

动物营养学

内蒙古农业大学

第一篇 动物营养原理

Nutritional Principle of Animal



第八章 矿物质营养

Minerals Nutrition

本章主要目的:

理解和掌握矿物质在动物体内的主要功能，掌握各种元素的主要功能与缺乏症；了解矿物元素的相对利用率。

本章重点:

- 1、常量元素、微量元素的概念
- 2、必需矿物元素的概念及判断方法
- 3、各种常量元素与微量元素的主要功能与缺乏症

本章难点: 矿物元素的利用率



第八章 矿物质营养

第一节 概述

第二节 常量元素

第三节 微量元素





第一节 概述 General

- 一、矿物质的分类
- 二、矿物质元素在体内的大致含量
- 三、必需矿物元素
- 四、矿物质的营养作用
- 五、矿物元素的利用率



第一节 概述 General



一、矿物质的分类

动物体组织中含有45种不同的化学元素，其中26种被证明是动物必需的。

(一) 根据含量分类

- ▶ 常量元素 (Macroelement) : 饲料中含量在百分之几至百分之几十的元素，或占动物体重0.01%以上的元素。占矿物元素总量的99.95%。
- ▶ 微量元素 (Microelement) : 饲料中含量在十万分之几至千万分之几的元素，或占动物体重0.01%以下的元素。占矿物元素总量的0.05%左右。



第一节 概述 General

一、矿物质的分类

(二) 根据生物学作用分类

- 必需元素 (Essential Elements) : 指动物缺乏时可引起生理功能和结构异常, 并发生某种病变或疾病的一类元素。
- 非必需元素 (Non-essential Elements) : 指动物虽缺乏亦不会引起生理功能和结构异常而发生病变或疾病的一类元素。



第一节 概述 General



二、矿物质元素在体内的大致含量

- 含量约有4%，其中5/6存在于骨骼和牙齿中，其余1/6分布于身体的各个部位。
- 含量与分布特点：
 - 1、无脂空体重基础下,动物种类间的同一性：单个元素在各种动物体内的含量比较近似；
 - 2、发育阶段的相关性：从胚胎期到发育成熟含量稳定；
 - 3、功能不同与含量的变异性。



第一节 概述 General



三、必需矿物质元素

概念

各种动物都需要，在体内具有确切的生理功能和代谢作用，日粮供给不足或缺乏会导致缺乏症和生化变化，补给相应的元素，缺乏症即可消失的元素叫必需矿物质元素。



第一节 概述 General



四、矿物质的营养作用

- (一) 构成动物体组织和细胞，尤其骨骼。
- (二) 机体内许多酶的激活剂或组分，是激素和某些Vit的组成成分。
- (三) 调节体液（血液、淋巴）渗透压的恒定，保证细胞获得营养以维持正常生命活动。



第一节 概述 General



四、矿物质的营养作用

- (四) 维持体内酸碱平衡不可缺少的物质。
- (五) 影响其它物质在体内的溶解度。
- (六) 与神经肌肉兴奋性有关，参与神经冲动的传导，维持神经肌肉的正常生理机能。



第一节 概述 General

五、 矿物元素的利用率 (Utilization efficiency)

1、 净利用效率

$$\text{净利用率 (\%)} = (B2 - B1) / (I2 - I1) \times 100\%$$

I1——第一组待测元素摄入量

I2——第二组待测元素摄入量

B1——第一组待测元素沉积量 (摄入量—排泄量)

B2——第二组待测元素沉积量 (摄入量—排泄量)



第一节 概述 General

五、矿物元素的利用率 (Utilization efficiency)

2、相对利用率

$$\text{相对利用率 (\%)} = M / M_0 \times 100\%$$

M——含待测元素的物质效应。

M₀——含单位同一元素标准物质的效应。





第一节 概述 General

五、矿物元素的利用率 (Utilization efficiency)

3、净吸收率

$$\text{净吸收率 (\%)} = (I - C_1 + C_0) / I \times 100\%$$

I——测定元素的摄入量

C_1 ——粪中排出的待测元素总量

C_0 ——粪中排出的待测元素内源排出量



第二节 常量元素

◆ 一.钙、磷

◆ 二.镁

◆ 三.钠、钾、氯

◆ 四.硫



一、Ca、P



1. 含量与分布

- 体内含量最多，占体重1-2%，99%的Ca和80%的P存在于骨和牙齿中，其余存在软组织和体液中。
- 骨中含水45%，蛋白质20%，脂肪10%，灰分25%，灰分中Ca占36%，P 17%，Mg0.5-1.0%，Ca : P=2 : 1。



一、Ca、P



2.吸收与代谢

(1) 吸收始于胃，主要部位小肠(十二指肠)，Ca的吸收需要 V_{D_3} 和钙结合蛋白，形成复合物后经扩散吸收，P以离子态形式吸收。

吸收率变化大:

Ca: 反刍动物45% (22-55%) ，奶牛90%，猪55%;

P: 反刍动物55%，猪30-40%

Ca:P=1-7: 1 (反刍动物) 或1-2: 1 (单胃动物)





一、Ca、P



(2)代谢：Ca、P代谢处于动态平衡中，Ca的周转代谢量为吸收量的4-5倍，沉积量的8倍。

排泄：粪和尿，正常Ca从粪排出，P草食动物从粪排出，肉食动物从尿排出。





一、Ca、P



3. 营养作用

Ca构成骨与牙齿，多方面的生理调节功能（维持N-肌肉兴奋性，维持膜的完整性，调节激素分泌）和自身营养调节功能。

P构成骨与牙齿，参与核酸代谢与能量代谢，维持膜的完整性，参与蛋白质代谢。





一、Ca、P



4. 缺乏症与过量

(1) 缺乏症:

A、常见症状：生长缓慢，生产力下降，食欲差，异食癖，饲料利用率低，骨生长发育异常。

B、典型症状:

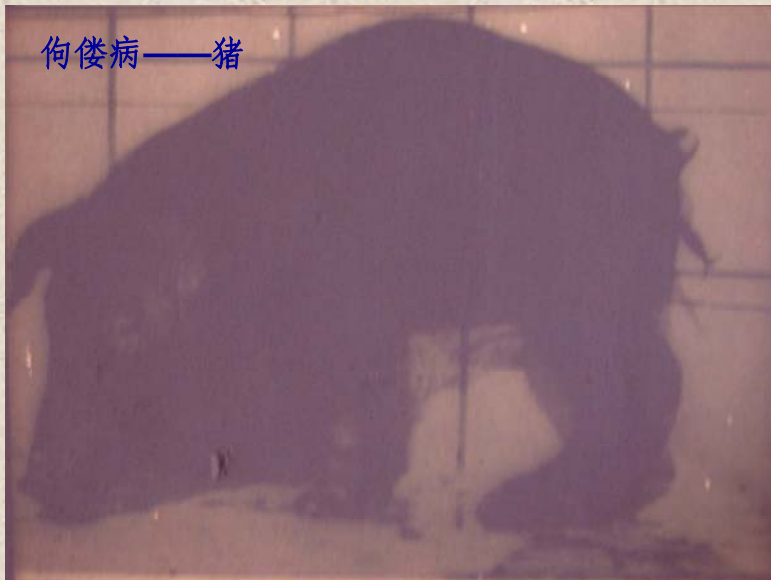
幼龄动物为佝偻病，成年动物为骨软病或骨质疏松症。

高产奶牛为产乳热或分娩瘫痪。

Ca、P缺乏时，血检查可见血清Ca、P水平低，碱性磷酸酶活性升高，骨骼灰分及其中Ca、P浓度降低。

佝偻病—猪

佝偻病——猪



佝偻病—牛

佝偻病——牛



缺磷—异嗜癖



缺
磷
牛



雏鸡佝偻病时，肋骨内弯，胸廓变形，并形成佝偻珠



肋骨椎端呈球状膨大



一、Ca、P

几种典型缺乏症比较

	佝偻病	骨软化症状	骨疏松症状	产乳热
阶段	幼年	成年	成年	
原因	Ca, P 低 Ca 低 P 低	Ca, P, VD ₃ 低 或不平衡	骨中元素沉 积量低	PTH, CT 分泌不足
表现	骨畸形 长骨末端肿大	骨成蜂窝状 易骨折	强度降低 骨变形	不能站立



一、Ca、P



(2) 过量

- 1) 反刍动物过量Ca抑制瘤胃微生物作用而导致消化率降低;
- 2) 单胃运行过量Ca降低脂肪消化率;
- 3) 过量Ca干扰其他元素的作用。

过量Ca、P干扰其他元素的代谢。





一、Ca、P



5. 来源

植物饲料含Ca少，而P多，但P有一半左右为植酸磷，饲料总P利用率一般较低，猪20-60%，鸡30%，反刍动物可较好利用植酸P。

Ca、P的补充料 骨粉 (Ca31%，P14%) ，磷酸氢钙 (Ca23.2%，P18.6%) ，磷酸钙、 CaCO_3 ，石粉等。

遗传改良使生产力提高，增加Ca、P需要。



一、Ca、P



6. 影响Ca、P营养的因素

(1) Ca、P比例，1-2 : 1，生长育肥猪1-1.5 : 1，母猪1.3 : 1，种猪1.5 : 1，比例不当，易形成难溶性磷酸盐和碳酸盐。

(2) 植酸（肌酸总磷酸）

谷物及副产物中植酸磷占总磷3/4，主要以植酸钙分类形式存在。



一、Ca、P



(3) 草酸

(4) 脂肪 脂肪多或消化不良，形成钙皂，便少量脂肪可改善Ca吸收。

(5) VD，促进Ca吸收。

(6) 肠道pH 胃酸缺乏，降低Ca、P吸收，添加乳糖提高Ca、P吸收。

(7) 饲料种类 动物性饲料利用率高，植物以豆科含Ca多，禾本科含P多，猪日粮至少30%磷应是无机磷。



二、Mg



1. 含量与分布

体内含Mg约0.05%，60-70%在骨中，Mg占骨灰分的0.5-1.0%，其余30-40%存在于软组织中。

2. 吸收与代谢

反刍动物在瘤胃吸收，单胃动物在小肠吸收，扩散吸收。

吸收率：猪禽60%，奶牛5-30%。

代谢随年龄和器官而异，幼龄动物贮存和动用镁的能力较成年动物高，骨Mg可动员80%参与周转代谢。





二、Mg



3. 营养作用

构成骨与牙齿;作为酶的活化因子或直接参与酶系统的组成;参与核酸和蛋白质代谢;调节N-肌肉兴奋剂;维持心肌正常功能和结构。





二、Mg



4. 缺乏与过量

(1) 缺乏:

非反刍动物需Mg低，约占日粮0.05%，一般不缺。

反刍动物需Mg高，是单胃动物的4倍，加上饲料Mg含量变化大，吸收率低，常出现缺乏症。尤其产奶母牛的“**草痉挛**”，表现为生长受阻，过度兴奋，痉挛，肌肉抽搐，呼吸弱，心跳快，死亡。

(2) 过量：表现为昏睡，运动失调，拉稀，采食量和生产力下降，严重时死亡。





二、Mg



5. Mg来源

常用饲料含Mg丰富，不易缺乏，糠麸、饼粕和青饲料含Mg丰富，块根和谷实含Mg多，缺Mg时，用硫酸镁、氯化镁、碳酸镁补饲。

国外研究表明，补Mg有利于防止过敏反应和集约化饲养时咬尾巴的现象。





三、Na、K、Cl

1. 含量与分布

- 含量：无脂体DM含Na 0.15%，K 0.30%，Cl 0.1-0.15%，血浆中每100ml分别为330mg, 2mg, 370mg
- 分布：K主要存在于细胞内，是细胞内主要阳离子，Na、Cl主要存在于体液中。



三、Na、K、Cl

2. 吸收与代谢

- 主要吸收部位是十二指肠，在胃、后段小肠和结肠能部分吸收，吸收形式为简单扩散。
- 排泄途径，大部分随尿排出，其他途径包括粪、汗腺产品。
- Na、K、Cl周转代谢强，内源部分为采食部分的数倍。





三、Na、K、Cl

3. 营养作用

- 体内主要电解质，共同维持体液酸碱平衡和渗透压平衡，控制水的代谢
- 与其他离子协同维持肌肉N兴奋性
- Na参与瘤胃酸的缓冲作用
- K参与C·H₂O代谢
- Cl参与胃酸形成



三、Na、K、Cl

4. 缺乏与过量

(1) 缺乏

Na易缺乏，其次是Cl，K不易缺乏。

缺乏时为一般症状，缺NaCl出现异嗜癖，啄羽。

长期缺乏出现N肌肉（心肌）病变。

三、Na、K、Cl



图48.1 啄癖 病鸡背部羽毛被啄光，尾椎被严重啄损。



图48.2 啄癖 患病番鸭羽毛凋零，多处皮肤被啄损出血（右一为正常对照）。



图48.3 番鸭断羽症 患病番鸭翼部的飞羽和覆羽已经部分或完全脱落。



三、Na、K、Cl

(2) 过量

一般可自行调节Na的摄入，任食也不会有害，耐受力强。中毒由于饲料量不足，争抢发生。症状：腹泻，口渴，产生类似脑膜炎的N症状。

K过量，降低Mg吸收和代谢，出现低镁性痉挛。





三、Na、K、Cl

5. 来源

各种饲料Na、Cl少，以食盐补充，饲料饼粕含K高，玉米酒糟、甜菜渣含K少。



四、S

1. 含量与分布

含量：体内约含0.15%的硫；

分布：大部分以有机硫形式存在，如组成含硫氨基酸、VB₁、生物素、存在于肌肉组织和骨、羽毛中，其中毛中含S量高达4%，少部分以SO₄²⁻形式存在于血液中。



四、S

2. 吸收代谢

无机S在回肠以扩散方式吸收，有机S以S-AA在小肠以主动吸收形式吸收。

体内无机S不能转变成有机S，微生物可利用无机S。

排泄途径是粪尿。





四、S



3. 营养作用

参与蛋白质、 CH_2O 代谢（如：S-AA、V、胰岛素）。

4. 缺乏与过量

(1) 缺乏

不易缺乏，只在反刍动物大量利用NPN时可能不足，缺乏出现消瘦，毛蹄生长不良，纤维利用率下降，采食量下降，NPN利用率下降。

日粮N:S大于10: 1（奶牛12: 1），可能出现缺乏。





四、S

(2) 过量

S过量很少发生，无机S添加剂用量 $>0.3-0.5\%$ 时可能导致厌食，体重下降，便秘，腹泻等症状。



四、S



5. 来源

蛋白质饲料S高，鱼粉、肉粉、血粉含S达

0.35%~0.85%

饼粕0.25%~0.40%

禾谷类及糠麸0.15%~0.25%

块根块茎作物缺乏

不足时可用硫酸盐或硫化物补充





第三节 微量元素

◆ 一.铁

◆ 五.硒

◆ 二.锌

◆ 六.碘

◆ 三.铜

◆ 七.其他元素

◆ 四.锰





一、Fe



1. 含量及分布

A、含量:

- 各种动物体内含Fe30-70ppm，平均40ppm。
- 随动物种类、年龄和营养等不同，如牛50-60ppm,绵羊80 ppm，小猪35ppm，仔兔135 ppm。



一、Fe



1. 含量及分布

B、分布：其中60-70%存在于Hb中，
2—20%在肌红蛋白，
0.1-0.4%在细胞色素中，
不足1%为Fe转运化合物和酶系统。





一、Fe



2. 吸收与代谢

A、吸收：主要部位在十二指肠，从肠腔进入粘膜细胞，与运Fe蛋白和Fe蛋白结合，在浆膜表面再与转Fe蛋白结合，转移到血浆。

Fe吸收率很低，成年动物5-10%，主要原因在于：





一、Fe



- (1) 幼龄动物高于成年动物;
- (2) 动物性饲料中的血红素化合物比植物饲料中的无机Fe盐更易被吸收;
- (3) 螯合物, 有些螯合物 (如抗坏血酸Fe、胱氨酸Fe) 提高其吸收, 有些则抑制吸收, 包括二价离子 (Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Co^{2+}) 植酸盐;
- (4) Cu为铜蓝蛋白的成分, 该酶可促使肠粘膜细胞中铁蛋白释放出Fe。



一、Fe



B、代谢

- ◆ 进入体内的Fe约60%在骨髓中合成Hb，红细胞寿命短，不断被破坏和代替，破坏后释放的Fe被骨髓质再利用来合成Hb。大约循环9-10次。
- ◆ 主要排泄途径是粪，粪中内源Fe量少，主要是随胆汁进入肠中的Fe。





一、Fe



3. 营养作用

- (1) 参与载体组成，转运和贮存营养素；
- (2) 参与物质代谢调节， Fe^{2+} 或 Fe^{3+} 是酶的活化因子，TCA 中有 1/2 以上的酶和因子含 Fe 或与 Fe 有关。
- (3) 生理防卫机能，Fe 与免疫机制有关，游离 Fe 可被微生物利用。





一、Fe



4. 缺乏与过量

(1) 缺乏

典型缺乏症为贫血，表现为食欲不振，虚弱，皮肤和粘膜苍白，皮毛粗糙，生长慢。血检，Hb 低于正常（ $<25\%$ ），易发于幼仔猪，因为：

- 1) 初生猪Fe贮少（ 30mg/kg重 ）；
- 2) 生后生长旺盛；
- 3) 母乳含Fe低。





一、Fe



仔猪Hb含量与贫血病的关系

>10g/100ml	正常水平
9	正常与贫血分界线
8	边缘贫血、需补充
≤7	贫血、生长减慢
≤6	严重贫血、生长发育受损
≤4	严重贫血，有死亡的危险

缺铁皮肤—皱褶



缺铁皮肤—皱褶



一、Fe



(2) 过量

过量Fe (>400mg/头) 引起仔猪死亡。反刍动物对过量Fe更敏感。饲料Fe达400ppm时，肥育牛增重降低。

Fe耐受量：猪3000ppm，牛和禽1000ppm，绵羊500ppm。





一、Fe



5. 来源

青草、干草及糠麸、动物性饲料（奶除外）均含Fe，但利用率差，

仔猪常在3日龄左右补Fe，可用 FeCl_2 、 FeSO_4 、葡聚糖Fe，肌注150-200mg聚糖铁，可满足3周的需要，但缺VE时补Fe可引起部分死亡





二、锌



1. 含量及分布

动物体平均含Zn30ppm，其中50-60%在骨中，其余广泛分布于身体各部位。

2. 吸收与代谢

主要吸收部位在小肠（单胃动物），反刍动物真胃也可吸收，吸收率15-30%，影响因素有：





二、锌



(1) Zn源：动物性饲料Zn>植物性Zn。如仔猪喂酪蛋白时，6-18ppm Zn正常生长，喂玉米-豆粕时，至少需30ppm。

(2) 植酸与纤维

(3) 螯合作用 His、Cys、半胱、EDTA等可与Zn形成易溶性螯合物，改进Zn吸收，血粉、肝脏提取物富含上述AA，添加这些饲料可改进吸收。



二、锌



(4) Ca、P、VD，过量影响吸收

(5) 不饱和FA

吸收Zn与血浆清蛋白结合，运至各器官中，肝是Zn的主要代谢场所，周转代谢快；

Zn主要从粪中排出，少量从尿排出。



二、 锌



3. 营养作用

- (1) 参与体内酶组成。体内有200多种酶含Zn，这些酶主要参与蛋白质代谢和细胞分裂。
- (2) 维持上皮组织和被毛健康，从而使上皮细胞角质化和脱毛。
- (3) 维持H的正常功能，如胰岛素。
- (4) 维持生物膜正常结构与功能。
- (5) 与免疫功能有关。



二、 锌



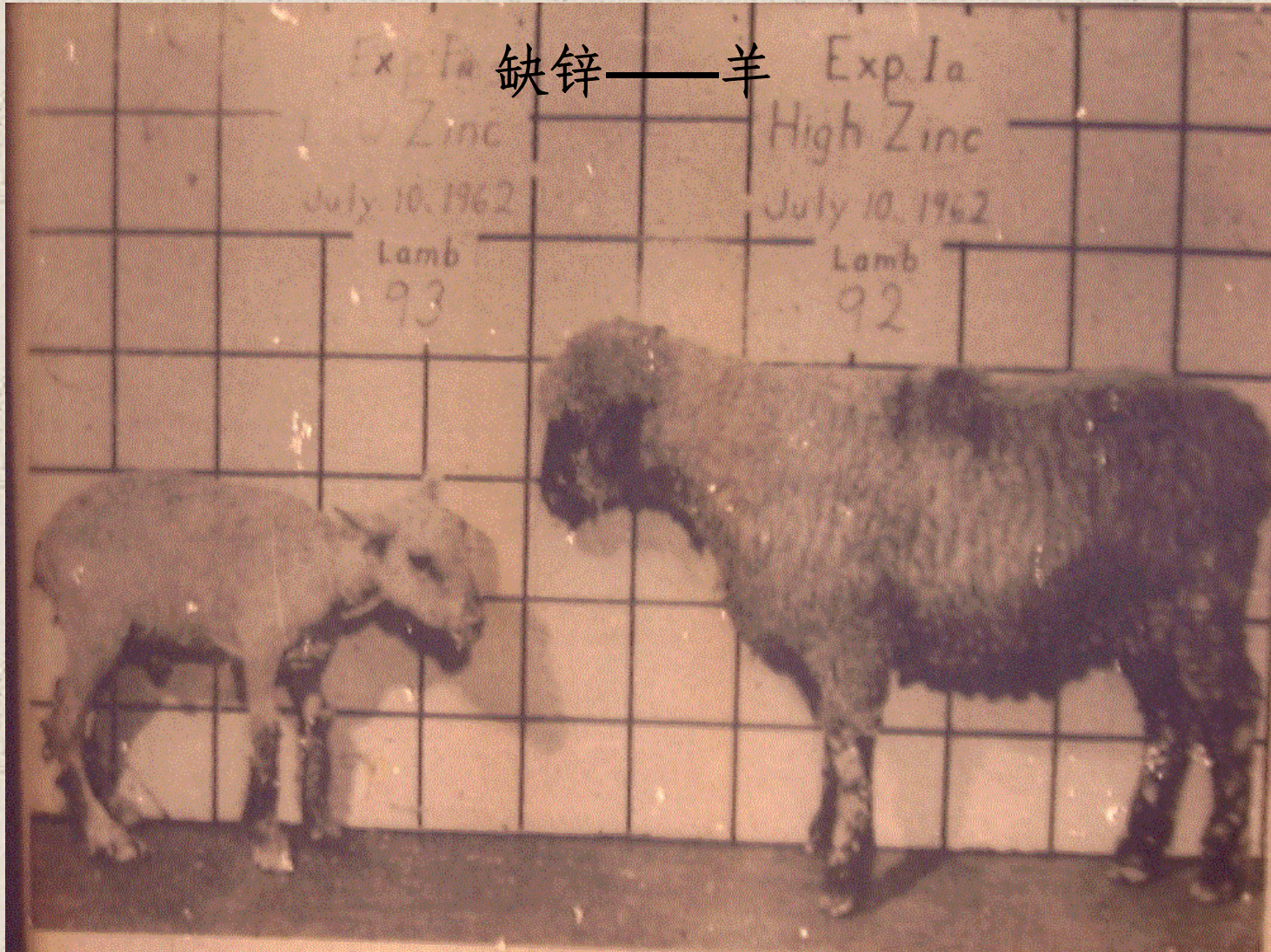
4. 缺乏与过量

(1) 缺乏

典型缺乏症是皮肤不完全角化症，以2-3月龄仔猪发病率最高，表现为皮肤出现红斑，上履皮屑，皮肤皱褶粗糙，结痂，伤口难愈合，同时生长不良，骨骼发育异常，种畜繁殖成绩下降。



缺锌——羊





二、锌

(2) 过量

过量Zn有效强耐受力，反刍动物更敏感，过量Zn干扰Fe、Cu吸收，出现贫血和生长不良，动物厌食。





二、 锌



5. 来源

动物性饲料含量丰富，其他饲料的含量一般均超过实际需要量，含Zn化合物有硫酸Zn、碳酸Zn、ZnO等。





三、Cu



1. 含量与分布

体内平均含Cu2-3ppm，主要存在于肝、大脑、肾、心、被毛，肝是主要的贮Cu器官，肝Cu含量比血Cu含量作为Cu状况指标更可靠。

2. 吸收与代谢

主要吸收部位是小肠，吸收方式为易化扩散，Cu吸收率，只有5-10%，影响吸收因素包括：





三、Cu

- (1) 植酸、纤维、高蛋白等可降低Cu吸收，抗坏血酸不利于Cu吸收。
- (2) 元素拮抗，Ca、Zn、Mo、S等，如Cu-Zn拮抗是因为二者在小肠壁吸收时共用一种载体，不能与载体结合的元素在小肠壁与硫固蛋白结合，形成金属硫固蛋白，它不能进入血液，随细胞脱落或分泌到肠道而排出体外。



三、Cu

(3) 无机盐Cu比饲料Cu有效性高，硫化物低于碳酸盐，硫酸盐、抗菌素（主要是四环素类）促进Cu吸收。





三、Cu



- ◆ 吸收的Cu以铜蓝蛋白（亚铁氯化酶）或清蛋白，AA结合转运到各组织器官。进入肝的Cu先形成含Cu巯基组氨酸三个基内盐，然后转到含Cu酶中。
- ◆ 大部分Cu从粪中排出，粪Cu少部分是从胆汁来的内源Cu。



三、Cu

3. 营养作用

(1) 作为酶的组成部分参与体内代谢。作为亚氯化酶的组成成分参与Fe的转Fe蛋白的形成，促进Fe形成Hb；作为单胺氯化酶，参与胶原蛋白和采食性蛋白的形成；作为细胞色素氯化酶和胺氯化酶成分，维持N健康；作为酪氨酸酶，参与被毛色素的形成。



三、Cu

- (2) 维持Fe的正常代谢，有利于Hb合成和红细胞成熟。
- (3) 参与骨形成。
- (4) 与繁殖有关。





三、Cu



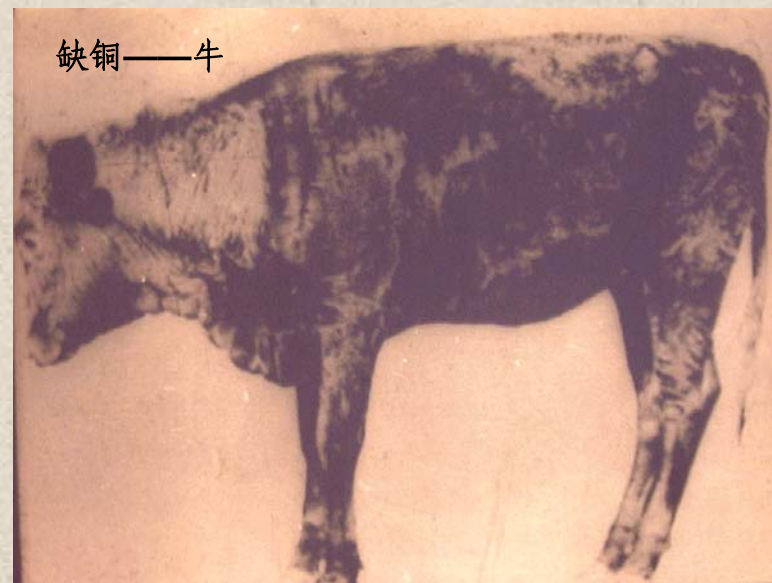
4. 缺乏与过量

放牧牛羊容易缺乏，主要缺乏症：

- (1) 贫血，补Fe不能消除；
- (2) 骨骼异常，骨畸形，易骨折；
- (3) N症状，共济失调 (ataxia)，初生瘫痪；
- (4) 羽毛、被毛脱色；
- (5) 反刍动物腹泻、肠粘膜萎缩；
- (6) 繁殖成绩差。



缺铜——猪



缺铜——牛



三、Cu

Cu过量可中毒，猪对Cu中毒耐受力等于牛，羊最差，中毒症状是由于肝Cu积聚，Cu不得不从肝释放入血，从而导致溶血。





三、Cu

5. 来源

- 牧草、谷实糠麸和饼粕饲料含Cu较高
- 玉米和秸秆含Cu低
- 与土壤Cu、Mo状况有关，缺Cu地区可施硫酸Cu肥，或直接给家畜补饲硫酸铜。





四、Mn

1. 含量与分布

体内含Mn比其他元素低，总量0.2-0.5ppm，主要集中在肝、骨骼、肾、胰腺及脑垂体。





四、Mn

2. 吸收与代谢

主要吸收部位在小肠，特别是十二指肠，Mn吸收率低，5-10%过量Ca、P、Fe降低Mn的吸收，此外，日粮Mn浓度、来源、动物生理状况均影响吸收。

吸收的Mn以游离形式或与蛋白质结合后转运到肝，肝Mn与血Mn保持动态平衡，动物动用体贮Mn的能力很低。

Mn主要从粪中排出。





四、Mn



3. 营养作用

- (1) Mn参与硫酸软骨素的合成，保证骨骼的发育（半乳糖转移酶和多聚酶）；
- (2) 参与胆固醇合成（丙酮酸羧化酶的成分）；
- (3) 参与蛋白质代谢；
- (4) 保护细胞膜完整性（过氧化物歧化酶的成分）；
- (5) 其他代谢。



四、Mn

4. 缺乏与过量

(1) 缺乏

主要影响骨骼发育和繁殖功能。

禽典型缺乏症是滑腱症，1日龄鸡喂缺Mn日粮则在第2周出现滑腱症，种母鸡缺Mn导致鸡胚营养性软骨营养障碍，症状类似滑腱症，蛋壳强度下降；

猪缺Mn是腿部骨骼异常。



图 87 锰缺乏症病鸡，滑腱侧跖部上粗下细，皮下见腓肠肌腱变位。

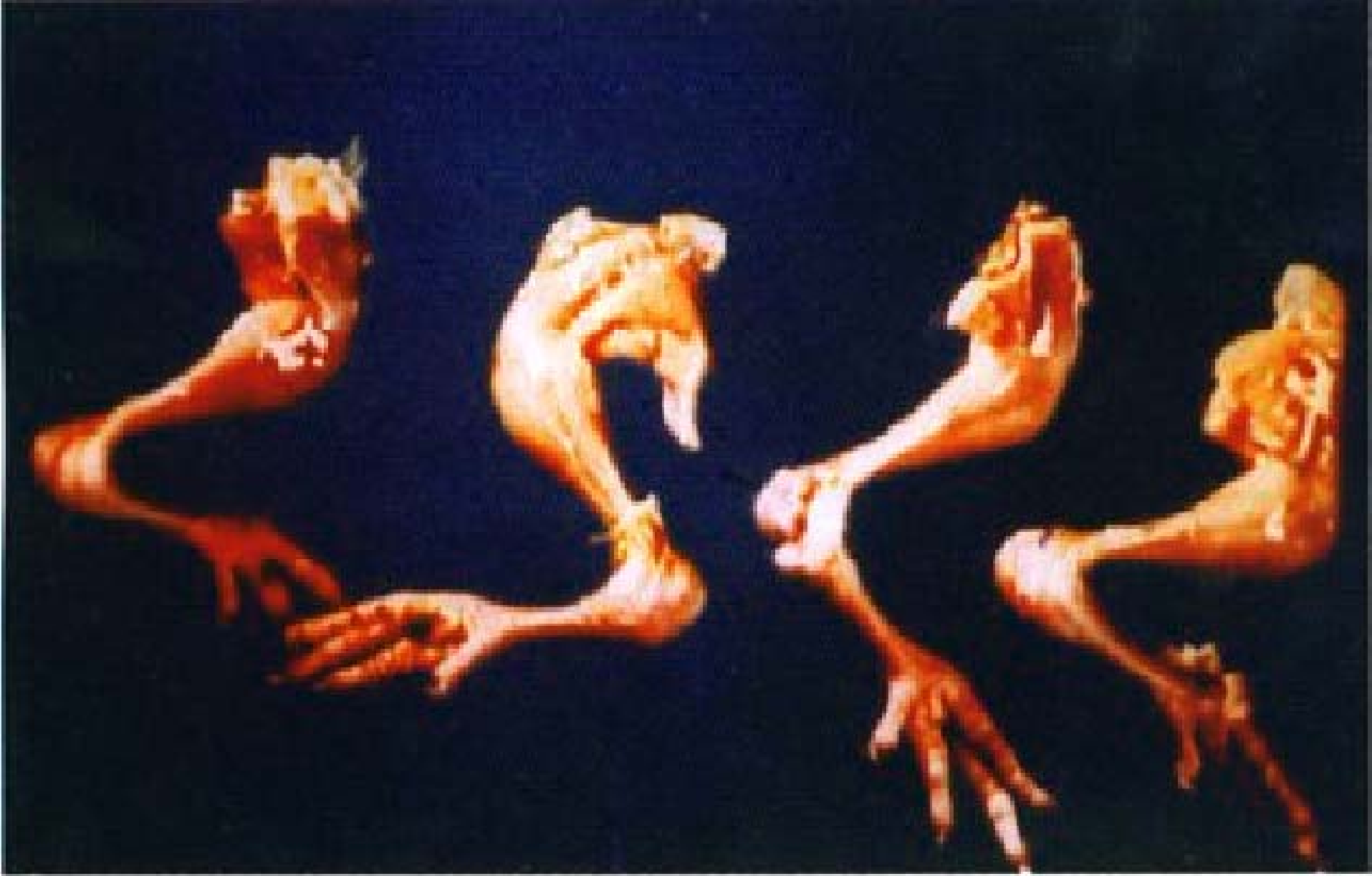


图 88 锰缺乏症病鸡胫跖关节跖骨滑车内侧骨发育不良，腓肠肌腱滑脱（滑腱病）。



图 45 锰缺乏症 小鸡左侧跗关节受损，左腿胫爪部向外伸展。（刘晨《实用禽病图谱》）



鸭蹼向内转，以跗关节着地。图片引自刘晨 《实用禽病（图谱）》

缺锰





四、Mn

(2) 过量

- Mn过量导致生长受阻，贫血和胃肠道损害，禽耐受力最高，猪最差。
- 中毒剂量：动物敏感性存在差异

禽：2000ppm 猪：400ppm 反刍：1000ppm





四、Mn

5. 来源

植物饲料特别是牧草、糠麸含Mn丰富，动物饲料含Mn少，一般情况不需补充，幼年常用硫酸锰补充。





五、Se

1. 含量与分布

体内含Se约0.05-0.2ppm，主要集中在肝、肾及肌肉中，体内Se一般与蛋白质结合存在。





五、Se

2. 吸收代谢

主要吸收部位在十二指肠，吸收率高于其他微量元素，但无机Se的利用率通常低于有机Se（25%vs60-90%）。

吸收后的Se先形成硒化物，再转变成有机Se参加代谢。

主要排泄途径是粪、尿，反刍动物经粪排出的Se比单胃动物多。





五、Se

3. 营养作用

1957年前一直被认为是有毒元素，1957年Schwarz证明Se是必需微量元素。

(1) 作为GSH-Px的组成成分，保护细胞膜结构和功能的完整性，每克分子GSH-Px含4原子Se，该酶催化已产生的过氧化氢和脂质过氧化物还原成无破坏性的羟基化合物，保护细胞膜。



五、Se

(2) 为胰腺结构和功能完整的必需，缺Se时，胰腺萎缩，胰脂酶产量下降，从而影响脂质和VE的吸收。

(3) 保证肠道脂酶活性，促进乳糜微粒形成，故有促进脂类及脂溶性V的消化吸收的作用。





五、Se

4. 缺乏与过量

(1) 缺乏

- 1) 猪、鼠肝坏死为主，也可出现白肌病、桑椹心；
- 2) 鸡，渗出性素质 and 胰腺纤维化；
- 3) 牛羊白肌病或营养性肌肉萎缩；
- 4) 繁殖成绩下降，产仔（蛋）下降，不育、胎衣不下。

Se缺乏情况具有明显的地区性。





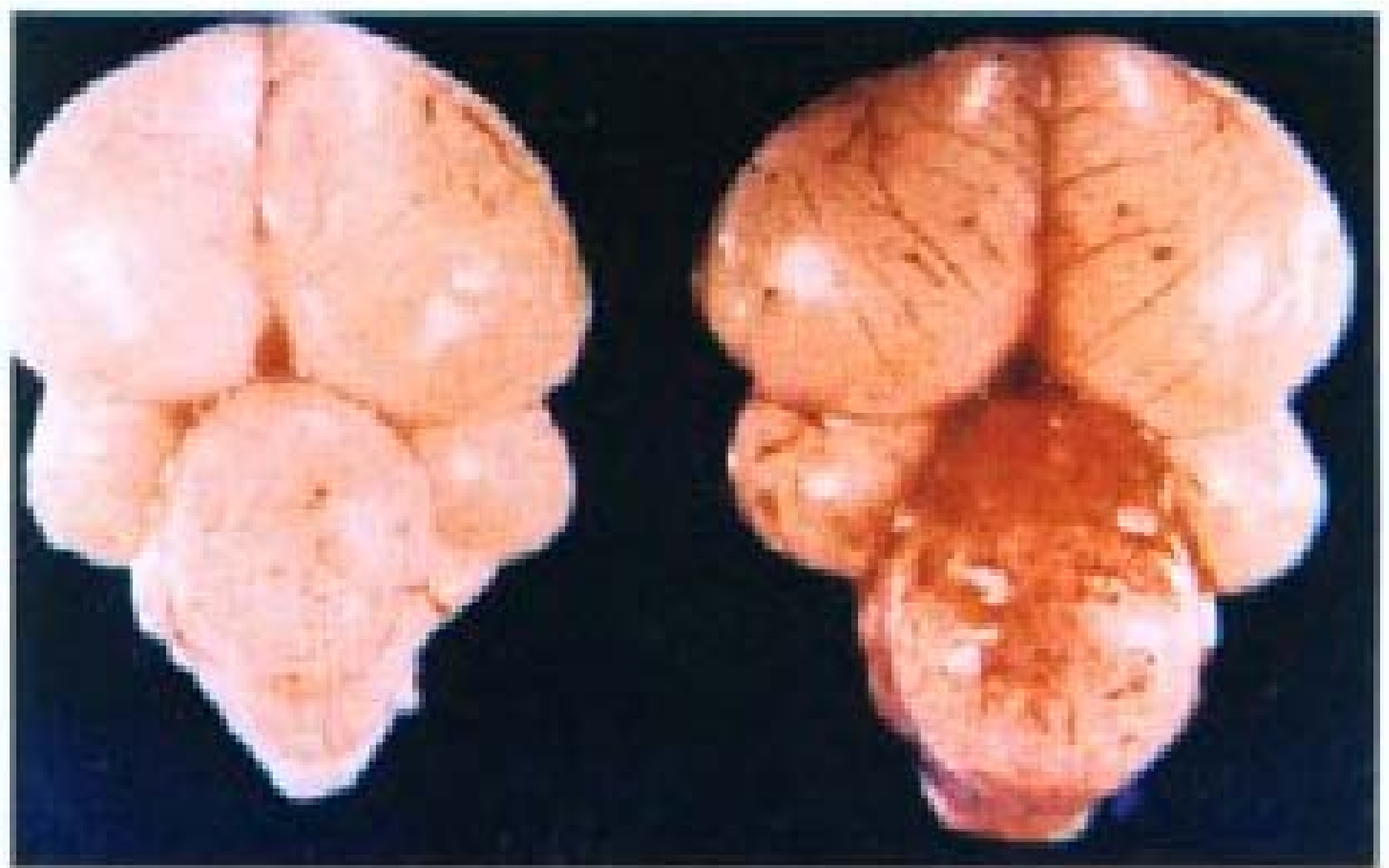
20.24—2 鸭白肌病 胸肌苍白,湿润



20.24—3 鸭白肌病 肌胃肌肉白色(肌纤维变性,坏死)



胸肌有条纹状灰白色坏死



**脑膜血管充盈，小脑出血严重
(左为正常)**



图 85 硒缺乏症病雏鸡血液循环不良，皮肤呈暗红色，腿肌无力，不能直立。

图 86 硒缺乏症病雏鸡，颈部和股内侧皮下淤血，渗出污红色或污绿色水肿液。



图 95 鸡腹水症病鸡腹腔内积存大量半透明液体。





图96 肉鸡腹水症病鸡右心腔扩张膨隆、肝脏萎缩，腹腔积淡黄色胶冻样蛋白液。



图97 肉鸡腹水症病鸡心囊积有半透明液体，肝结节状硬化，腹腔积有淡黄色液体。



图44.5 渗出性素质
发病小鸡下颌部皮
下组织水肿,使皮肤
外观呈蓝绿色。



图44.6 渗出性素质
发病小鸡腋窝部皮
下组织水肿,外观呈
蓝绿色。



五、Se

(2) 过量

Se过量易**中毒**，5-10ppm的摄入量可导致中毒，典型症为碱病和瞎撞病，硒中毒量约为需要量的20倍，土壤含Se 0.5ppm时植物量可能高于4ppm，成为潜在的中毒危险。

缓解措施:

- (1) 土壤中加入硫酸盐，降低植物对Se的吸收量；
- (2) 饲料加入某些物质（如硫酸盐、过量蛋白质、砷酸盐或有机砷化合物）降低Se吸收率，增加排出量。



五、Se

5. 来源

饲料含Se量取决于土壤pH，碱性土壤生长的饲料含Se高，家畜采食后易中毒，酸性土壤地区的家畜易患缺乏症，缺Se时用 Na_2SeO_3 补充。





六、I

1. 含量与分布

体内平均含I 0.2-0.3ppm，其中80%存在于甲状腺中，甲状腺素是唯一含无机元素的激素。

2. 吸收与代谢

反刍动物主要在瘤胃，单胃动物主要在小肠吸收，以I⁻形式吸收率最高，I⁻易被甲状腺摄取，形成T₃、T₄；甲状腺素进入组织后80%被脱碘酶分解，释放出的I被再利用。

I主要经尿排泄，肠道I可被重吸收，产品也可排出部分碘。





六、I

3. 营养作用

主要是参与甲状腺素的形成， T_3 的活力是 T_4 的4倍，但血中浓度比 T_4 低得多。甲状腺素参与体内代谢和维持体内热平衡，对繁殖、生长发育、红细胞生成和血糖等起调控作用。

I较易进入乳和蛋中，乳蛋含I量受日粮I量的影响很大。



六、I



4. 缺乏与过量

(1) 缺乏

缺I时出现甲状腺肿大，生长受阻，出现侏儒；繁殖力下降，初生幼畜无毛，皮厚，颈粗，种畜发情无规律，影响N发育。

其他因素也可能导致甲状腺肿大；（1）硫氰酸根离子或高氯酸根离子；（2）硫脲、硫脲嘧啶等分子中含有-SH基，可抑制碘化物氧化为游离I，继而抑制I渗入酪氨酸中。此时，加I只能部分控制甲状腺肿。



六、I



缺碘母羊所产的羔羊发育不良或死亡，颈部因甲状腺肿大而明显肿大



六、I

(2) 过量

I过量时，反刍动物耐受力比单胃动物差，猪出现Hb下降，鸡产蛋率下降，奶牛产奶量降低。





六、I

5. 来源

具明显的地区性。沿海地区植物中含I量高于内陆地区，各种饲料均含I一般不易缺乏，但妊娠和泌乳动物可能不足。

缺I用碘化食盐（含I0.007%）补饲，或KI、KIO₃。





七、其他元素

1. Co

Co在体内分布较均匀。正常健康绵羊和牛肝中含Co 0.2-0.3ppm，按DM基础，肝中含Co低于0.08ppm时，表明Co缺乏。

Co的利用率低，反刍动物采食Co有80%从粪中排出，只有3%的食入Co才能转化为B₁₂，转化率与Co摄入量成负相关。





七、其他元素



◆ Co的营养作用是合成 B_{12} ，反刍动物 B_{12} 参与丙酸的降解，丙酸代谢主要在肝中进行，缺Co时，血液丙酸盐浓度升高，使反刍动物自由采食量下降，因为自由采食量与血液丙酸盐浓度成负相关。

◆ 单胃动物Co不能替代 B_{12} ，其必需性尚未建立。





七、其他元素

- ◆ Co缺乏症与B₁₂缺乏症类似，表现为食欲差，生长慢，失重，消瘦，异食癖，贫血。
- ◆ 动物对Co耐受力较强，达10ppm，超过需要量300倍产生中毒，出现红细胞增多，采食量与体重下降，消瘦，贫血。



缺钴——牛





七、其他元素

2. Mo

- ◆ Mo是黄嘌呤氯化酶、醛氧化酶、硫酸盐氯化酶的组成成分。家禽为产尿酸，对黄嘌呤氯化酶特别需要，但禽对低Mo日粮耐受力高，只有当日粮加入钼时（Mo拮抗物）才出现生长受阻。
- ◆ Mo缺乏出现生长受阻，繁殖力下降，流产等，实践中不易缺乏。
- ◆ Mo中毒与Cu缺乏有关，症状类似Cu缺乏，腹泻，失重，精神不振等。



七、其他元素

3. F

主要存在于骨和牙齿中，吸收率高，其作用是保护牙齿（有杀菌作用），增加牙齿强度，预防成年动物骨质疏松症。实践上不易缺F，而F中毒易发生，骨可积蓄大量F，中毒时，牙齿变黑，畸形，骨畸形，种蛋孵化率下降。





七、其他元素

4. 其他

70年代初，Cr、Su、As、V、Si、Ni已证实在动物营养中的必需性，认为这些元素为动物体所必需，它们在动物体内能与有生命的组织相互作用，当营养中缺乏时，生理机能受阻，加入时，生理机能恢复，但至今尚未发现动物缺乏的病例。因此，实际生产中勿需考虑供给问题，相反多注意铅、砷毒性问题。



The End

