



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



# 家畜环境 生理学

● 李震钟 主编

● 畜牧、兽医专业用

中国农业出版社



数据加载失败，请稍后重试！

全国高等农业院校教材

# 家畜环境生理学

李震钟 主 编

畜牧、兽医专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

家畜环境生理学

李震钟 主编

---

责任编辑 刘博浩

出 版 中国农业出版社  
(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 北京科技印刷厂

开 本 787mm×1092mm 16 开本

印 张 11.5 字数 264 千字

版、印次 1999 年 5 月第 1 版  
1999 年 5 月北京第 1 次印刷

印 数 1~2 000 册 定价 12.70 元

---

书 号 ISBN 7-109-05450-0/S·3480

ISBN 7-109-05450-0



9 787109 054509 >

主 编 李震钟 (西北农业大学)  
编 者 李震钟  
        吴庆鹏 (山东农业大学)  
        王新谋 (中国农业大学)  
审 稿 杨传任 (中国农业大学)

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....              | 1  |
| 一、家畜的环境 .....             | 1  |
| 二、家畜环境生理学的定义和任务 .....     | 2  |
| 三、家畜环境生理学的发展和展望 .....     | 3  |
| 四、家畜环境生理学的地位及相关学科 .....   | 4  |
| 五、家畜环境生理学的研究方法 .....      | 5  |
| 第二章 适应的基本原理 .....         | 7  |
| 第一节 适应的概念 .....           | 7  |
| 一、适应的涵义 .....             | 7  |
| 二、适应的类型 .....             | 10 |
| 三、适应的法则 .....             | 12 |
| 第二节 家畜的适应性 .....          | 13 |
| 一、锻炼 .....                | 14 |
| 二、育种 .....                | 16 |
| 第三章 家畜对热环境的适应 .....       | 19 |
| 第一节 等热区 .....             | 19 |
| 一、等热区的定义 .....            | 19 |
| 二、影响等热区的因素 .....          | 21 |
| 第二节 家畜的体热调节 .....         | 23 |
| 一、产热 .....                | 23 |
| 二、散热 .....                | 25 |
| 三、神经和激素在体热调节中的作用 .....    | 29 |
| 第三节 家畜对炎热的反应 .....        | 34 |
| 第四节 家畜对寒冷的反应 .....        | 37 |
| 第五节 家畜对潮湿和风的反应 .....      | 39 |
| 一、对潮湿的反应 .....            | 39 |
| 二、对风的反应 .....             | 40 |
| 第六节 热环境因素对家畜的综合影响 .....   | 41 |
| 第四章 光对家畜的影响及家畜的生物节律 ..... | 47 |
| 第一节 光对家畜的影响 .....         | 47 |
| 一、光对神经系统和内分泌系统的影响 .....   | 47 |
| 二、光对家畜健康和生产力的影响 .....     | 62 |
| 第二节 家畜的生物节律 .....         | 66 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 一、生物节律的概念 .....          | 66  |
| 二、动物的生物节律表现 .....        | 68  |
| 三、生物节律的调控机能 .....        | 72  |
| 第五章 应激的基本原理 .....        | 75  |
| 第一节 应激的概念和发展阶段 .....     | 75  |
| 一、应激学说的提出 .....          | 75  |
| 二、应激的概念 .....            | 76  |
| 三、应激的发展阶段 .....          | 78  |
| 四、应激在适应中的地位 .....        | 80  |
| 五、畜牧生产中常见的应激源 .....      | 82  |
| 第二节 神经系统在应激反应中的作用 .....  | 83  |
| 一、周围神经系统的参与 .....        | 84  |
| 二、中枢神经系统的调控 .....        | 85  |
| 第三节 内分泌系统在应激反应中的作用 ..... | 93  |
| 一、肾上腺髓质激素 .....          | 94  |
| 二、肾上腺皮质激素 .....          | 95  |
| 三、其它激素 .....             | 99  |
| 第六章 应激对家畜生产力和健康的影响 ..... | 103 |
| 第一节 应激对生长和增重的影响 .....    | 103 |
| 一、应激影响生长和增重的机制 .....     | 103 |
| 二、应激对生长和增重的影响 .....      | 104 |
| 第二节 应激对家畜繁殖力的影响 .....    | 107 |
| 一、应激影响家畜繁殖力的机制 .....     | 107 |
| 二、应激对家畜繁殖力的影响 .....      | 108 |
| 第三节 应激对泌乳的影响 .....       | 111 |
| 一、应激影响泌乳的机制 .....        | 111 |
| 二、应激对泌乳力的影响 .....        | 113 |
| 第四节 应激对肉品质的影响 .....      | 113 |
| 一、应激降低肉品质的机制 .....       | 114 |
| 二、应激对肉品质的影响 .....        | 115 |
| 第五节 应激对家畜健康的影响 .....     | 116 |
| 一、应激影响家畜免疫力的机制 .....     | 116 |
| 二、应激对家畜健康的影响 .....       | 122 |
| 第七章 应激的监测及其危害的预防 .....   | 125 |
| 第一节 应激的监测 .....          | 125 |
| 一、临床表现 .....             | 125 |
| 二、生理生化指标 .....           | 125 |
| 三、其它监测方法 .....           | 128 |
| 第二节 应激危害的预防 .....        | 131 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 一、改善饲养管理 .....         | 131 |
| 二、合理设计牧场 .....         | 134 |
| 三、抗应激添加剂或药物的使用 .....   | 134 |
| 四、抗应激育种 .....          | 137 |
| 第八章 各种家畜的环境生理特点 .....  | 140 |
| 第一节 牛的环境生理特点 .....     | 140 |
| 一、对炎热的反应 .....         | 140 |
| 二、对寒冷的反应 .....         | 144 |
| 三、对管理条件的反应 .....       | 146 |
| 第二节 水牛的环境生理特点 .....    | 146 |
| 第三节 绵羊的环境生理特点 .....    | 149 |
| 一、对炎热的反应 .....         | 150 |
| 二、对寒冷的反应 .....         | 153 |
| 三、对饲养条件的反应 .....       | 156 |
| 第四节 山羊的环境生理特点 .....    | 156 |
| 一、山羊的体型结构特点 .....      | 156 |
| 二、对炎热、干旱和饲料条件的反应 ..... | 157 |
| 三、对寒冷的反应 .....         | 159 |
| 四、对寄生虫的敏感性 .....       | 159 |
| 第五节 猪的环境生理特点 .....     | 160 |
| 一、猪的体热调节特点 .....       | 160 |
| 二、猪的体质特点 .....         | 164 |
| 三、猪的习性特点 .....         | 166 |
| 第六节 家禽的环境生理特点 .....    | 169 |
| 一、鸡的环境生理特点 .....       | 169 |
| 二、其它家禽的环境生理特点 .....    | 175 |

# 第一章 绪 论

## 一、家畜的环境

环境是指相对于某个事物而言，作为这个事物的对立面而存在的。事物与环境既相互对立又相互依存、相互制约和相互转化，它们之间存在着对立统一的相互关系。家畜的环境是以家畜为中心事物，作用于家畜这一客体的所有外界条件和因素的总和。家畜赖以生存的空间，充满着多种不同结构、不同特性和不同运动状态的物质。生存着的家畜，每时每刻都与周围空间进行着能量和物质的交换，不断地受着外界环境因素的影响。

家畜的环境，从广义上说，包括内环境和外环境两大部分。内环境指家畜体内部一切与生存有关的物理学的、化学的、生物学的因素。通常所说的家畜环境，一般是指外环境。

家畜的外界环境，可分为自然环境和人类社会环境两大类，自然环境即地球表面的大气、土壤、岩石、水和生物（动物、植物、微生物）等自然界；人类社会环境是指人类在自然条件基础上通过劳动创造出来的并且和人类的进化一起发展的外界条件。家畜不能离开人类社会条件而单独存在，家畜的环境在许多方面与人类生存环境相近似。可见，家畜赖以生存和发展的环境已不是原始的自然环境，也不是单纯的社会因素，而是在自然背景的基础上通过人类的改造加工形成的，它凝集着自然因素和社会因素的相互作用，体现人类利用和改造自然的性质和水平，对家畜的生存、健康和发展起着决定性的影响。

自然环境包含极其复杂的内容，是由许多性质不同又相互关联的事物和过程构成的。譬如空气环境、水环境、土壤环境、生物环境四大环境要素是性质不同的环境相，具有各自独特的存在和发展规律，但它们之间又紧密相关、甚至是相互不可分割（如空气、土壤、生物都有水的成分）。每个环境相存在多种因素和变化过程。如空气环境是十分复杂的因子相互作用的总称，它包括多种气体成分，它的温度、湿度、运动、压力、夹杂物，以及光、声、电、气象现象的发生和传播等，时刻在变化着，并与其他因素结合，对家畜产生综合的作用。

生命物质来源于环境，并在一定环境条件下发育，进而形成生物机体。因此，机体在生活过程中，总是与它的生存环境相适应，保持密切的联系。家畜的正常生理活动，实质上是与生存环境不断进行相互作用的过程，每一个生理特性和形态特征都是在一定环境条件下形成，也必然在变化的条件下发生改变和发展。家畜的生存要求一定的条件，生存条件（譬如水）往往就是机体整体的组成部分，这是机体与环境的统一关系。但环境条件不断发生变化，变化了的新条件往往与机体的生理机能是矛盾的，这是机体与环境的对立关系。当机体生理机能在变化的环境条件作用下发生相应的变化时，机体就适应已变化了的环境，甚至产生新的生理特性。这种又矛盾又统一的关系，是机体适应环境变化的生存本能。例如，当家畜的温度环境发生变化时，家畜的能量代谢活动发生相应的改变，通过产热和散热的生理调节机能，使体内产生热量和散放热量增多或减少，保持正常的体温状态，

使家畜与外界环境的热量交换取得平衡。因此，家畜的体温经常保持相对稳定，但产热量和散热量并非固定不变的。

家畜在长期的进化过程中，具有调节自身生理机能，保持体内稳定的适应能力。家畜依靠这种能力在特定的环境中不随外界环境的改变而变化，维持着正常的生命机能。但是，这种对环境的适应性是相对的，环境的变化总会引起机体内部产生一定的反应，或多或少对家畜的生长发育、生产性能产生有利或不利的影晌，尤其是环境条件变化过于突然或很强烈，超出生理调节能力范围时，家畜可能出现疾病，以至死亡。

在自然环境中，大气和家畜饲养环境中的空气的物理特性（温度、湿度、密度、运动等）、化学特性（氧、二氧化碳、有害气体等）、生物学特性（微生物等）对家畜的生存和健康都有重要影响。

水是家畜生存不可缺少的物质，也是极重要的营养因素。水是家畜机体的主要成分，生命的一切重要现象都必须通过水才能发生和完成。家畜可以从饮水中获得某些重要的营养物质（如矿物质），没有水就没有生命。如果水质不良或受到污染，就会引起某些疾病的发生和流行。

土壤是家畜生活的基础。土壤是提供矿物质营养的源泉，土壤的温热状况和水分状况直接影响家畜小环境的冷热和干湿特性。土壤的理化特性和生物学特性还直接和间接通过水和植物影响家畜的健康及地方病的发生。

生物对家畜的影响，主要表现在饲料和寄生虫、病原微生物的繁衍、传染病的传播上。饲料的种类、数量和品质，对畜种和品种的分布、数量的增减、生产性能的高低起着直接的作用。

家畜环境中的人为因素，包括人类施予家畜的育种、培育、饲养管理、调教利用、疾病防治等一系列技术措施，以及人类社会的经济体制、政治、政策、文化、风俗习惯等意识形态给予家畜的影响。

## 二、家畜环境生理学的定义和任务

家畜环境生理学是研究健康家畜的生命现象和生理活动与外界环境的关系的科学，其任务是探讨由于环境的作用使家畜机体的生理机能出现各种反应的规律。

为了从不同侧面研究动物与环境之间的相互关系，科学家们提出了许多术语。这些术语的涵义各不相同，在应用上也互有差异。例如，研究的对象是环境和动物群体，就称为群体生态学（synecology）；研究的对象是环境和动物个体，称为个体生态学（autecology）、环境生理学（environmental physiology）或生理生态学（physiological ecology）；如果专门研究气候对家畜的影响，就称为生物气象学（biometeorology）或生物气候学（bioclimatology）；如果侧重于研究家畜在环境作用下的应激反应，则称为应激生理学（stress physiology），等等。本书着重研究各种主要环境因素对家畜个体的影响，故定名为家畜环境生理学。

家畜机体是一个非常复杂的生命系统，其生理过程是许多相互联系的反应的总和，包括动物自身先天的生理过程和环境作用下产生的生理反应。有些反应常常通过遗传突变而改变家畜的某些生理过程。例如，生存在不同地区的同种家畜，由于生存环境中的物理因

素(温度、湿度、气压、光照等)、化学物质条件的差异,生理机能表现出许多不同的特点。即使同一地区的同种家畜,也常因为环境的昼夜变化、季节变化和年度变化等,引起生理活动出现一系列不同的反应。因此,家畜机体内部的生理活动的全过程,实质是机体对环境中各种因素的应答性反应的结果,是家畜对环境条件的适应。研究家畜与环境之间相互作用所引起的复杂生理变化及其规律,是家畜环境生理学的基本内容。

当生存环境发生变化时,家畜通过体内调控系统的调节功能来维持内环境的相对恒定。家畜环境生理学的任务不仅在于简单地观察和阐明这种调节功能的生理活动规律,而且要采取适当措施,影响并定向控制家畜的生理活动,使家畜的生理机能的发生向有利于提高本身生产性能和增强健康的方向变化,促进畜牧事业的发展。

### 三、家畜环境生理学的发展和展望

家畜的生存活动与周围环境条件息息相关。家畜从野生动物向家养动物的发展过程,首先是生存环境的改变。我国古代人民在长期生产过程中,对家畜与环境的统一关系逐渐有了一些理解,驯养家畜因时、因地制宜,使家畜避免恶劣环境的危害。《素问》中记载“春夏养阳,秋冬养阴,以从其根”,“治病必求其本”,强调针对四季气候特点饲养管理家畜。《元亨疗马集》中说:“冬暖,夏凉,春牧,秋厩,节刍水,知劳役,使寒暑无侵”,表明我国古代人民已具有家畜的生理机能与环境条件、疾病与气候因素的因果关系的概念。

两千多年前,古希腊医生 Hippocrates (公元前 460~前 377) 提出动物机体环境稳定的设想。他提出,动物体内有四种体液:血液、粘液、黑胆汁和黄胆汁,通过这四种体液的相互协调来维持机体的健康,如机能失调则会致病。同时,动物外环境中的空气、水、地理条件对其健康极为重要,季节变迁、气候的冷热与疾病之间具有密切的关系。这些设想,为现代环境生理学的发展提供了基础知识。

环境生理学发展的初期是以对人体的研究为主,实验往往又以动物为研究对象。到 19 世纪,法国生理学家 Claude Bernard (1813~1878) 首先明确地提出了机体“内环境”这一概念,在他的著作《关于动物及植物共同生命现象的讲座》中指出,“内环境的稳定状态是自由和独立生命的首要条件”,“生命是机体与环境的物理化学状态之间相互斗争的结果。”在其以后,一些生理学家发展和完善了他的这一观点。美国生理学家 W. B. Cannon (1871~1945) 发展了关于内环境相对稳定的概念,证明机体以交感神经系统为主对来自各种不同环境的刺激进行调节。为便于研究机体维持相对稳定的能力,他建议采用“机体内环境稳定”(homeostasis) 一词作为生理学的原则。加拿大生理学家塞里 (1907) 在研究机体的适应和致病的机制时认为,机体的适应功能受到环境变化的强烈刺激时,内环境稳定受到破坏而可能发生疾病,他把这种环境刺激物称为应激源,由应激源引起的障碍称为“应激”。他又根据应激的一般的和非特异性反应的特点,提出“全身适应综合症”的概念。此概念已得到生理学界的公认,并在畜牧兽医学科的研究和生产中广泛应用。

近代家畜环境生理学的研究,始于 40 年代一些发达国家建立的人工气候室,它为研究家畜环境生理提供了可靠的手段。利用人工气候设备的早期研究主要侧重于家畜的体温、呼吸、心率等生理指标与气象因素之间的关系,以及这些因素对家畜的生长、生殖、生产力的影响。这方面研究的重要成果在英国的 J. Hammond 主编 (1954) 的《农畜生理学进

展》一书中得到了反映,其中J. D. Findlay《家畜环境生理学》的论文初步阐述了环境与家畜生理的关系。此后人们逐步对家畜的产热、散热、能量代谢、水代谢和缺水反应、甲状腺及其与能量代谢、热调节和生产性能有关的内分泌机制、炎热和寒冷气候对家畜生理机能和生产力的影响等方面积累了大量的资料。从60到70年代,研究成果和专著重要的有:E. S. E. Hafez (1968)著的《家畜的适应》;1964年我国的学者汤逸人和杨诗兴在《畜牧学进展》一书中分别发表了《家畜生态学》和《家畜气候生理学的进展》长篇文章,论述了环境条件对家畜的地理分布、适应性及生理机能、生产力的影响。对反刍动物的研究,有J. C. D. Hutchinson (1961)的《绵羊的气候生理》,J. D. Findlay (1961)的《牛与气候》;K. L. Blaxter (1962)在《反刍动物的能量代谢》中详细论述环境温度对牛、羊能量代谢的影响以及机体散热的有关理论,并提出估算临界温度的公式;对猪的研究有J. T. Morgon (1962)的《环境生理》;L. E. Mount (1968)著的《猪的气候生理学》;对家禽方面的研究有冈本正干(1964)的《家畜和家禽的环境与生理》,T. C. Carter (1967)主编的《家禽生产的环境控制》、黄昌澍(1983)的《鸡的环境生理》;对环境与机体关系方面的综合性专著有H. D. Johnson (1976)主编的《家畜生物气象学的进展》、M. L. Esmay (1978)著的《家畜环境原理》、L. E. Mount (1979)的《人和家畜对热环境的适应》等。

80年代以来,这方面的研究又取得长足进步。第一届(1976)、第二届(1982)、第三届(1988)国际家畜环境科学会议论文集反映了家畜环境生理学的最新研究成果。Stanley E. Curtis (1981)的《家畜环境管理》,对家畜环境生理的理论同畜牧业生产实践相结合的问题作了详尽的论述。Л. П. Марина和В. П. Тонкоглас合著(1982)的《家畜和应激》、M. K. Yousef (1984)的《家畜应激生理学》及P. R. Wlepkema和P. W. M. Vanaorlchem编著的《家畜应激生理学研究进展》、И. Н. Никитченко (1988)等著的《家畜的适应、应激和生产力》,这几本专著主要在理论上阐述环境因素引起家畜的应激反应,对家畜机体的适应及机体的内分泌、实验系统的调节、免疫、病理、行为反应、生产性能等各方面生理活动的影响和变化规律。其他重要的著作还有:H. D. Johnson (1987)的《家畜的适应与生物气候学》、D. Stranch (1987)的《动物生产与环境卫生》;黄昌澍(1989)的《家畜气候学》、Llive Phillips和David Piggins (1992)合著的《家畜与环境》等。

把家畜机体与周围环境看作辩证统一的整体,从生理学角度研究两者之间的相互联系的家畜环境生理学越来越受到人们的重视,而且同许多学科相互渗透的趋势日益明显。譬如,运用基因检测可检出应激基因携带者,并已成功地用于猪的育种。这些多学科相互交叉而形成的新的研究领域,对于深入认识家畜机体与外界环境关系、提高家畜生产力具有重要意义。

#### 四、家畜环境生理学的地位及相关学科

家畜环境生理学迅速的发展,使它由生理的重要分支进而成为独立的学科,受到高等农业院校有关专业的关注。家畜生理学是畜牧、兽医等专业的基础理论课程,畜牧兽医等专业的学生通过学习该课程能正确认识健康家畜正常生理活动的过程和规律。而家畜在外部环境不断变化的影响下表现出的极其复杂的生理活动的动态过程,需要有相应的学科加

以研究和发展。因此,家畜环境生理学是家畜生理学这门专业基础课程的重要组成部分和必要的参考书。

生理学的发展史表明,它的研究领域和研究方法在不断扩展和完善,向宏观和微观两个方向发展的趋势日益明显。现代生理学许多方面已从分子水平研究细胞内部的生物物理和生物化学的变化,有的已进入到物质的原子水平和量子水平。物理学和化学的基本原理越来越广泛地被应用于分析和解释动物的生命活动。生理学和环境科学的结合,现代设备和精密仪器、微电脑的应用,为开展家畜环境生理学研究提供了先进手段。可见,数学、物理学和化学的必要知识是研究环境生理学的重要基础。

普通生理学(General Physiology)研究生物基本生理活动的原理和规律;生态生理学(Ecological Physiology)揭示生物在一般环境和特殊环境条件生理活动发生相应变化的能力,尤其是器官或器官系统机能的适应性;细胞生理学(Cellular Physiology)研究细胞的结构和功能。这些生理学的重要分支从各个不同侧面研究动物生理活动的规律,与环境生理学有着不可分割的关系。

环境科学(Environmental Science)研究自然环境和人为环境受人类活动的影响及各环境因子相互间变化的规律;气象学(Meteorology)研究大气的结构、组成、各种物理性质和现象及其变化规律。这些都是家畜环境生理学所不可缺少的研究知识。

此外,凡是与环境有密切联系的学科都需要环境生理方面的专门知识。譬如,家畜遗传学研究遗传物质的传递规律,必须懂得家畜在系统发育过程中需要一定的环境条件,同时受环境变化的影响。家畜育种学在选择育种方法时必须考虑环境因素对选育结果的作用、家畜对环境的适应能力和遗传潜能的表达;在引种时要考虑原产地和引入地的环境条件差异,家畜在新旧环境中的生理反应。动物营养学的研究,要充分考虑环境与营养代谢的密切联系,在不同气候条件下家畜的营养代谢规律和营养需要有很大的差异。家畜环境卫生学的研究是以环境生理学的理论为基础的,环境控制与环境管理都必须研究动物的生理机能的变化,以动物的生理活动为判断环境质量好坏的依据。家畜疾病的预防和治疗也都在很大程度上受环境条件的影响。

## 五、家畜环境生理学的研究方法

研究家畜环境生理学的基本方法是实验。研究家畜在特定气候环境或在某种环境因素作用下的生理活动机能和生产性能,都必须对家畜本身进行观测实验。在此基础上,近代科学技术的发展,使生理学的研究实现精确的定量化;同时引进了系统分析、数学模型和物理模拟等新方法。观测仪器和设备在向自动化方向发展,不断更新和完善,为家畜环境生理学的深入研究创造了条件。目前,主要的研究方法有:

(一) **动物实验法** 这是普通生理学最基本的研究方法,其他研究方法所得到的结果也必须用此法进行验证。环境生理学的研究是观测环境因素对家畜生理活动变化过程和性状特性的影响程度,必须沿用和借鉴生理学的基本研究方法。动物实验法可概括为急性实验和慢性实验两大类;其中急性实验又分为活体解剖实验法和离体组织器官实验法两种。慢性实验法是对健康实验动物(包括家畜)实行整体观测或施行一定外科手术后进行长期的系统观察研究。环境生理学的研究着重于慢性实验方法,有时也辅之以急性实验法。

动物实验法包括物理的、化学的与生物学的方法,可以根据不同研究项目的要求分别使用。例如对离体组织和器官进行的理化性状的观测和分析;对各种物质(包括畜产品和环境中的物质成分)的化学组成与含量的观测;对某些活性物质,如染色体、DNA、血液、酶、激素等的生化分析实验;对健康正常的家畜和实验动物整体或施行一定手术(如消化道瘘管、血管瘘管、埋藏电极等)后在人工气候室(或气候箱、柜等)或自然条件下进行长期观测研究;动物饲养和营养试验;家畜的引种、改良效果的研究分析等,这些都是在一定环境条件下以动物实体进行观测分析的,因而能够获得比较正确的结果。

多年来,由于电子技术的发展,生理学的研究和实验常采用力学、流体、气体、能量转换、信息传递和放大、记录、显微与超微等新理论、新技术。环境生理实验常用的大型人工气候室,就是综合现代实验技术之大成的研究设施。

**(二) 系统分析法 (System analysis)** 这种研究方法是从“黑箱”(black box)方法发展起来的。黑箱或灰箱 (Gray box) 是指具有某种功能,但还不清楚或不太清楚其内部过程的系统。它作为一种科学研究方法,不仅在生物科学,而且在工程技术、社会科学的各个领域都可以应用。在生理科学中,如大脑的记忆、联想、综合、学习等功能,血压在外界刺激因子作用下的调节功能等的生化变化过程还不太清楚。用黑箱方法的原理,通过动物实验的设计,人为输入信号,观察脑、血液循环等系统的输出反应,获得有关资料和数据,再对系统的控制性能进行比较分析和评价。通过外部观测所获得的数据,辨识系统的结构和参数,求得定量描述系统的输入与输出关系和状态的数学模型。系统分析法涉及试验设计、测试输入信号的选择、输出信号观测、试验数据处理方法、数学模型结构选择、参数估算方法等各种问题,是一种实验观测与理论分析相结合的方法。

在环境生理学的实际研究中,同样把动物机体和环境相互作用看作是一个非常庞大复杂的系统。机体内部生理过程在环境因子刺激下的变化还不十分清楚。例如,环境因子的作用使机体产生适应和应激反应的实质,如何通过神经网络、内分泌系统对某些器官系统和生理机能实现其效应;其中的控制物质、形态、生理生化等方面的诸多细节,需要作大量的观测研究,有些关键技术仍然没有突破。通过外部观测所获得的数据,机体内部结构及与外部联系的输入和输出的信息,对环境因子的观测,畜群及个体的生理参数和生产记录,参数的估算以及选择数学模型等,都必须采用系统分析方法进行分析和处理,以得到比较科学的试验结果。

(吴庆鸪)

### 主要参考文献

- [1] 向埭编著,家畜生理学原理,农业出版社,1990
- [2] 南京农学院主编,家畜生理学,农业出版社,1980
- [3] 黄昌澍编著,家畜气候学,江苏科学技术出版社,1989
- [4] 李震钟主编,家畜生态学,中国农业出版社,1995

## 第二章 适应的基本原理

### 第一节 适应的概念

#### 一、适应的涵义

动物体的基本构成单位是细胞。细胞外液是细胞的外部环境，为细胞摄取营养物质和排出废物提供介质。但就整个动物体而言，细胞外液存在于机体的内部，是动物机体的组成部分。19世纪法国生理学家 Claude Bernard 将动物体内环绕细胞周围的液体（即细胞外液）称之为有机体的“内环境”（milieu interieur），他并且指出，动物体的内环境是相对稳定的。细胞外液中的营养物质（如葡萄糖）浓度经常稳定在一定范围内；细胞中的废物进入细胞外液后，很快就通过一定方式排出去，浓度也不会超出限度。所以，细胞外液的 pH、盐浓度、渗透压、温度等，都经常稳定在极其狭窄的范围内。这种相对稳定的状态，是细胞正常生存的必需条件，也是整个机体得以生存的前提。

美国生理学家 W. B. Cannon 1926 年提出了“内环境稳定”（homeostasis）这一术语，简译为“内稳态”。内环境稳定的涵义不仅表示动物机体的内环境所处的状态，而且包含了机体各种组织器官的机能为使内环境保持稳定而进行的协调一致的复杂调节活动。就家畜而言，它所处的外部环境是极其复杂而且多变的，外部环境的变化必然要影响到畜体内部。畜体经过一系列生理机能的调节，使内部环境保持着稳定状态，因而使细胞乃至整个机体得以正常生存下去。这就是说内环境稳定是畜体进行复杂生理调节的结果，是动态的稳定、相对的稳定，而不是静止的、绝对的。

在复杂多变的外界环境中，家畜机体从分子水平到整体产生复杂反应，保持了内环境的稳定，使生命活动得以正常进行。这个反应的过程和结果，总称为家畜对外界环境的适应。

如上所述，环境在一定范围变化时，动物机体能够及时产生一些反应，以保持内环境稳定，维持正常的生长发育和生产性能。人们为了描述这些反应过程和状态，采用了许多术语。但是因为各人对术语的理解不同，在使用上有些混乱。针对这种情况，生理学国际联合会下属的热生理学国际委员会（International commission for thermal physiology）在 1973 年出版了一本书，名为《热生理学词汇》（Glossary of terms for thermal physiology），对有关术语提出了明确的定义和解释，以促进学术界的正确理解、运用和交流。这里列举一些和我们有关的最常用的术语以及该委员会所下的定义。

（一）**适应**（adaptation）指动物体内产生的能够缓解环境因素所引起的生理紧张状态的一些变化。适应可以发生在动物个体的生命过程中（表型的），也可以是一个种或亚种在新环境中进行遗传选择的结果（遗传型的）。

1. **遗传适应** 又叫做基因型适应，即物种或亚种在新环境中固定了一些新性状；也可

以解释为动物在某一特定环境中获得的有利于生存的某些进化。

2. 表型适应 动物在个体生命过程中所产生的能够缓解环境中某些因素所引起的生理紧张状态的一些反应。

(二) 服习<sup>①</sup>(acclimation) 动物个体在生命过程中所产生的能够缓解实验条件下某种气候因素所引起的生理紧张状态的反应。

(三) 驯化(acclimatization) 动物个体在生命过程中所产生的能够缓解自然气候(例如季节, 地理环境)所引起的生理紧张状态的一些反应。

显然, 服习和驯化都是动物个体对气候的表型适应, 指的是在生命过程中发生的短期的生理变化。区别是, 前者特指动物在实验条件下对一两种气候因素的适应, 后者指动物在生产条件下对自然气候的适应。

(四) 习惯化(habituation) 简称为惯化。这一术语较多用于动物在精神上和行为上对外界刺激的反应, 可以理解为: 由于某种刺激(该刺激的强度保持稳定无“强化”现象)的反复出现, 造成了动物对该刺激的反应的持久性削弱。例如, 动物对于雷声、树枝摇动、落叶等失去反应, 小鸡对于反复从头上掠过的形影失去警戒反应, 乌鸦不久就习惯于田间的稻草人, 路旁放牧的畜群不再惧怕来往的车辆等。习惯化并非由于反应疲劳或感官适应所致, 而是中枢神经系统反应性的削弱。

还有一些术语, 例如 adaptability (适应性), strain (紧张, 劳损), adjustment (调节)……, 因为国内在理解上分歧不大, 故不一一解释。至于 stress (应激), 《热生理学词汇》未作阐述, 我国学术界在理解上有一些争议, 本书将在第五章详细讨论。

综上所述, 适应是动物体在外界环境作用下所产生的有利于在新环境中生存的反应。应激反应、习惯化、服习、驯化则是动物对不同环境条件所产生的不同反应, 或者是在适应过程的不同阶段的不同表现。实际上, 这些阶段并无明显界限, 完全是人们为了研究和阐述方便而人为划分的。

动物对环境的适应能力是很广泛的。对于地形、地貌、气候(包括温度, 湿度, 气流, 光照, 气压, 声等)、土壤、水质、水量、饲料……的变化, 都能通过体内的调节, 产生一些反应, 逐步达到适应。但是, 动物的适应能力又是很有有限的。当环境因素在一定程度内变化时, 动物可以通过自身的调节保持正常生理状态, 因而能够正常地生存下来, 保持着良好的生长发育和生产性能。如果环境因素的变化幅度过大或持续时间过久, 体内所产生的反应不足以弥合动物在新环境中所受到的损害, 生长、发育、生产性能就会受到影响, 严重时会出现疾病, 甚至死亡。可见, 动物对于不良环境条件能否耐受和适应, 决定于两个方面: 一是环境条件变化的强度和持续时间; 二是动物本身适应能力的强弱。适应的发展过程简示如图 2—1。

美国生态学家谢尔福德(V. E. Shelford)在 1913 年提出了“耐受性定律”(Law of Tolerance), 意思是说, 生物环境中的任何一种因素都可以按照其强度划分为最适区、生理紧张区和不能忍受区。当环境因素的强度处在最适区时, 生物个体的生命力最强, 生物种群也最旺盛。在这个区域内, 环境因素虽然仍会有一些变化, 因为变幅不大, 生物可以通

---

<sup>①</sup> 注: 在人的环境生理学中把 acclimation 译为习服, 我们根据家畜环境卫生学的习惯, 仍采用服习。

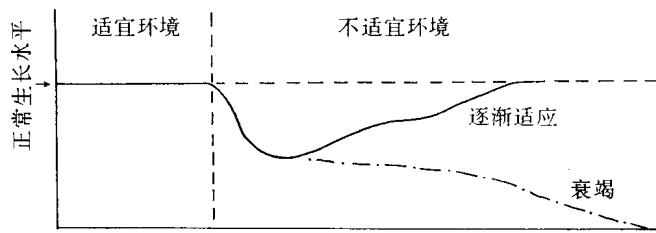


图 2—1 动物对环境适应的发展过程

(仿自 Harold D. Johnson, 1981)

过自身的调节保持正常的生理稳定状态，个体和种群都不受明显影响。环境因素变幅较大时，即进入生理紧张区，这时生物动员体内各种功能进行高强度调节活动。就家畜而言，这时可能出现体温升高，心跳和呼吸加快，食欲和消化代谢发生明显变化，生长发育受阻，生产力下降……，最终可因不能耐受而使健康受损甚至死亡，整个种群也因之衰落。环境因素变化过于强烈时，即进入不能忍受区，生物种群因无力忍受而消亡，详见图 2—2。后来有人进一步把环境按强度划分为适宜区、代偿区、障碍区、危险区和致死区，比上边的划分更详细了一些，但基本意思是相同的。

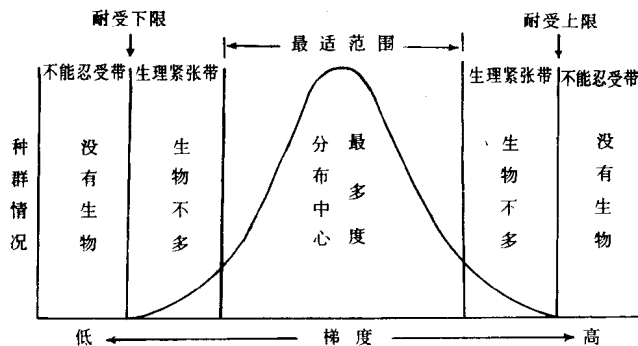


图 2—2 环境因素强度对生物个体和种群的影响

(引自华东师范大学等：《动物生态学》，人民教育出版社，1981，11)

环境因素是极其复杂而且多变的，由这些因素组合而构成的环境更是千差万别。因此，整个地球表面可以按照环境的不同划分成无数个生态系统，进而划分成无数个生态区和亚区。每个生态区和生态亚区都有着不同的环境特征。环境的复杂性和动物适应能力的有限性，决定了动物在地球上的分布必然具有明显的区域性。典型的例证是，水牛只能生活在炎热的水网地区，黄牛集中在温带，牦牛则只能生存于高海拔地区。同一物种中的不同品种，分布地域也常有很大区别，例如，马的重型品种多集中在寒冷地区，轻型品种多在炎热地区。绵羊的不同品种类型生存在截然不同的气候环境中，详见图 2—3。

从另一方面看，分布在不同地域的同一物种，由于所处的环境不同，经过世世代代的遗传适应，在体形、外貌、生理特征、生产性能上可能出现很大差异，这就形成了不同的生态型 (ecotype)。反过来说，生态型的形成，就是动物对于环境进行遗传适应的结果。