

家畜의 生産性에 미치는 環境溫度와 그 對策

李 聖 杰

李 芳 煥

畜産團體聯合會

全南大學校 農科大學 獸醫學科

緒 論

家畜의 環境生理와 이에 相應하는 管理技術에 관한 知識은 成功的인 畜産의 成就를 위하여 畜産技術者나 獸醫師에게 다 같이 必須不可缺의 基本知識으로서 畜産의 規模가 커질수록 점차로 그 重要性이 強調되고 있다. 이에 관하여 畜産技術者는 生産性에 미치는 肯定的 要素를 찾아서, 그리고 獸醫師는 否定的 要素를 찾아서, 말하자면 表裏의 位置에 서서 同一한 目的의 生産性의 向上에 이바지하게 되는 것이다.

우리 나라의 現實에서 볼 때 國外的 最新技術情報의 無分別한 吸收適用에 力點을 두는 나머지 실제 管理技術의 基盤이 되는 중요한 環境生理를 等閑視하는 경향이 없지 않다. 이러한 생각에서 여기에서는 家畜의 環境生理의 大宗을 이루는 環境溫度에 의한 生理 및 生産性에 미치는 영향과 그 對策에 관해서 지금까지 알려진 知見을 拔萃概述하고자 한다.

家畜의 環境溫度와 體溫調節

1. 家畜의 恒溫性(Homeothermism)

動物에는 恒溫性動物(homeotherms)과 變溫性動物(poikilotherms)의 두 가지가 있으며 前者를 溫血動物(warm-blooded animals), 後者를 冷血動物(cold-blooded animals)이라고 부르기도 한다.

恒溫動物은 環境溫度(environmental temperature)의 어느 範圍內에서는 生理的 體溫調節機能에 의하여 거의 일정하게 體溫을 유지하는 動物이며 哺乳類와 鳥類가 이에 속한다.

變溫動物은 生活環境溫度의 變化에 따라 이에 順應하여 體溫이 變化하는 動物로써 이들은 自體內에 生理的 體溫調節機能이 거의 없으며 魚類, 爬虫類 및 兩棲類 등이 이에 속한다.

恒溫動物中에서도 박쥐, 다람쥐, 두더지 등과 같은 冬眠恒溫動物(hibernating homeotherms)은 冬眠時에 環境溫度가 下降함에 따라 어느 정도의 體溫恒常性を 유지하다가 결국은 다른 恒溫動物보다 體溫이 크게 떨어지면서 耐過한다.

보편적인 概念으로 받아들여지는 經濟性家畜의 종류는 모두가 哺乳動物과 鳥類에 속하기 때문에 이들 家畜은 모두 恒溫(溫血)動物에 속한다. 恒溫動物인 家畜이 그의 體溫恒常性(homeostasis)을 유지한다는 것은 곧 恒溫性(homeothermia)을 유지한다는 것으로 대표될 만큼 恒溫性은 매우 중요하게 다루어진다. 家畜이 일정하지 못한 環境溫度下에서 그의 體溫을 일정하게 유지하기 위해서는 體熱生産과 體熱放散이 環境溫度에 相關的으로 조절되어야 하는 당연한 일이며 이리하여 不變體溫下에서 體內的 모든 器官이 常態으로 연관하여 그 生理機能을 효율적으로 발휘할 수 있으며 寒暑의 氣候條件下에서도 生理現象을 굳게 지켜나갈 수 있는 것이다. 家畜이 원래 지니고 있는 恒溫性은 人間本位에서 생각할 때는 經濟的으로 否定的 要素가 된다고도 할 수 있다. 그것은 예를 들어 寒冷環境下에서는 體溫下降을 막기 위하여 더욱 많은 飼料과 防寒施設이 필요하고 반대로 高溫環境下에서는 體溫上昇을 막기 위하여 많은 물과 防暑施設이 필요하기 때문이다.

恒溫動物, 變溫動物 및 冬眠恒溫動物의 低溫環境에서의 各己의 體溫調節의 基本的 差異點은 그림 1과 같다.⁴⁾ 즉, 低溫環境에서 變溫動物은 目體 體溫이 계속 0°C 이하까지 서서히 下降하였다가 즉시 직전에 약간의 上昇을 기록한다. 그러나 恒溫動物은 寒冷環境에 어느 정도 抵抗하여 體溫恒常性を 유지하다가 環境低溫이 動物體의 代謝限界를 넘어서 더 떨어지게 되면 自體 體溫이 急下降하여 곧 斃死되지만 그 중에서도 外界와의 熱遮斷이 잘 된 動物(極地의 恒溫動物)은 그만큼 더 잘 견디어 오래 살 수 있다. 冬眠恒溫動物은 環境低溫이 계속되더라도 目體 體溫이 0°C 가까이 下降하기는 하지

만 零下로 내려가는 것은 방지한다.

動物體 内部器官의 温度調節은 주로 動物體液에 의존하고 있다. 動物體의 60~75%가 水分이며 이 水分이 지닌 温度는 器官의 温度와 環境温度와의 사이에서 緩衝役割을 하여 昇降의 조절을 한다.

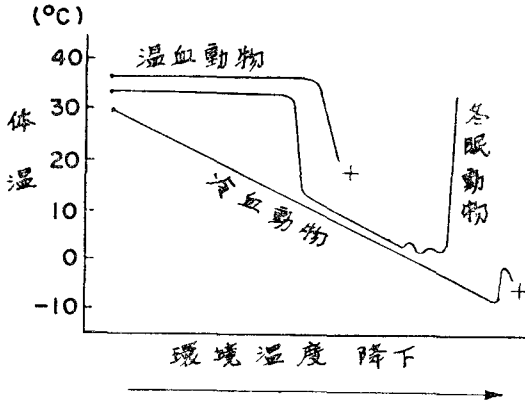


그림 1. 環境溫度의 降下에 따른 動物深部體溫의 變化 模型圖(+은 寒冷에서의 斃死를 표시한 것이다).

2. 家畜의 體溫(Body Temperature)

體溫의 部位別差異(Regional Differences) : 動物體內的 部位別體溫이 차이없이 同一할려면 이론적으로 生體와 環境과의 사이에 熱交換이 없을 때만이 가능하다. 恒溫動物은 항상 熱을 生産하고 또 放散하기 때문에 體中心部와 外皮와의 사이에 熱傾斜(thermal gradient)가 자연 생기게 마련이다. 또 胴體와 體末端部 사이의 熱傾斜는 體末端部(尾, 四肢, 기타) 쪽으로 갈수록 部分的으로 體積에 對比한 外皮面積이 커짐에 따라 더욱 增大된다. 이는 體表面積이 클수록 그만큼 體熱放散이 많아지기 때문이다.

腦, 肝臟, 心臟 및 活動筋의 温度는 直腸溫度보다 약 1~2°C 높으나 頸動脈血의 温度는 約 0.2°C 낮다.⁴⁾ 胃內的 温度는 直腸溫度보다 2°C까지 높을 때가 있다. 사람의 경우, 體溫測定에 이용되는 腋窩의 温度는 直腸溫보다 0.6~1.0°C 정도 낮고 口腔溫은 腋窩溫보다 0.2°C 정도 높으나 直腸溫보다는 0.4~0.8°C 정도 낮은 것으로 알려져 있다.⁵⁾

正常體溫의 動搖(Normal Variance) : 哺乳動物의 正常直腸體溫의 範圍는 36~40°C 사이에 있으며 哺乳家畜의 正常直腸體溫은 中年層의 成畜을 기준으로 했을 때 馬에서는 約 38°C, 牛에서는 約 38.5°C, 豚에서는 約 39°C, 緬·山羊에서는 約 39.5°C, 그리고 개와 고양이에서는 約 38.5°C로 생각하고, 이 基準直腸體溫에 幼年層으로 내려갈수록 0.5°C 범위 내에서 적의 加算하고

老年層으로 나이가 많아질수록 0.5°C 범위 내에서 적의 減算하면 될 것이다. 例를 들어 中年層의 成牛의 直腸體溫이 38.5°C이면 송아지에서는 39°C, 老牛에서는 38°C 정도로 생각하면 크게 어긋남이 없을 것이다. 여기서 소개된 直腸體溫의 數値는 여러 報告文^{1~4,14)}에서 共通된 近似值를 간추려 집약한 것이다. 前記한 바와같이 家畜의 正常體溫의 動搖는 體軀의 大小에 無關하고 年齡에 따른 逆의 相關關係가 있다고 볼 수 있다. 胎兒의 體溫은 스스로 代謝作用을 할 수 있게 되었을 때에 母體溫보다 약간 높아지며 배개의 경우 分娩後의 새끼의 體溫은 自體의 體溫調節機能이 완비될 때까지는 잠시동안 不安定한 상태에 있게 된다. 돼지에서 例를 든다면 사람의 新生兒의 경우와 마찬가지로 新生仔豚의 體溫은 出生當時는 下降하였다가 子宮 밖으로 나와서 보통은 1日 사이에 約 39°C로 올라간다. 그러나 만일 寒冷한 環境에 새끼가 노출된다면 數日間 安定基準體溫에 도달하지 못하고 이러한 低溫環境에 계속 노출된다면 결국은 代謝率의 上昇으로 感應하기 때문에 戰慄(震顫)이 일어날 수 있다.¹⁾

正常體溫의 動搖는 또한 飼料攝食中, 筋運動中, 發情中 그리고 妊娠末期中에서는 上昇으로 나타나고 만내로 絶食, 剪毛 및 冷水의 다량 飲水後에는 下降으로 나타난다. 그림 2는 高温環境에서의 5°C 冷水의 飲水에 의한 正常體溫의 큰 動搖를 보인 것이다.

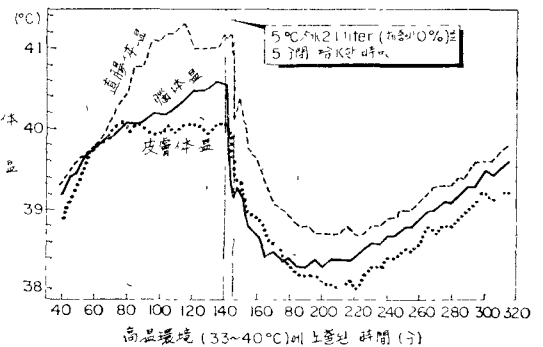


그림 2. 3日間 給水를 中斷한 後 高温環境에 두고 冷水를 급여한 若牛(210kg)에 있어서의 經時的體溫變化.

24時間의 體溫週期에서 본 正常體溫의 日中動搖는 통상적으로 이른 아침에 最低, 그리고 午後 늦게 最高體溫을 기록하는 데 이와 같은 週期的動搖는 주로 日中の 活動, 飼料攝食 그리고 夜間의 休息 등에 의해서 결과된 것으로 알려져 있다. 動脈血溫測定에 의한 實驗으로서 正常的인 飼養을 한 緬羊에 있어서 日中에 多樣한 動脈血溫의 動搖를 보였으나 絶食을 한 緬羊에서는 安

定된 血溫으로 나타났다는 報告가 있다. 또 晝夜의 週期를 人爲的으로 交替하여 交替에 수반되는 飼養要件을 꾸준히 계속하였을 때 交替된 環境에 體溫의 日中動搖가 適應케 될려면 7~8日의 時日이 경과하여야 한다고 한다.

野生哺乳動物의 24時間 동안의 體溫週期를 野外에서 측정할려면 遠隔計器를 사용함으로써 만이 가능하다. 그 결과에 의하면 自然遊牧狀態의 日中體溫의 時差는 1~3°C 이내의 範圍이며 그 중 日中動搖의 安定度가 가장 높은 動物은 綿羊이고 가장 낮은 動物은 砂漠이나 熱帶地方의 낙타와 물소이며 나머지 動物은 그 中間이라고 한다.

性週期에 따른 正常體溫의 動搖는 牝牛에 있어서 發情直前에 최하로 下降하였다가 發情日에 上昇하고 排卵時에 다시 下降하여 黃體期에는 다시 높아진다.

正常體溫은 季節的인 氣溫의 變動에 따라 動搖가 생긴다. 그림 3은 Israel에서 Holstein種 牝牛를 대상으로 하여 年間 直腸體溫을 측정한 것이다.⁴⁾

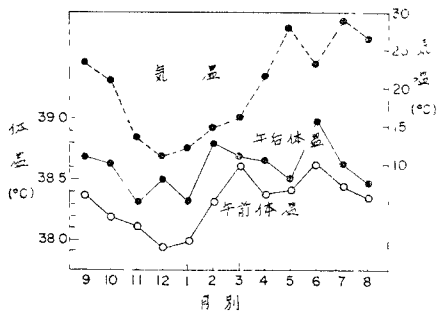


그림 3. Israel에 있어서의 年間月別平均氣溫과 開放된 畜舍에서 기른 5頭의 Holstein種 牝牛의 月別平均直腸體溫.

3. 體熱의 生産(Heat Production)

動物은 飼料의 化學的熱源을 勞動力化할 때 代謝熱을 生産한다. 한편 野外에서 혹은 厩內에서 地接 間접으로 太陽熱을 吸收하여 代謝熱에 追加하게 되며 이들 두 가지 熱量의 蓄積은 熱의 消散과 平衡을 이루게 된다. 體內的 各臟器別로 酸素消費量을 기준으로 하여 熱生産의 強度를 比較해 보면 表 1과 같이 同一한 重量에서는 筋肉이 가장 낮고 腦組織이 가장 높다는 것을 알 수 있다.

生理的運動을 할 때 또는 酷寒에 노출될 경우와 같은 體熱增産이 필요한 경우에 内部臟器에서의 熱生産이 감소되면 상대적으로 筋組織에서 熱增産을 하게 된다. 대부분의 哺乳類의 初生動物이 가지고 있는 褐色脂肪組織은 특히 많은 熱을 生産하는 能力을 가지고 있다.

表 1. 安靜狀態의 牛, 고양이, 토끼에 있어서 臟器別 酸素 消費量(熱生産)의 比較

臟 器	酸素消費量(ml/100g/min)
骨格筋	0.4
心臟(迷走神經刺戟)	1.1
肝臟	1.1
腸管	1.8
腎臟	2.6
唾液腺	2.8
副腎	4.4
脾臟	5.0
膀胱	5.3
腦(토끼)	9.4
腦(개)	9.9

일반적으로 動物의 體積(또는 體重)에 對比해서 體表面積이 크면 그만큼 體表로부터 體熱放散이 많아지고 따라서 같은 體溫을 유지한다고 할 경우 單位體重當 體熱의 生産을 많이 해야 하므로 그만큼 代謝率이 높아져야 한다. 그림 4에서 보는 바와 같이 體積이 작은 小動物일수록 大動物에 比해서 體積(體重) 對比 體表面積이 커지므로 單位體重當 代謝比率(體熱生産)도 體積이 작은 小動物일수록 높아질 수밖에 없다는 理論이 된다.^{4,14)}

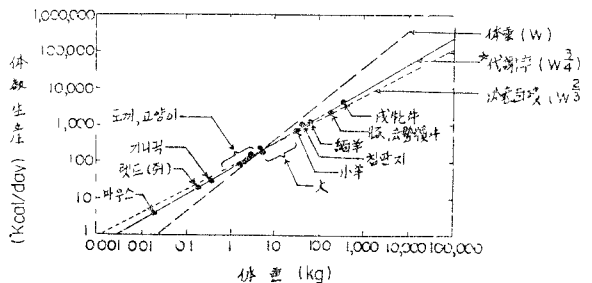


그림 4. 體重, 代謝率 및 體表面積의 對數의 相關關係. 마우스에서 牛에 이르는 哺乳動物의 代謝率은 日當 約 70kcal/kg^{0.75}이며 時間當으로는 約 3kcal/kg^{0.75}이다.

體熱의 生産은 攝取하는 飼料의 營養水準에 따라 차이가 생긴다는 것은 상식에 속하므로 더 이상 論하지 않는다. 일반적으로 成長中의 幼畜은 成畜보다 體熱增産에 關여하는 데 있어서는 그 効果가 빠르다. 反芻動物에 있어서는 第一胃內의 微生物의 활발한 作用에 의해서 基本生産量보다 10% 정도 더 많은 熱을 生産할 수 있다. 筋肉의 熱生産은 牛에 있어서 누어 있을 때보다 서 있을 때에 10% 정도 더 많은 熱을 生産한다.

胎兒의 代謝作用은 母體의 對應措置를 촉진하여 母體

의 體熱生産량을 增大시키며 특히 泌乳는 體熱生産을 倍加시킨다.

4. 體熱의 放散(Heat Dissipation)

體熱放散의 徑路는 體感熱放散(sensible heat loss)과 蒸發(vaporization)의 두 가지 徑路로 大分할 수 있고 여기에 排泄에 의한 극미량의 失熱도 加算된다. 體感熱放散은 熱傳導, 熱放射, 熱傳達에 의한 熱放散을 總합한 것이다. 蒸發은 體表蒸發과 呼吸氣道蒸發이 主가 된다.

動物體의 體熱放散調節能力에 있어서는 蒸發放散을 調節하는 能力은 매우 크지만 放射, 傳達, 傳導 등의 體感熱放散을 調節하는 能力은 극히 미미하다. 또 蒸發放散은 動物體에서 環境 쪽으로 一方的인 放散徑路만이 存立하지만 體感熱放散은 이것뿐만 아니라 그 反對의 徑路에 의한 環境熱의 吸收도 可能하다.⁴⁾

體感熱放散은 家畜의 體溫보다 環境溫度가 낮아질수록 많아지고 그대신 蒸發放散이 적어지며, 반대로 體溫과 環境溫度와의 차이가 적어질수록(高溫環境으로 될수록) 蒸發放散이 많아지고 體感熱放散은 적어진다.^{2,8,14)} (그림5).

體積(體重)比 體表面積이 작은 動物(大動物)은 體積比 體表面積이 넓은 動物(小動物)에 比해서 體感熱放散이든 蒸發이든 간에 單位體重當 體熱放散량이 적을 것이므로 따라서 同一한 高溫環境條件下에서의 體熱過剩蓄積에 기인한 熱射病의 危險度는 小動物에서보다 大動物에서 높다고 할 수 있을 것이다.

모든 恒溫動物들은 自體內에 體溫調節機構를 가지고 있지만 體熱生産 또는 體熱放散을 調節하는 能力은 客體的인 多樣한 環境溫度에 對應할만한 큰 힘이 되지 못하기 때문에 어찌할 수 없이 그 地域의 環境溫度帶에 알맞는 品種을 선택한다든가 또는 環境溫度를 人爲的으로 改善(給溫 또는 冷却)해 주어야 한다는 문제가 제기되는 것이다.

體熱放射(Heat Radiation)·放射에 의한 體熱의 放散은 環境의 大氣溫度나 大氣의 이동에는 無關하고 오로지 放射體(動物體)의 溫度와 表面(外皮)의 性狀에 의해서 영향을 받는다. 動物體는 自體보다 低溫의 物體 쪽으로 體熱을 放射하고 또 自體보다 高溫의 物體로부터 放射熱을 받아들인다. 自體溫보다 環境溫이 낮아지면 動物體는 비교적 긴 波長(5~20 μ m)의 放射熱을 射出한다. 이 정도의 波長範圍라면 動物體의 外皮는 皮色 또는 被毛色에 無關하여 거의 1의 射出力(emissive power)에 가까운 완벽한 放射體의 역할을 하고 또 반대로 우수한 熱의 吸收體의 역할도 한다. 그러나 0.3~3 μ m 범위의 太陽放射熱은 放射熱의 一部分이 體表에서

反射되기 때문에 動物體로 적게 吸收되며 특히 反射는 白色動物에서 가장 높고 黑色動物에서 가장 낮기 때문에 黑色動物은 그만큼 太陽放射熱의 吸收량이 많다. 牛에 있어서는 太陽에서 吸收된 熱量이 自體에서 生産된 代謝熱량의 약 3배에 달할 수도 있다고 한다.

體熱傳達 또는 對流(Heat Convection) : 熱傳達이란 高溫物質에서 低溫物質로 分子가 流動됨으로써 熱이 移動되는 것을 뜻한다. 熱傳達은 自然的인 것과 強制的인 것으로 구분한다. 前者는 溫體(動物體)表面에서 일어나는 자연발생적인 空氣의 작은 流動(氣流)에 의한 熱放散을 뜻하고 後者는 바람(風)이나 物體의 運動에 의해서 일어나는 氣流가 外皮를 통과함으로써 이루어지는 熱放散을 뜻한다. 動物體의 表面은 이동이 없는 空氣(靜止空氣)의 얇은 氣層[이 氣層을 境界氣層(boundary layer)이라고도 한다]으로 둘러싸여 있으며 이 氣層에서는 熱傳達에 의한 熱放散은 일어나지 않고 오히려 熱傳導에 의한 느린 熱放散이 일어난다.

體熱傳導(Heat Conduction) : 熱傳導는 物質이 移動됨이 없이 媒體를 통하여 熱이 옮겨지는 것을 뜻한다. 熱을 媒介하는 媒體物質의 性狀에 따라서 熱傳導는 크게 차이가 있다. 몇가지 物質의 熱傳導度의 比較値를 보면, 銀은 1,000, 사람의 皮膚는 0.8~3.5(血流의 多少에 따라 다르다), 물은 1.4, 兔毛皮는 0.06 그리고 空氣는 0.056으로서 同一한 層에서의 사람의 皮膚와 물의 熱傳導率은 비교적 近似하고 또한 이들은 空氣보다 약 10~60배의 높은 熱傳導率을 지니고 있다.⁴⁾

蒸發(Evaporation or Vaporization) : 體水分子의 蒸發에 의한 體熱放散은 前述한 바와 같이 주로 皮膚와 呼吸氣道에서 일어나며, 動物體에서 1kg의 水分子가 蒸發되는데 所要되는 熱量은, 動物體의 蒸發表面의 溫度와 大氣의 溫度 및 濕도에 따라 달라지기는 하겠지만, 대략 575kcal로 推算되고 있다.

다른 條件만 일정하다면 大氣의 濕도가 높아질수록 蒸發은 減少되는데, 단일 大氣의 關係濕도가 100%라면 蒸發量은 零으로 된다. 그러나 蒸發表面 즉 皮膚와 呼吸氣道粘膜의 溫度가 環境溫(大氣溫)보다 높을 때는 大氣가 水蒸氣로 飽和되었다 할지라도 蒸發이 可能하다. 그것은 大氣에 비해서 높은 體溫 때문에 蒸發表面이 더욱 높은 飽和蒸氣壓을 가지기 때문이다.

環境溫도의 變化에 따른 蒸發放散 및 體感熱放散의 量的構成比가 달라진다는 것은 이미 前述한바 있다. 즉, 그림 5에서 보는 바와 같이 乳牛에 있어서 環境溫度가 27°C(약 80°F) 이상의 高溫으로 될수록 體熱의 總放散량의 약 70~90%가 體水分子의 蒸發에 의해서 放散되고 相對的으로 體感熱放散은 크게 줄어든다. 그러

나 環境溫度가 低溫으로 내려갈수록 反對로 體感熱放散이 커지고 蒸發放散은 크게 위축된다. 蒸發量의 部位別 差異에 있어서는 體表에서의 蒸發이 呼吸氣道에서의 蒸發보다 많음을 알 수 있다. 그림 6에서 보는 바와 같이 폐지에서의 體感熱放散의 構成比率를 보면²⁾ 傳達(對流)에 의한 放散이 가장 많고 다음이 放射, 傳導의 順이다. 기타 排糞, 排尿과 같은 排泄物에 의한 體熱의 損失도 미약하기는 하지만 體熱放散의 一役으로 간주해야 한다.

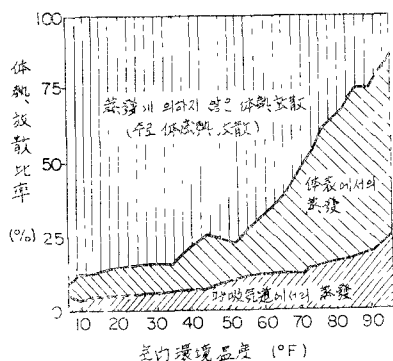


그림 5. 環境溫도의 變化에 따른 全體熱放散에 있어서 體表蒸發放散, 呼吸氣道 蒸發放散 및 非蒸發性放散(放射, 傳導, 傳達)의 百分率比較(Jersey種과 Holstein種 成牝牛의 平均値).

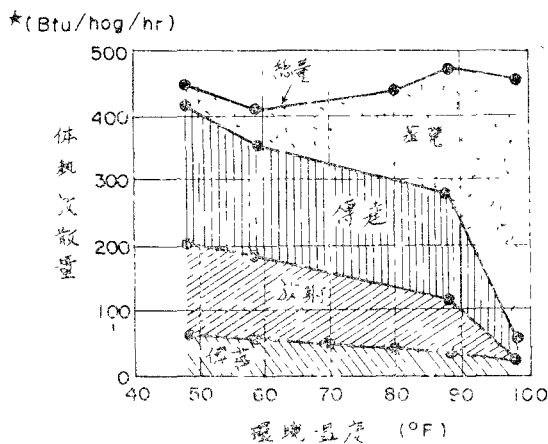


그림 6. 環境溫도의 變化에 따른 體熱의 蒸發放散量, 傳達放散量, 放射放散量 및 傳導放散량의 比較(體重 75~125 lb의 5頭의 폐지에서의 平均値) Btu=0.25kcal

要約해서 家畜의 恒溫性은 다음 公式과 같은 體熱發生과 體熱放散의 平衡上에서 유지된다고 할 수 있다.¹⁴⁾

$$H - (H_r + H_c + H_d + H_v + H_e) = E$$

- H. 體內에서 生産된 熱量과 吸收된 (주로 太陽放射熱) 熱量
- H_r . 放射에 의해서 放散된 熱量
- H_c . 熱傳達(對流)에 의해서 放散된 熱量
- H_d . 傳導에 의해서 放散된 熱量
- H_v . 蒸發에 의해서 放散된 熱量
- H_e . 排濕에 의해서 損失된 熱量
- E : 體內에 殘留된 熱量

5. 臨界溫度(Critical Temperature)와 致死溫度(Lethal Temperature)

臨界溫도와 熱中立帶(Thermoneutral Zone) : 어느 恒溫動物에서든지 環境低溫의 어느 一點에서부터 그 以下로 環境溫度가 下降할수록 相對的으로 動物體에서는 體熱生産의 增加가 일어난다는 것은 당연한 것으로 理解되겠지만 이것과는 對照로 環境高溫의 어느 一點에서부터 그 以上으로 環境溫度가 上昇할 때에도 體熱生産의 增加가 일어난다는 事實은 理解되기 어려울 것이다.

環境溫度가 낮아질 때 처음에는 皮下血管收縮, 皮膚收縮 등과 같은 物理的調節에 의해서 體熱放散을 억제하여 恒溫을 유지하겠지만 環境溫度가 더욱 下降하면 어느 濕點에서부터는 物理的調節만으로는 恒溫을 유지할 수 없게 되므로 體熱生産의 增加와 같은 化學的調節이 동원되어야만 恒溫을 유지할 수 있게 된다. 이와 같이 環境溫度가 低溫으로 下降한 때 化學的恒溫調節 즉, 體熱生産의 增加가 필요하게 되는 단계의 環境低溫의 濕點을 臨界溫度라고 한다. 다시 말해서 體熱放散의 억제와 같은 物理的調節만으로는 體溫의 恒常性을 유지할 수 없게 되어 體內代謝率의 增加(體熱生産의 增加)와 같은 化學的調節의 發動이 필요하게 되는 단계의 環境溫度가 곧 臨界溫度이다.

그림 7에서 보는 바와 같이 만일 環境溫度가 臨界溫度 以下로 下降하면 動物體는 恒常體溫(恒溫)을 유지하기 위하여 體熱生産을 增加(化學的調節)해야 하겠지만 反對로 環境溫度가 臨界溫度 以上으로 上昇하기 시작하면 어느 溫度까지는 體熱增産(代謝率의 增加)이 없이 다만 物理的 體熱放散(放射, 傳達, 傳導 및 體水分蒸發)만으로 體溫의 恒常性을 유지할 수 있기 때문에 이 단계까지는 體溫과 代謝率에는 큰 變化가 생기지 않는다. 그러나 環境溫度가 이 단계 以上으로 더욱 上昇하면 環境高溫에 對處할만한 그 以上の 物理的 體熱放散調節이 不可能하게 되어 불가피하게 體溫이 平溫以上으로 上昇하게 된다. 이와 같이 되면 上昇된 體溫에 의해서 活動性原形質이 增進되어 여기서부터 Van't Hoff 法則에 따라 體溫 1°C上昇마다 10~20%의 基礎代謝

(熱生産)의 增加가 일어난다.²⁾

熱中立帶(thermoneutral zone)란 말은 前記한 原形質 增溫에 의한 代謝增加(동시에 體熱增産과 體溫上昇)가 시작되는 高溫環境의 溫點과 低溫環境의 臨界溫度와의 사이의 環境溫度帶를 뜻한다. 따라서 低溫環境에서의 臨界環境溫度는 熱中立帶의 下限界라고도 볼 수 있고 또 代謝增加(體熱增産, 體溫上昇)가 시작되는 高溫環境의 溫點은 熱中立帶의 上限界라고도 볼 수 있다.

위에서 설명한 바와 같이 熱中立帶內의 環境溫度는 動物體의 體內代謝에 큰 變化를 주지 않으므로 動物이 비교적 平安하게 지낼 수 있는 好適의 環境溫度帶이다. 따라서 일부 學者들은 熱中立帶를 바로 適溫帶 또는 適溫範圍(comfort zone)란 用語로 通用하고 있다.¹⁾ 그러나 어느 學者들은 熱中立帶와 適溫帶를 엄격히 구분하여 熱中立帶內에서도 物理的 體溫調節의 生理的 努力이 덜 필요한 快適의 環境溫度帶를 適溫帶(zone of thermal comfort)라고 하고 있으며 이는 그림 7에서 본다면 熱中立帶內의 비교적 低溫帶에 자리잡고 있다.⁴⁾ 筆者들의 意見으로는 前者의 경우에 있어서 熱中立帶를 適溫帶라고 부른다면 後者の 경우에는 前者(適溫帶)와

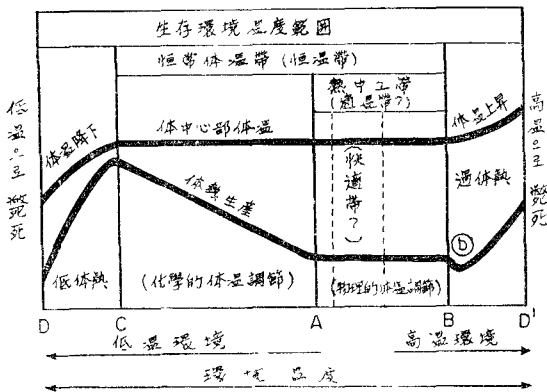


그림 7. 臨界環境溫度와 熱中立帶의 解説을 위한 模型圖. A: 臨界環境溫度(臨界溫度)인 A點 以下로 環境溫度가 下降하면 體熱發生이 점차로 增加(化學的 體溫調節)한다. B: 環境溫度가 B點 이상으로 上昇하면 一時的 體熱發生의 代償的 減少가 일어났다(㉑) 다시 原形質增溫에 의한 代謝率의 上昇으로 體熱發生의 增加가 일어나 體溫이 上昇한다. C: 體熱發生의 代謝限界點이다. 環境溫度가 C點 以下로 下降하면 體熱發生이 限界點에 도달하여 體溫降下가 시작되고 동시에 體熱發生도 급격히 떨어져 斃死하게 된다. D: 低溫斃死을 일으키는 環境溫點이며, 이는 生存環境溫度의 下限界이다. D': 高溫斃死을 일으키는 環境溫點이며, 이는 生存環境溫度의 上限界이다.

구분하여 快適帶라고 부르는 것이 타당하리다 생각된다.

熱中立帶는 보통 環境溫度 以外的 다른 環境要因에 의해서 영향을 받지 않는 곳에서 安靜하고 絶食한 상태의 動物에서 酸素消費量이 最少인 때의 環境溫度의 範圍를 측정함으로써 알 수 있다.

臨界溫度 및 熱中立帶는 動物種別 및 品種別에 따라 차이가 있으며 同一個體에서도 出生直後부터 成熟에 이르는 成長過程에서 단계적인 큰 差異를 보인다. 돼지의 경우로 예를 든다면 出生當時의 仔豚의 熱中立帶는 35°C 전후에 있으며 수일 후 體重이 5kg 정도로 되었을 때는 30°C 전후로 떨어지고 3月齡으로 成長된 돼지의 熱中立帶의 限界는 그 범위가 넓어져서 약 20~30°C로 알려졌다.¹⁾ 成熟한 種牡豚의 臨界溫度는 약 21°C로 가장 흔히 알려졌으나 어느 사람은 약 0°C로서 크게 차이 있는 보고를 하고 있다.¹⁾ 일반적으로 小動物은 大動物에 비해서 熱中立帶의 範圍가 좁으며 또한 溫度水準도 높은 傾向에 있다.²⁾ 經濟家畜의 適溫帶는 表 2¹⁴⁾에 수록된 바와 같이 생각하면 될 것이다.

家畜의 臨界溫度에 관해서 몇개의 報告들^{2, 14)} 중한 하면 產卵鷄에서는 약 16.5°C, 剪毛한 去勢牡牛에서는 18.3°C 이상, 剪毛하지 않은 自然被毛의 去勢牡牛에서는 15.5°C, 剪毛前의 犬에서는 13.6°C와 15.1°C 사이, 그리고 剪毛後의 犬에서는 23.8°C와 26.5°C 사이로 나타나 있다. 豚의 臨界溫度에 관해서는 前述한 바 있다.

臨界溫度 및 그 以下の 低溫環境에서는 그림 8에서 보는 바와 같이 飼料攝取量의 多少에 無關하여 體熱發生量은 대체로 同一하나 臨界溫度 以上の 高溫環境에서는 대체로 飼料攝取量의 多少에 比例하여 體熱發生量이 달

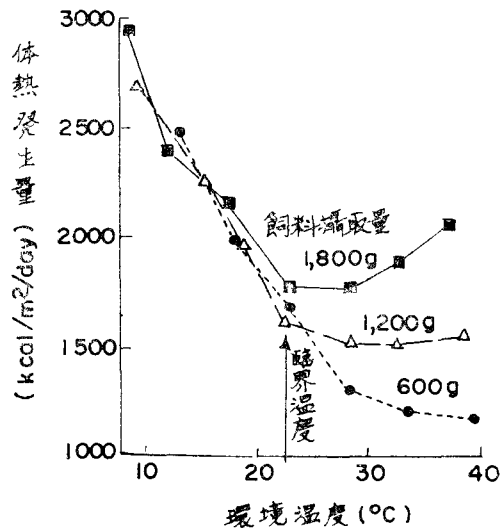


그림 8. 環境溫度의 變化에 따른 飼料攝取量과 體熱發生量과의 相關關係의 變化(2mm 以內로 剪毛한 綿羊을 사용한 것이다).

라진다.¹⁴⁾ 이 그림에서의 供試 剪毛綿羊에 대한 臨界環境溫度는 22~23°C이다.

지금까지 說明된 熱中立帶의 下限界를 뜻하는 臨界溫度란 用語를 또 다른 確대된 뜻으로도 臨界溫度라는 用語를 그대로 適用하는 學派가 있다. 즉, 이들은 低溫環境에 있어서 動物自體의 化學的 體溫調節(代謝率의 增加로 體熱增産)에도 불구하고 體溫下降을 막을 수 없게 되는 즉, 體內代謝의 限界點에 다달은 時點의 環境低溫(그림 7의 C)을 지칭할 때에도 臨界溫度란 同一한 用語를 사용하여 왔다. 그러나 근래에 와서는 이러한 뜻의 臨界溫度는 별로 사용되지 않고 그 대신 代謝限界(metabolic limit)의 環境低溫度라는 말을 이용하여 그 뜻을 表現한다. 만일 代謝限界의 環境低溫度 以下로 더욱 環境溫度가 떨어지면 體內의 代謝率 또는 體熱生産이 급격히 떨어지고 同時에 體溫도 正常下로 급격히 떨어져 곧 斃死하게 된다.

致死體溫(Lethal Body-Temperature): 恒溫動物을 斃死에 이르게 하는 體溫은 致死의 高體溫과 致死的 低體溫의 두 가지 경우로 나누어 說明될 수 있다.

恒溫動物의 致死的 低體溫은 대체로 體中心部體溫보다 약 50% 下降된 低體溫이라는 것으로 짐작된 것 같다. 즉, 恒溫動物의 致死的 低體溫은 15~20°C로 알려졌으므로 正常體溫보다 대략적으로 약 20°C 정도 下降된 體溫이다. 實驗方法에 따라서는 例外로 體溫이 氷點까지 下降하였다가 恢復되는 일도 있었으나 여기서는 보편적인 기준으로 이야기하는 것이다. 일반적으로 어딘 動物의 致死的 低體溫은 同屬의 成熟한 動物의 그것보다 낮은 편이며 또 冬眠하는 恒溫動物의 그것은 가장 낮아 0°C 가까이에서 致死된다. 사람에게 있어서의 致死的 低體溫은 25°C 정도로서 恒溫動物中에서는 가장 높은 편에 속한다.

恒溫動物의 致死的 高體溫은 그 限界가 매우 좁아서 보통 正常體溫보다 3~6°C가 높은 42~45°C 정도이다. 배지의 경우 斃死直前의 直腸體溫이 44.4°C 였다는 報告가 있다.

生存環境溫度(Survival Environmental Temperature): 모든 種類의 動物을 대상으로 한 動物世界의 生存環境溫度의 極端의 兩限界는 高溫에서는 60°C, 低溫에서는 -60°C이다. 그러나 例外로 極地 여우, 에스키모犬, 무우스(moose) 등과 같은 小數의 極地의 野生動物은 -80°C에서도 生存이 가능하다고 한다.

家畜의 環境抵抗性과 保温對策

1. 環境抵抗性(Environmental Resistance)

環境溫度에 대한 動物의 抵抗性은 同一種이다 할지라

도 品種에 따라 또는 個體에 따라 크게 다를 수 있다. 특히 家畜은 野生動物에 比하여 個體差가 심하며, 이는 多年間에 걸친 交雜 또는 混血의 결과에 기인된 것으로 생각된다.

실제 家畜飼養에 있어서는 經濟的인 點點이 다르기는 하지만 家畜의 環境溫度에 대한 抵抗性을 考慮하여 人爲的으로 環境適溫帶를 유지할 수 있게끔 家畜의 體熱調節에 留意함으로써만이 生活效率을 높일 수 있을 것이다. 이는 우리 나라와 같이 酷寒과 酷暑를 겸비한 季節的 氣溫變化가 심한 地域의 畜産經營에 있어서는 특히 留意할 점이다.

그뿐만 아니라 그 地域에 알맞는 品種 또는 系統의 狀態에 있어서나 또는 品種改良과 같은 育種學的 考慮를 필요로 하게 되는 경우에도 家畜別 또는 品種別의 多樣한 適溫帶 및 環境抵抗性에 관한 知識을 家畜의 生産能力에 관한 知識에 못지 않게 考慮에 넣어야 한다.

耐暑性(Heat Tolerance)과 耐寒性(Cold Tolerance): 우리 나라처럼 寒暑, 乾濕의 氣象條件이 季節別로 뚜렷하게 달라지는 곳에서는 耐暑性과 耐寒性을 겸비한 適應範圍가 넓은 品種을 선택해야 하는 것이 理想的이라고 할 수 있겠으나 이것은 現實的으로는 거의 不可能한 일이다. 그 理由は 耐暑性이든 耐寒性이든 어느 한쪽의 特性만을 부여하면서 優良生産性을 具備하는 品種을 固定하는 것도 育種學的으로 매우 어려운 일인데 하물며 兩極端의 두 가지 特性을 부여한다는 것은 더욱 어려운 일이기 때문이다. 실제로 家畜中에서 優良品種이라는 것은 거의 모두 北歐羅巴原産이고 또 우리 나라의 土着 牛의 경우도 우리 나라의 風土에서 成立된 品種이긴 하나 前記한바 있는 우리 나라 特有的 氣象條件 때문에 우리 나라를 기준으로 하여 생각했을 때는 이들 品種은 모두 寒에도 弱하고 暑에도 弱한 品種이라 할 수 있을 것이다.

耐暑性이든 耐寒性이든 이것이 強한 家畜은 그에 해당한 環境에서는 최대의 能力을 發揮할 수 있고 동시에 生産費를 節減할 수 있다는 것은 보편적인 상식이다. 그러나 耐性이 弱하여 해당지역에서는 最大生産能力을 發揮한다고 해서 이것이 곧 그 品種固有의 生産能力을 초과하여 同上된다는 뜻은 결코 아니다. 例를 들어 아시아系牛(*Bos indicus*)는 耐暑性이 強하나 生産性은 耐暑性이 그보다 弱한 유럽系牛(*Bos taurus*)에 比해서 弱하다.⁸⁾ *Bos indicus*는 高溫地方에서 管理하기 쉬운 소이다. 이 高溫地方이라 한은 Johres 等溫線 21°C(年平均氣溫)線 이상의 地帶이며 우리 나라는 이러한 소들의 生存圈外 속한다.

근래에 와서 熱帶地方의 畜産開發을 위해서 거의 耐暑性에 관한 關心이 높아지고 있는 경향이 있다. 그 理

由는 開發餘力이 없는 溫帶地方에서 未開發地가 많은 熱帶地方으로 畜産開發事業이 옮겨지는 추세에 있기 때문이다. 이를 위하여 이미 *Santagar trudis*, *Brhangus*, *Brhaford*, *Draught Master*, *Holshin* 등 育種學의 耐暑性이 부여된 여러 牛品種들이 開發되었다.

耐寒性의 強度를 표시하는 研究는 아직 되어 있는 것 같지 않지만 耐暑性의 強度를 표시하는 研究는 특히 牛에 限해서 耐暑係數로서 두 가지가 알려져 있다.¹⁴⁾ 그 하나는 Rhoad의 耐暑係數이고 다른 하나는 Benezra의 耐暑係數이다.

Rhoad 耐暑係數 = $100 - 10(BT - 101)$

BT.....午前과 午後의 直射日光下에서 콜크리트 바닥 위에 一定時間 서 있게 한 후 측정된 牛의 平均體溫(°F)

101.....牛의 標準體溫(°F)

판정.....이 係數가 크면 클수록 耐暑性이 높다.

$$\text{Benezra 耐暑係數} = \frac{\text{측정한 體溫}(^{\circ}\text{C})}{38.33} + \frac{\text{측정한 1分間呼吸數}}{23}$$

38.33... 牛의 標準體溫(°C), (38.33°C = 101°F)

23.....牛의 1分間 標準呼吸數

판정.....이 係數가 크면 클수록 耐暑性이 弱하다.

이들 公式는 耐暑性이 弱한 牛에서는 高溫環境으로 갈수록 呼吸數가 增加되고 또 體溫도 높아진다는 事實에 근거를 두어 만들어진 것인데 Benezra의 係數가 신빙성이 더 높을 것 같다.

呼吸數만의 측정에 의한 各種牛의 耐暑性의 比較를

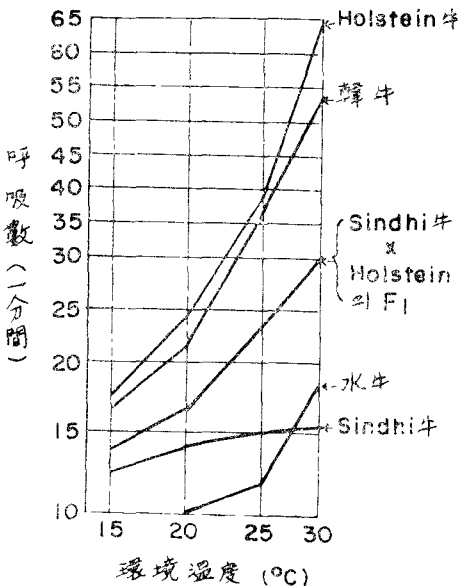


그림 9. 呼吸數測定에 의한 各種牛의 耐暑性比較.

참고로 그림 9에 제시하였다. 이것을 보면 Holstein 乳牛와 韓牛의 耐暑性이 熱帶地方의 牛屬에 比하여 매우 弱하다는 것을 알 수 있을 것이다. 또 다른 報告¹⁴⁾에 의한 5種의 牛에 대한 耐暑性 比較를 보면 印度牛, 臺灣牛, 蒙古牛, 韓牛, Holstein牛의 順으로 역시 Holstein牛와 韓牛가 耐暑性이 弱하다.

生産環境限界(Range of Production Environment):

家畜의 生産環境限界란 各家畜의 生産能力을 현저하게 阻害하지 않은 環境要因의 範圍를 말한다. 다시 말해서 經濟的利益이 보장될 만한 정도로 家畜의 生産性을 存續시킬 수 있는 環境要因의 範圍를 뜻하는 것으로도 풀이될 수 있다.

엄밀하게 말해서 家畜의 生産性에 미치는 環境要因은 物理學的, 化學的 環境과 生物學的 環境을 모두 考慮한다면 헤아릴 수 없는 數 많은 要因으로 나누어질 것이나, 이들 中에서도 가장 흔히 測定되는 環境要因으로서 는 溫度, 濕度, 風速(氣動, 氣流), 放射熱과 日照時間, 紫外線量 및 可視光線量, 가스 濃度(주로 二酸化炭素 및 암모니아), 塵埃, 換氣量, 空氣中的 細菌數, 衛生害虫 등의 測定을 들 수 있으며 放牧環境의 測定에 있어서는 舍內環境의 測定에 있어서보다 氣候觀測이 매우 重要視된다.^{12,13)}

이와 같은 많은 要因들 中에서 環境溫度가 가장 重要하게 家畜의 生産性에 影響을 미치게 함으로써 環境과 生産性과의 相關關係를 考慮하는 데 있어서는 무엇보다도 環境溫度(氣溫)를 위주로 하고 기타의 環境要因들은 이에 附隨하여 생각하는 경향이 있다. 環境溫度를 위주로 한 家畜別 生産環境限界는 表 2와 같으며,^{11,14)} 報告者에 따라서 數値에 다소 차이가 있다. 例를 들어 育成豚의 경우 飼料效率, 增體率이 最高인 適溫範圍는 이 表에 나타나있는 것보다 그 範圍가 넓게 15~25°C 라고 주장하는 사람도 있다.¹⁰⁾

表 2. 適溫範圍와 生産環境限界

家畜別	適溫範圍(°C)	生産環境限界(°C)	
		高溫限界	低溫限界
馬	10~17.5	—	—
Holstein乳牛	5~15	25~27	-15
Jersey乳牛	15~20	27~29	-1
緬羊	10~15	25	—
山羊	20~28	—	—
育成豚	20~25	30	—
成鷄	15~20	27	—
產卵鷄	15~25	30	-5
肉鷄	10~22	25	-10

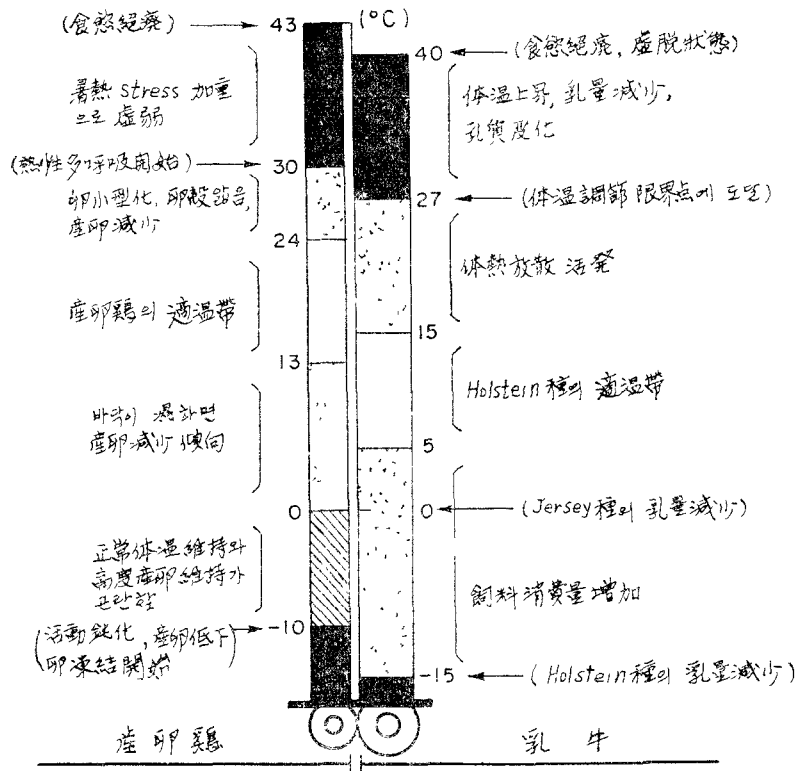


그림 10. 産卵鶏 및 乳牛의 生産에 미치는 環境溫도의 영향

그림 10은 産卵鶏와 乳牛에 있어서 環境溫도의 變化에 따르는 生態的 및 生産性的 變化¹⁴⁾를 표시한 것이다.

環境抵抗性家畜의 選擇(Selection of Resistant Animal) · 環境抵抗性이 강한 家畜의 選擇方法에 해서는 많은 異論이 있으나 보통 다음과 같은 사항을 考慮에 넣어 選擇하면 될 것이다.¹⁴⁾ ① 자기의 環境과 가장 가까운 環境에서 育成된 것을 택할 것. ② 環境抵抗性은 家畜의 荷重이나 食慾의 增減에 깊은 關係가 있으므로 同一한 環境條件이라면 飼料面에서 不遇하게 育成된 家畜을 택하는 것이 좋다. 이는 飼料의 改善으로 環境抵抗性이 增進될 수 있다는 생각에서 취해진 것이다. ③ 南半球에서 北半球로 또는 그 反對로 移動할 경우에는 畜殖을 고려하여 仔牝牛 또는 姪牛를 擇하는 것이 좋다. 畜殖을 고려하지 않는다 하더라도 이와 찬이 飼育環境의 一大變化가 생길 경우에는 馴化의 가능성을 고려하여 가장적이면 若齡의 家畜을 擇하는 것이 좋을 것이다. ④ 肉牛나 綿羊에 있어서는 體溫維持能力 등에 의해서 그 耐暑性을 어느 정도 推測할 수 있다고 한다. 그러나 乳牛에서는 이것이 選擇上의 하나의 要素에 불과한 것으로 생각해야 한다. ⑤ 寒冷地 飼育의 家畜은 被毛가 두꺼운 것(길고 密한 것)이 좋고 熱帶飼育의

家畜은 被毛가 짧고 滑澤한 것이 좋다. ⑥ 混血의 정도를 따지는 것도 重要하다.

2. 防暑와 防寒

(1) 防暑(Protection against Hot) 防暑對策으로서는 그늘, 送風, 灌水 또는 水浴, 그리고 夜間給餌 등을 생각할 수 있으며 이들 중 그늘이 가장 重要하다. 舍內飼育의 경우 空氣冷却法도 생각할 수 있으나 이는 非經濟的이다.

그늘(Shade) : 暑熱 스트레스를 일으키는 最大의 要因은 강열한 太陽의 放射熱이므로 이것을 직접 받지 않도록 動物 스스로가 그늘을 찾아 移動할 수 있게 한다. 따라서 放牧地의 나무 그늘이나 人工적으로 만들어 놓은 그늘막 같은 것은 큰 防暑效果를 거둘 수 있다. 表 3에서 肉牛에 있어서 增體量에 미치는 그늘의 效果¹⁴⁾를 보면 人工 그늘막보다는 自然의 나무 그늘이 더 效果的 임을 알 수 있다.

人工 그늘막의 지붕 材質의 日光吸收率과 射出能¹⁴⁾은 表 4와 같으나 지붕 材質의 差에 의한 舍內의 增體量에 미치는 影響은 有意差가 없다는 報告도 있다. 무엇 보더라도 肉用家畜에 있어서는 充分한 自然 그늘이 제일 바람직하나 부족이 人工 그늘막을 設置하는 경우에는

通風을 제일로 고려하고 지붕은 무슨 材料이든 간에 白色 페인트칠을 하여 太陽熱의 吸收를 막고 射出을 높여 주는 것이 바람직하다.

表 3. Hereford 및 Angus 肉牛에 있어서 增體에 미치는 그들의 效果 (McDaniel 및 Roark, 1956)

그들의 區分	成牝牛의 1日平均 增體量(kg)	哺乳仔牛의 1日平均 增體量(kg)
그늘이 없을 때	-0.23	0.54
人工 그늘막	0.38	0.81
不充分的 自然 나무 그늘	0.46	0.75
充分的 自然 나무 그늘	0.59	0.84

表 4. 各種 지붕 材料의 日射吸收率과 射出能(Dale 등, 1953; 中川, 1963)

지붕 材料	日射吸收率	射出能
알미늄	0.26	0.11
합석판(新品)	0.66	0.23
합석판(古品)	0.89	0.42
아스팔트루우핑	0.89	0.88
아스베스트시멘트	0.66	0.90
나무판자	—	0.90
白色 페인트	0.26	0.89
알미늄 페인트	0.40	0.35

送風(Wind, Air Blast) : 닭에 6~9mph의 바람을 送風하더라도 그 生産에 有意한 效果가 없었다는 報告가 있지만 그러나 바람에 의해서 體熱放散效果는 높아졌을 것이 이론적으로 분명하다. 이것과는 달리 扇風機를 장치한 牛舍에서 사육한 肉牛에 있어서는 表 5에서 보는 바와 같이 增體量 및 飼料要求量에 현저한 效果가 있었다는 實驗報告가 있다. 일반적으로 그늘이 있고 여기에 送風이 가해진다던 단순한 그늘만이 있는 것에 비해서 生産效果는 당연히 더 커질 것이다.

表 5. 高溫環境의 그늘에서 飼育한 Hereford種 去勢牛에 대한 送風의 效果(Ittner 등, 1957)

	第一次年度		第二次年度	
	★扇風機使用	對照	★扇風機使用	對照
試驗時의 그늘 中心部의 風速(mph)	3.70	0.63	—	—
試驗 期間(日)	70.00	70.00	70.00	70.00
平均 1日 增體量(lb)	2.32	1.29	2.40	1.87
100 lb 增體當 飼料 要求量(lb)	924.00	1,330.00	798.00	982.00

★ 扇風機는 42 inches, 1分間 1,700回轉

灌水 또는 水浴(Shower Bath) : 家畜에 灌水 또는 水浴을 실시하면 (i) 직접적인 冷却作用 (ii) 물에 젖은 體表로부터의 蒸發에 의한 體熱放散作用 (iii) 副次的이지만 물에 젖은 床面 또는 地面으로부터의 蒸發에 의한 環境溫의 低下作用 등으로 家畜의 暑熱 stress를 緩和할 수 있다. 이에 관한 실험근거로서 夏季環境에서 午後에 5分間 7~8 liter씩 乳牛에 灌水한 결과 乳量 0.83 liter, 乳脂肪率 0.02%의 增加를 보였다는 報告가 있고, 또 4頭의 乳牛에 麻袋를 싸워두고 그위에 5分間 灌水한 결과 體溫과 呼吸數가 다 같이 減少하였으며 그 效果의 持續時間은 2~3時間이었으므로 1日 3回 정도 灌水를 실시할 필요가 있다고 하는 實驗報告도 있다. 돼지의 灌水效果에 관한 實驗은 매우 많으며 한결같이 그 效果가 牛에서보다 현저한 것으로 나타나 있다. 돼지의 灌水效果에 관한 대표적인 實驗結果는 表 6에 요약하였다.¹⁴⁾

表 6. 돼지에 대한 水浴 또는 灌水의 效果

報告者	區分	1日當 增體量(lb)	1파운드 增體에 要하는 飼料 要求量(lb)
Culver 등 (1960)	對照 區	1.89	3.60
	水浴場 區	2.04	3.52
	散水 區	2.09	3.59
Garrett 등(1960)	水浴場 區	1.20	4.17
	그늘 있는 水浴場 區	1.38	4.33
Heitman 등 (1959)	水浴場 區	1.48	3.80
	그늘 있는 水浴場 區	1.51	4.02
	扇風機 있는 水浴場 區	1.43	4.03

夜間給餌(Night Feeding) : 酷暑期 동안에는 放牧家畜은 물론이고 일부의 舍飼家畜도 晝間 飼料攝食이 不振한 것이 보통이다. 특히 草食動物에 있어서는 自然採食活動이 日出前과 日沒後에 주로 行하여지는 것인 데도 불구하고 우리 나라의 大單位企業牧場의 放牧現實을 보면 이에 逆行하고 있는듯 하다. 즉, 牧棚이 없을 경우 대개가 좁은 場所에 몰아넣어 밤을 세우게 하고 있는데 이렇게 되면 日出後에 放牧하기 시작하여 暑熱 스트레스에 기인한 晝間採食活動의 不足한 상태에서 放牧하게 되는 고로 결과적으로 暑熱 스트레스와 더불어 採食不足에 의한 成長効率의 低下를 초래하게 된다. 따라서 放牧爲主의 管理에 있어서는 晝夜의 全日放牧을, 그리고 少數舍飼의 경우에는 夜間에 牧草給與를 실시함으로써 暑熱 stress에 의한 成長阻害를 緩和할 수 있다.

防寒(Protection against Cold)우리 나라의 冬季 環境氣溫은 家畜의 生産性에 至大한 影響을 줄 수 있는 生産環境限界의 低溫限界 이하로 떨어질 때가 있으며 또한 冬季가 아니더라도 季節別의 氣象條件이 명확한 線을 그으며 換節하기 때문에 冬季의 全期間은 물론이고 換節期의 防寒에도 留意할 필요가 있다.

우리 나라의 年中氣溫分布를 보면 30°C 以上の 日數가 平均 45日이고 -10°C 以下の 日數가 平均 14日로서 概括的으로 볼 때 乳, 肉, 卵生産의 어느 경우에서라도 寒冷 stress보다는 暑熱 stress에 더 많은 神經을 써야 하는 氣候帶에 속한다. 寒冷 stress에 대처하기 위한 防寒對策은 營養의 補充, 保溫과 防風 그리고 飲水의 加溫 등으로 나누어 설명될 수 있을 것이다.

營養補充(Food Supplement): 寒冷時에는 家畜의 體熱生産이 증가되어야 하기 때문에 그만큼의 營養補充이 필요하다는 것은 상식에 속한다. 그림 11에서 보는 바와 같이 環境溫度가 臨界溫度 以下로 下降하면 熱需要가 그만큼 증가하므로 體熱生産比率도 環境溫度低下에 反比例하여 直線的으로 증가하며 이 증가는 代謝限界點에 이를 때까지 계속된다. 이 그림에서 보는 바와 같이 環境溫度가 0°C로 내려가게 되면 體熱生産量이 臨界溫度時點 體熱生産量의 약 2倍로 증가되어야 하므로 그만큼의 飼料를 補充해야만 한다는 理論이 된다. 그러나 실지에 있어서는 環境溫度가 下降함에 따라 動物體의 脂肪蓄積 또는 被毛의 增殖과 같은 對備가 있기 때문에 실지 飼料補充은 반드시 正比例的으로 倍加되는 것은 아니다.

育成豚의 경우, 環境溫度가 15°C 以下에서부터 每 1°C 下降마다 攝取飼料 1kg當 40g의 비율로 손실을 가져온다는 報告¹⁰⁾가 있기는 하지만 그러나 寒冷에 대처하는 실제적인 營養改善의 尺度는 飼育豚의 體重에 따른 다소의 차이는 있을지라도 일반적으로 環境溫度가 5~10°C일 때는 適溫帶 飼料給與量의 5~10%를, 그리고 0~5°C일 때는 10~20%를 더 追加하면 충분할 것으로 알려져 있다.

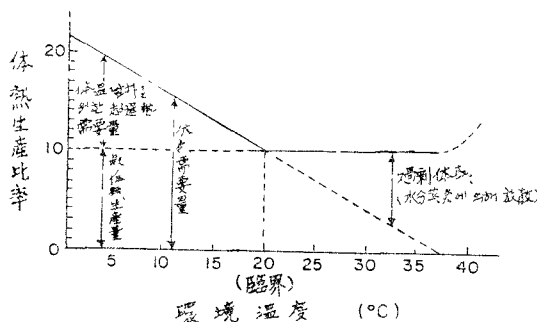


그림 11. 環境溫度에 따른 體熱生産比率.

한편 乳牛에 있어서는 環境溫度가 5~12°C일 경우에 比해서 -10~4°C일 때에 乳量이 현저하게 감소되었고 또 多胎에 飼料量 없이 계속 舍外飼育을 했을 때는 舍內飼育에 比해서 더 少乳量이 감소되어 26%에 달하는 큰 減少를 보였으며 동시에 體重도 日當 0.9kg의 비율로 減少되었다는 보고가 있다.⁹⁾ 이들은 또 多胎의 이 와 같은 乳量 및 體重減少는 飼料補充給與에 의해서 두 난히 극복될 수 있었다고 하였다.

칼슘(Ca)이나 燐(P)의 缺乏이 耐寒性을 弱화시키는 要因이 된다는 報告가 있으므로 동시에 考慮해야 할 문제이다. 또한 vitamin A, 각종의 B-complex, D 등의 要求量이 寒冷時에 증가된다고 하며 특히 Carotene은 酷寒時에 要求量이 2倍까지 증가한다고 한다.¹⁴⁾

保溫과 防風(Warming and Windbreak): 環境溫度가 適溫帶 以下로 내려가면 寒冷에 대비하는 여러 保溫措施를 취하게 되는 데 보통은 畜舍를 乾燥하게 하는 것, 외양간을 잘아주는 것, 防風措置를 취하는 것, 保溫被服을 해 주는 것, 그리고 최종적으로 給溫施設을 하는 것 등과 같은 조치를 취하게 된다.

給溫施設로서는 人家나 鷄舍에 適用되는 것과 같은 全空間을 다습게 해 주는 것이 가장 이상적이라 하겠으나 經濟적인 難點이 따른다. 그러기에 哺乳家畜의 경우에는 畜舍 바닥의 給溫에 重하는 경향이 있다. 바닥을 달리한 豚房에서 사육된 仔豚의 發育成績을 보면 木煉瓦 바닥이나 電氣 히터를 장치한 바닥의 것이 콘크리트 바닥의 것보다 월등하게 좋은 成績을 나타내고 있다. 곳에 따라서는 仔豚의 保溫施設로서 舍外線燈을 설치한 곳도 있다. 그 方法은 分娩欄에 가깝게 50W 赤外線燈을 바닥 위에서 55~80cm의 높이로 달아준다.

畜舍의 防風은 最上의 暖房法이라고 말할 수 있을 만큼 防寒對策에서 중요한 部分에 속한다. 제1인 먼저 畜舍內에 外風(틈에서 들어오는 바람)이 들지 않게 留意해야 한다. 外風은 寒冷期의 養畜에 있어서 각종 疾病 특히 呼吸器疾病의 가장 무서운 誘因으로서 作用하기 때문이다. 外風의 방지조치를 한 때에는 특히 畜舍內의 換氣를 考慮해야 한다.

冬季의 季節風으로부터 畜舍를 보호하기 위하여 畜舍의 北面에 防風壁을 만든다든가 또는 防風林帶를 설치하는 것도 畜舍의 防風保溫에 큰 도움이 된다. 防風壁(林)의 높이는 畜舍의 추녀끝 정도로 하는 것이 적당하다. 防風壁(林)에 의한 직접적인 防風效果를 받을 수 있는 거리는 防風壁으로부터 防風壁 높이의 약 10배의 거리까지이고 그 影響을 받을 수 있는 거리는 防風壁 높이의 약 25배의 거리까지이다.

飲水의 加溫(Warming of Water): 물론 家畜에 있어서 모든 季節을 통하여 극히 중요하다. 대체로 家畜

의 飲水量은 寒節에는 적고 夏節에는 많아진다. 이는 高溫環境에서는 體水分의 蒸發에 의한 體熱放散이 압도적으로 많아지고, 低溫環境에서는 體感熱放散이 대부분을 차지하고 蒸發放散은 극도로 축소되기 때문일 것이다. 牛의 飲水量에 관한 報告⁶⁾를 보면 體重 360kg의 一年齡의 去勢牛에 있어서 肥育滿期飼料를 급여한 상태에서 冬季에는 1日 平均 25 liter의 飲水를, 그리고 同一한 條件의 去勢牛에서 夏節에는 1日 平均 39 liter의 飲水를 취하였으며 氣溫이 29.4°C를 넘으면 1日 頭當 약 55 liter의 물을 飲水하였다고 한다. 또한 體重 450~500kg의 成牝牛에서 夏節에 乾燥한 草地에 放牧했을 경우에는 1日 飲水 要求量은 더욱 증가하여 73~82 liter에 달하였다고 한다. 이와 같이 冬季에 飲水 要求量이 적다 하더라도 350kg의 去勢肥肉牛에서 1日 25 liter의 물이 필요하다고 하니 飲水要求量이 높은 乳牛에서는 더욱 많은 飲水가 필요할 것은 당연하다.

防寒對策의 하나로써 飲水의 溫度調節은 體熱管理上 決코 소홀히 다룰 수 없다. 實例로서 飲水要求量이 높은 乳牛에게 寒節에 溫度가 낮은 飲水를 급여할 경우 健康과 泌乳量에 미치는 영향은 매우 크다. 가령 0°C의 冷水 25 liter를 하루 동안에 乳牛가 마셨다고 한다면 體內에서 이 물의 溫度를 體溫水準으로 올리는 데는 약 975kcal(25,000ml × 39°C = 975,000cal = 975kcal)의 熱量이 소요된다는 計算이 나온다. 乳牛의 維持所要熱量은 77kcal/體重kg_{0.75}임으로 生體重 500kg의 乳牛에 있어서는 8,160kcal의 維持熱量이 所要되는데 그렇다면 體內에서 0°C 25liter의 飲水를 體溫水準으로 加溫하는데 所要되는 熱量은 乳牛 維持熱량의 약 12%에 해당되어 결국 維持飼料의 標準給與量보다 12%의 더 많은 飼料를 급여해야한다는 計算이 된다.

지금까지는 飲水溫度가 體熱管理에 미치는 經濟的인 영향에 대해서 考察해 본 것이다. 또하나 이에 못지 않게 重要的 것은 寒節에 冷水를 급여함으로써 야기되는 寒冷 stress의 加重이며 이것으로 인한 눈에 보이지 않은 泌乳, 增體에 미치는 영향 및 疾病誘發의 誘因으로서의 영향을 더 加算한다면 실로 엄청난 經濟的 損失을 상상할 수 있을 것이다. 따라서 冬季에 給水溫을 높여 주는 方法의 考察도 防寒對策의 하나의 重要부분이 된다. 또 冬季에 飲水量이 자연히 감소되어 이로 인하여 泌乳量이 감소되는 경향이 있으므로 多汁飼料를 급여한 다든가 또는 配合飼料에 熱湯을 부어 마스럽게 하여 급여하는 등으로 水分의 補給에 노력할 것도 중요하다.^{6,14)}

結 論

우리 나라 畜産은 1960年代부터 그 후 약 20年間에 걸쳐 눈부시게 그 底邊이 擴大되었고 近年에 이르러서는 多頭飼育의 企業化傾向이 눈에 띄게 浮刻되어 大規模 企業畜産業體만도 헤아릴 수 없을 정도로 그 數가 늘어났다. 그럼에도 불구하고 그동안 家畜의 環境生理와 이에 相應하는 管理技術에 관한 理解不足으로 많은 損失과 失敗를 自招하여 왔으며 아직도 名實相符한 近代의 畜産經營의 테두리에 近接하기에는 前途遙遠한 感이 없지 않다. 특히 우리 나라의 年中 氣象條件은 酷寒과 酷暑의 兩極을 겸비하면서 한계 명확한 換節을 보이는 四季節을 구비하고 있어, 成功的인 畜産을 위해서는 家畜의 環境生理에 관한 더욱 많은 理解가 있어야만 하는 位置에 놓여 있다고 볼 수 있다. 이러한 생각을 前提로 해서, 우리 나라 畜産振興의 先導의 役割을 담당하고 있는 畜産技術者나 獸醫師들로 하여금 우선 이러한 問題에 관한 關心을 가져주기 위한 目的에서 이 綜說을 쓰게된 것이다. 이 論文에 있어서는 우선 첫 단계로서 環境生理分野에서 그 大宗을 이루는 客體의 條件인 環境溫度와 이것에 相對的으로 대처하는 主體의 立場인 家畜의 生産性을 포함한 對應態度에 관한 知見을 整理 考察하였고 여기에 약간의 管理技術에 관한 考察을 添附하였다. 앞으로는 環境溫度 以外의 다른 環境要因과 家畜의 生産性과의 關係에 관해서도 더 追求되어야 할 것이다.

앞으로의 우리 나라 畜産은 그 規模가 제아무리 크다 할지라도 家畜의 環境生理에 관한 知識의 吸收適用 없이는 先進隊列에 어깨를 나란히 할 수 있는 近代化가 결코 이루어질 수 없을 것이라는 것을 다시 強調하면서 稿를 맺는다.

參 考 文 獻

1. Bustad, L.K. and Book, S.A.: Environmental physiology. Diseases of swine. 4th ed., edited by Dunne, H.W. and Leman, A.D., The Iowa State University Press, Ames, Iowa (1975) pp.84~86.
2. Dukes, H.H.: The physiology of domestic animals. 7th ed., Comstock Publ. Assoc., Ithaca, New York (1955) pp.615~653.
3. Dykstra, R.R.: Animal sanitation and disease control. The Interstate, Danville, Illinois (1957) pp.56~59.
4. Hefez, E.S.E.: Adaptation of domestic animals. Lea & Febiger, Philadelphia (1968) pp. 97~118.

5. Klempere, G.: Grundriss der klinischen Diagnostik. Maruzen Co. Ltd., Tokyo (1942) pp. 12~15.
6. Self, H.L.: 肉用牛生産の技術と經營(10). 畜産の研究 (1980) 34 : 65.
7. 黒崎順二: 家畜の放牧と その衛生管理(II). 畜産の研究 (1972) 26 : 93.
8. 津田恒之, 佐佐木康之: 高温環境と反芻家畜の生理反應. 畜産コンサルタント (1979) 175 : 50.
9. 津田恒之, 佐佐木康之: 泌乳と環境. 畜産コンサルタント (1979) 176 : 34.
10. 津田恒之, 佐佐木康之: 豚の肥育と環境. 畜産コンサルタント (1979) 177 : 34.
11. 橋爪徳三: 乳牛の營養と 生理からみた適正環境(2). 畜産の研究 (1972) 26 : 257.
12. 松本英人: 家畜の環境衛生(2). 畜産の研究 (1980) 34 : 287.
13. 松本英人: 家畜の環境衛生(3). 畜産の研究 (1980) 34 : 427.
14. 三村 耕: 家畜管理の技術. 養賢堂, 東京 (1968) pp. 32~108.