畜选择的 EAT,提供一个不受限制的环境范围内(这亦称为偏爱的温热环境)。

5.家畜处在最适宜的温热环境中,能发挥其最大的生产性能和最小的应激(包括疾病)。

目前这些定义尚未完全一致,他们基本上是一致的,所提供的定义是根据每个人的兴趣和原因用来解释 TNZ。必须强调,对于畜牧人员的舒适温度可以不同于家畜的 TNZ。因此家畜环境的选择和估计不必根据人类的舒适为基础。

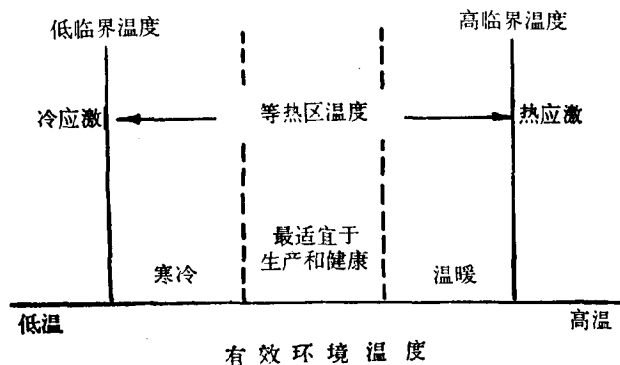


图 1—1 温热分区与气温的关系

〔注〕*Mount 实际应用的辞是 Operative environmental temperature, 即操作的环境温度, 这个定义与我们在报告中应用的有效环境温度相似。

在本书中，TNZ 被解释为有效环境温度（EAT）的范围，在此温度范围内，家畜处于正常的维持需要和生产性能。在非应激的情况下，不需要增加代谢热的产生速度以补偿向环境的失热。见（图 1—1）

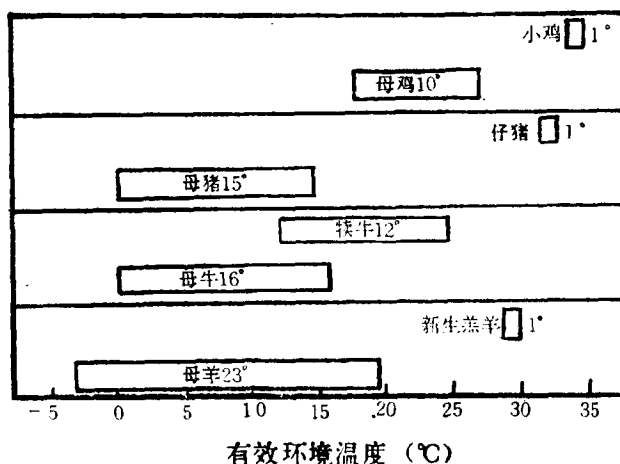


图 1—2 不同家畜的新生仔畜和成年母畜的等热区范围的估计 (Bianca, 1970)

（图 1—2）表明几种家畜所要求的等热区温度，应该注意，家畜受到冷热环境的驯化结果，能出现 TNZ 的变动（例如母牛在 TNZ 内经过冬季寒冷的驯化可下降 15°C）。

当温度立即下降到低于最适温度时，仍能保持在 TNZ 内，这时家畜产生生理机制保持体热，这些机制主要是姿势上的调节、被毛或羽毛的变化，外围血管的收缩。在 TNZ 范围内降低 EAT，致使家畜的代谢率能保持在等热区的水平。

在 TNZ 的下限上，家畜各种保暖效果和对冷应激的行

为上的反应达到最大，这点上的温度称为最低临界温度（LCT），低于此温度点即为寒冷区（图1—1），此区内的家畜必须增加产热的代谢率，方能维持其恒定的体温。在寒冷区内，为了使家畜维持体温的稳定在增加代谢产热量的同时还要增加环境温热。

一般情况，家畜对冷应激的最初反应是依赖于产生更多的代谢热，但长期暴露在寒冷中的家畜，通过生理的和形态的变化，逐渐地形成适应性反应。例如，提高隔热性，增建热流的障碍物，可改变环境可感热对家畜影响的效率。隔热物包括组织隔热层（脂肪、皮肤）、外界隔热物（被毛、羊毛、羽毛）和家畜周围空气的隔热层。这些隔热物是附加的，并且是确定LCT和低于LCT时的失热率的主要因素。当然，如果家畜的隔热物变化时，等热区的界限亦为同时改变。在（图1—1）和（图1—2）内可表明。

最低临界温度可由等热区的产热量和隔热物的隔热性能来决定。（Webster, 1970）。在（表1-1）内可找到主要家畜的估计最低临界温度。这些数值应考虑到只能作为寒冷敏感性的指示值，在实践中，实际的低临界温度在很大的程度上是依赖于畜舍栏圈的特殊结构、年龄、品种类型、泌乳期、营养、喂饲后的时间、气候驯化的历史、被毛和毛层以及行为等，以这些因素中的几个因素来估计它们的影响示于（表1-1）内。例如，一群猪的LCT要比单独饲养的猪低几度，因为拥挤行为在寒冷环境中可减少猪的暴露面积，从而减少散热于环境中。

高饲养水平的大型反刍家畜所确定的LCT要比家禽、猪和幼畜低得多。圈养家畜和乳牛在高水平的生产中，由于消化作用和新陈代谢不可避免地产生大量的热，再由于大家畜