

畜牧专业本科基本教材

# 家畜饲养学

中国人民解放军兽医大学

1986.12

畜牧专业本科基本教材

# 家 畜 饲 养 学

胡 坚 编 著

马承融 审 校

## 序 言

家畜饲养学本科教材自从1980年以来再未更新了，现在虽然已经组织了人力，正在从事动物营养学与饲料学两门教材的编写可能不久即将交付出版，但与需要开设家畜饲养学的专业要求又有了一定的差别。本教材的编写适应当前这种需要是值得重视的。

当前我国正处在“六五”计划完成，“七五”计划开始时期；全国养殖业生产以及与之相适应的饲料工业均在以空前速度向前发展着；对现代的动物饲养科学中最新成就也就提供了充分用武之地。因而，介绍这些成就的教科书的出版，更有了积极的现实意义。

本教材编写的特点就是系统地论述了家畜饲养学原理，充分地介绍国内外本门学科的新进展，如各种试验方法，测试技术，以及我国在“六五”计划中的新成就如猪、牛、鸡等的饲养标准与各种类型的典型日粮配方，实际生产技术等。这些对于指导畜牧业方面的科研与生产均有重要的作用。

本教材还适应了当前我国工业生产的新形式，在编写内容中注意了工业生产的特点，讨论了许多有关问题，特别是在添加剂一章中介绍甚为详尽，值得称道。当然这方面问题国内外的研究至为庞杂，内容也是日新月异，本教材限于篇幅与学生学习的时间只能举其荦荦大者，起着举一反三的作用。

华中农业大学教授 马承融

1986年5月4日

5815  
10

# 目 录

## 序 言

### 第一篇 家畜饲养原理

#### 第一章 饲料的养分及其功能..... 1

##### 第一节 饲料的养分..... 1

###### 一、饲料中的化学元素..... 1

###### 二、饲料中的养分..... 2

##### 第二节 饲料养分的一般功能..... 6

###### 一、饲料养分的基本功能..... 6

###### 二、饲料养分的附加功能..... 7

#### 第二章 饲料养分分析..... 8

##### 第一节 采样与制样..... 8

###### 一、样本的采集..... 8

###### 二、样本的制备..... 8

##### 第二节 饲料样本的养分分析..... 9

###### 一、水分或湿度的测定..... 9

###### 二、粗蛋白质的测定..... 10

###### 三、粗脂肪的测定..... 11

###### 四、粗纤维的测定..... 12

###### 五、矿物质或粗灰分的测定..... 12

###### 六、无氮浸出物的测定..... 13

##### 第三节 饲料养分的表示方法..... 14

###### 一、一般表示方法..... 14

###### 二、饲料养分不同干物质基础表示方法..... 14

##### 第四节 影响饲料养分的因素..... 15

###### 一、植物生长所处的条件..... 15

###### 二、植物的品种、收获期和贮存时间..... 16

#### 第三章 饲料消化率的测定..... 18

##### 第一节 消化道..... 18

###### 一、消化道的器官组成..... 18

###### 二、按消化道性状的家畜分类..... 21

##### 第二节 养分的消化、吸收和运输..... 21

###### 一、养分的消化..... 21

###### 二、养分的吸收..... 22

###### 三、养分的运输..... 22

##### 第三节 表观消化率的常规测定方法..... 23

###### 一、测定方法原理..... 23

###### 二、试验设备..... 23

###### 三、试验方法与步骤..... 26

###### 四、试验记录表格..... 29

###### 五、消化率、消化能、可消化蛋白质及总可消化养分的计算公式..... 31

###### 六、试验结果的整理及计算示例..... 32

##### 第四节 表观消化率的简化测定法..... 33

###### 一、测定方法原理..... 33

###### 二、外源指示剂法 (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 法)..... 34

###### 三、内源指示剂法 (酸不溶灰分法简称AIA法)..... 36

###### 四、离体消化试验操作及计算方法..... 36

###### 五、活体外人工瘤胃法..... 37

##### 第五节 日粮中单一饲料的表观消化率测定法..... 39

###### 一、套算法..... 39

###### 二、联立方程法..... 41

##### 第六节 影响消化率的因素..... 42

###### 一、家畜的种类、品种、年龄与个体..... 42

###### 二、饲料日粮的组成..... 43

#### 第四章 饲料代谢率的测定..... 46

##### 第一节 屠宰对比试验..... 46

###### 一、方法原理..... 46

###### 二、试验方法与步骤..... 47

###### 三、屠体的制样、采样与分析..... 48

###### 四、试验记录表格..... 49

###### 五、试验计算与示例..... 49

##### 第二节 物质代谢试验..... 52

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 一、方法原理                      | 52 |
| 二、氮平衡                       | 52 |
| 三、碳平衡                       | 55 |
| 第三节 能量代谢试验                  | 57 |
| 一、方法原理                      | 57 |
| 二、直接测热法                     | 57 |
| 三、间接测热法                     | 58 |
| <b>第五章 饲料能量在畜体内转化及其测定</b>   | 72 |
| 第一节 饲料总能及其测定                | 72 |
| 一、饲料总能的意义                   | 72 |
| 二、能量的衡量                     | 72 |
| 三、饲料总能的测定                   | 72 |
| 四、能量在动物体内的转化                | 74 |
| 第二节 消化能及其测定                 | 75 |
| 一、消化能概念                     | 75 |
| 二、消化能的测定                    | 75 |
| 三、影响消化能值的主要因素               | 78 |
| 第三节 代谢能及其测定                 | 78 |
| 一、代谢能概念                     | 78 |
| 二、代谢能的测定                    | 79 |
| 三、影响代谢能值的因素                 | 81 |
| 第四节 净能及其测定                  | 82 |
| 一、净能概念                      | 82 |
| 二、净能的测定                     | 83 |
| 三、影响净能值的因素                  | 85 |
| 第五节 净能饲养体系                  | 89 |
| 一、净能饲养体系概念及其测定              | 89 |
| 二、Armsby净能体系                | 90 |
| 三、Kellner学派的淀粉价体系           | 91 |
| 四、Nehring 学派的能量饲料单位体系       | 93 |
| 五、美国加州净能体系 (NES)            | 96 |
| 六、美国Flatt的奶牛净能体系            | 97 |
| 七、英国与苏联代谢能体系与产品能 (生产净能) 的关系 | 98 |
| 八、净能体系在饲料营养价值评定上的应用         | 99 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第六章 饲料蛋白质营养价值及蛋白质营养</b> | 100 |
| 第一节 蛋白质营养                  | 100 |
| 一、蛋白质组成及其营养作用              | 100 |
| 二、蛋白质的营养价值和氨基酸             | 101 |
| 三、反刍家畜的蛋白质营养               | 103 |
| 四、单胃家畜的蛋白质营养               | 107 |
| 五、家禽的蛋白质营养                 | 109 |
| 第二节 饲料蛋白质的利用率              | 110 |
| 一、饲料蛋白质的消化率                | 110 |
| 二、饲料蛋白质的生物学价值              | 110 |
| 三、饲料蛋白质的氨基酸配比              | 111 |
| 四、氨基酸的生物学效价                | 112 |
| 第三节 家畜对蛋白质的需要              | 113 |
| 一、家畜的蛋白质最低需要量              | 113 |
| 二、妊娠家畜对蛋白质的需要              | 113 |
| 三、生长幼畜对蛋白质的需要              | 113 |
| 四、泌乳家畜对蛋白质的需要              | 114 |
| <b>第七章 饲料矿物质营养价值及矿物质营养</b> | 116 |
| 第一节 矿物质营养概述                | 116 |
| 一、家畜对矿物质的需要                | 116 |
| 二、畜体矿物质组成                  | 117 |
| 三、矿物质元素生物学价值               | 117 |
| 第二节 常量矿物元素                 | 118 |
| 一、钠和氯                      | 118 |
| 二、钙                        | 120 |
| 三、磷                        | 126 |
| 四、镁                        | 133 |
| 五、钾                        | 134 |
| 六、硫                        | 135 |
| 第三节 微量元素                   | 136 |
| 一、铁                        | 136 |
| 二、碘                        | 138 |
| 三、钴                        | 138 |
| 四、铜                        | 139 |
| 五、氟                        | 140 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 六、锰 .....                        | 141 |
| 七、钼 .....                        | 142 |
| 八、硒 .....                        | 143 |
| 九、锌 .....                        | 145 |
| <b>第八章 饲料维生素营养价值及维生素营养</b> ..... | 147 |
| 第一节 维生素的概念及分类 .....              | 147 |
| 一、维生素的概念 .....                   | 147 |
| 二、维生素的分类与命名 .....                | 147 |
| 第二节 脂溶性维生素 .....                 | 149 |
| 一、维生素 A .....                    | 149 |
| 二、维生素 D .....                    | 152 |
| 三、维生素 E .....                    | 153 |
| 四、维生素 K .....                    | 155 |
| 五、脂溶性维生素的营养评定 .....              | 156 |
| 第三节 水溶性维生素 .....                 | 157 |
| 一、维生素 B 族 .....                  | 157 |
| 二、维生素 C .....                    | 165 |
| 三、水溶性维生素的营养评定 .....              | 166 |

## 第二篇 饲料

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第九章 饲料分类</b> .....      | 169 |
| 第一节 国际饲料分类趋势 .....         | 169 |
| 第二节 我国现行饲料分类 .....         | 171 |
| 一、饲料分类条件 .....             | 171 |
| 二、饲料编码 .....               | 171 |
| 三、饲料分类说明 .....             | 172 |
| 第三节 关于能量指标及营养成分的表示方法 ..... | 173 |
| 第四节 登记格式 .....             | 174 |
| <b>第十章 青饲料</b> .....       | 178 |
| 第一节 概述 .....               | 178 |
| 一、青饲料一般概念及营养特性 .....       | 178 |
| 二、影响青饲料营养价值的因素 .....       | 180 |
| 第二节 天然牧草 .....             | 181 |
| 第三节 栽培牧草与青饲作物 .....        | 183 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 一、豆科牧草 .....             | 183 |
| 二、禾本科牧草 .....            | 184 |
| 三、蔬菜类饲料 .....            | 185 |
| 四、水生饲料 .....             | 186 |
| 五、树叶饲料及野草野菜 .....        | 186 |
| <b>第十一章 青贮饲料</b> .....   | 188 |
| 第一节 青贮的意义和原理 .....       | 188 |
| 一、青贮的意义 .....            | 188 |
| 二、青贮原理 .....             | 188 |
| 第二节 青贮条件 .....           | 191 |
| 一、青贮原料 .....             | 191 |
| 二、青贮设备 .....             | 193 |
| 第三节 青贮技术 .....           | 195 |
| 一、在适宜成熟阶段收获 .....        | 195 |
| 二、切成适当的长度 .....          | 196 |
| 三、控制水分的含量 .....          | 196 |
| 四、必要时加入添加剂或防腐剂 .....     | 197 |
| 五、快装 .....               | 197 |
| 六、青贮塔、窖中饲草应均匀 .....      | 197 |
| 七、青贮建筑物的密封与覆盖 .....      | 197 |
| 第四节 青贮料的品质鉴定 .....       | 198 |
| 一、实验室法 .....             | 198 |
| 二、感官法 .....              | 198 |
| 第五节 青贮料的饲喂 .....         | 199 |
| <b>第十二章 粗饲料</b> .....    | 201 |
| 第一节 干草 .....             | 201 |
| 一、干草的营养价值 .....          | 201 |
| 二、影响干草营养价值的因素 .....      | 204 |
| 三、提高干草营养价值的措施 .....      | 207 |
| 四、干草和草粉的质量标准 .....       | 208 |
| 第二节 稿秕饲料 .....           | 208 |
| 一、稿秆类 .....              | 209 |
| 二、秕壳类 .....              | 215 |
| 第三节 树叶和其它饲用林产品 .....     | 217 |
| 一、几种主要树叶的营养成分和饲用价值 ..... | 217 |
| 二、影响树叶饲用价值的因素 .....      | 220 |

|                         |     |                             |     |
|-------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 第四节 粗饲料的加工 .....        | 224 | 四、家禽副产品饲料 .....             | 268 |
| 一、粗饲料的机械处理 .....        | 224 | 五、蚕蛹 .....                  | 270 |
| 二、粗饲料的化学处理 .....        | 226 | 第三节 单细胞蛋白质饲料 .....          | 271 |
| 三、粗饲料的微生物处理 .....       | 228 | 一、单细胞蛋白质饲料的性质 .....         | 271 |
| <b>第十三章 能量饲料</b> .....  | 229 | 二、生产单细胞蛋白质饲料的特<br>点 .....   | 271 |
| 第一节 谷实类饲料 .....         | 229 | 三、生产单细胞蛋白质饲料中的<br>问题 .....  | 271 |
| 一、玉米 .....              | 231 | 第四节 非蛋白质饲料 .....            | 272 |
| 二、高粱 .....              | 234 | 一、尿素及其饲用价值 .....            | 272 |
| 三、大麦 .....              | 235 | 二、尿素的喂量和喂法 .....            | 272 |
| 四、燕麦 .....              | 235 | 三、尿素利用效果及其中毒的防<br>治 .....   | 273 |
| 五、荞麦 .....              | 236 | <b>第十五章 矿物质饲料</b> .....     | 275 |
| 第二节 糠麸类 .....           | 237 | 第一节 常量矿物质饲料 .....           | 275 |
| 一、稻糠 .....              | 237 | 一、食盐 .....                  | 275 |
| 二、麦麸 .....              | 239 | 二、含钙的饲料 .....               | 275 |
| 三、其它糠麸 .....            | 240 | 三、含磷的饲料 .....               | 276 |
| 第三节 块根块茎及瓜类饲料 .....     | 241 | 四、钙与磷平衡的矿物质饲料 .....         | 276 |
| 一、甘薯 .....              | 242 | 第二节 微量矿物质饲料 .....           | 278 |
| 二、马铃薯 .....             | 243 | 一、含钴饲料 .....                | 278 |
| 三、木薯 .....              | 245 | 二、含铜饲料 .....                | 278 |
| 四、胡萝卜 .....             | 246 | 三、含碘饲料 .....                | 278 |
| 五、芜菁与芜菁甘蓝 .....         | 246 | 四、含铁饲料 .....                | 278 |
| 六、饲用甜菜 .....            | 246 | 五、含锰饲料 .....                | 278 |
| 第四节 液体能量饲料及其它 .....     | 247 | 六、含硒饲料 .....                | 278 |
| 一、液体能量饲料 .....          | 247 | 七、含锌的饲料 .....               | 279 |
| 二、其它 .....              | 249 | <b>第十六章 其它类饲料</b> .....     | 281 |
| 第五节 能量饲料的加工 .....       | 249 | 第一节 乳品及乳制品饲料 .....          | 281 |
| 一、机械加工 .....            | 250 | 一、乳品 .....                  | 281 |
| 二、发芽与糖化 .....           | 251 | 二、乳制品 .....                 | 283 |
| 三、发酵饲料 .....            | 252 | 第二节 动物废物饲料 .....            | 286 |
| <b>第十四章 蛋白质饲料</b> ..... | 253 | 一、胃内容物及其利用 .....            | 286 |
| 第一节 植物性蛋白质饲料 .....      | 253 | 二、鸡粪及其利用 .....              | 288 |
| 一、饼粕类饲料 .....           | 253 | 第三节 维生素饲料和饲料添加剂<br>.....    | 291 |
| 二、豆科籽实 .....            | 259 | <b>第十七章 饲料对畜产品的影响</b> ..... | 292 |
| 三、其它加工副产品 .....         | 260 | 第一节 肉质与饲料 .....             | 292 |
| 第二节 动物性蛋白质饲料 .....      | 262 |                             |     |
| 一、动物性蛋白质饲料的特点 .....     | 262 |                             |     |
| 二、水产副产品饲料 .....         | 263 |                             |     |
| 三、家畜副产品饲料 .....         | 264 |                             |     |

|                     |     |                     |     |
|---------------------|-----|---------------------|-----|
| 第二节 鸡卵鸡肉的品质与饲料      | 292 | 值表                  | 320 |
| 一、卵的成分              | 292 | 第二节 猪典型日粮配方         | 328 |
| 二、产品的颜色             | 293 | 一、仔猪日粮配方            | 328 |
| 三、产品的风味和气味          | 293 | 二、生长肥育猪日粮配方         | 331 |
| 四、卵的大小和卵壳           | 294 | 三、妊娠母猪日粮配方          | 336 |
| 五、卵的耐贮存性及其它         | 294 | 四、种公猪日粮配方           | 343 |
| 第三节 牛乳的品质与饲料        | 294 | 第二十章 鸡的饲养标准和日粮配方    | 346 |
| 一、乳的成分              | 294 | 第一节 鸡的饲养标准          | 346 |
| 二、乳的风味和气味           | 296 | 一、蛋用及肉用种鸡饲养标准       | 346 |
| 第三篇 家畜营养需要和饲养标准及其应用 |     | 二、肉用仔鸡饲养标准          | 348 |
| 第十八章 家畜营养需要         | 297 | 三、地方品种肉用鸡饲养标准       | 351 |
| 第一节 家畜维持需要          | 297 | 四、鸡常用饲料成分及营养价值表     | 352 |
| 一、维持的概念与意义          | 297 | 第二节 鸡典型日粮配方         | 357 |
| 二、维持对各种营养物质的需要      | 298 | 一、蛋鸡饲料配方            | 357 |
| 第二节 繁殖家畜的营养需要       | 300 | 二、肉用鸡的典型饲料配方        | 376 |
| 一、繁殖与营养             | 300 | 三、蛋鸡、肉鸡饲料配方         | 384 |
| 二、配种前母畜营养需要特点       | 301 | 第二十一章 牛的饲养标准和日粮配方   | 389 |
| 三、妊娠母畜营养需要          | 301 | 第一节 牛的饲养标准          | 389 |
| 四、种公畜营养需要特点         | 303 | 一、成年母牛营养需要          | 389 |
| 第三节 泌乳家畜的营养需要       | 303 | 二、生长母牛营养需要          | 392 |
| 一、乳的成分及形成           | 303 | 三、生长公牛营养需要          | 395 |
| 二、泌乳的营养需要           | 304 | 四、种公牛的营养需要          | 399 |
| 第四节 生长家畜的营养需要       | 305 | 第二节 牛典型日粮配方         | 399 |
| 一、生长的概念和意义          | 305 | 一、犊牛补料配方            | 399 |
| 二、家畜生长的一般规律         | 305 | 二、育成牛日粮配方           | 400 |
| 三、幼畜生长的营养需要         | 306 | 三、奶牛日粮配方            | 400 |
| 第十九章 猪的饲养标准和日粮配方    | 308 | 四、肉牛日粮配方            | 401 |
| 第一节 猪的饲养标准          | 308 | 第二十二章 其它畜禽饲养标准和日粮配方 | 402 |
| 一、仔猪饲养标准            | 308 | 第一节 奶山羊饲养标准和日粮配方    | 402 |
| 二、生长肥育猪的饲养标准        | 312 | 一、青年羊的饲养标准和惯用日粮配方   | 402 |
| 三、后备母猪的饲养标准         | 314 | 二、成年母羊的饲养标准和惯用日粮    | 40  |
| 四、母猪的饲养标准           | 316 |                     |     |
| 五、种公猪的饲养标准          | 319 |                     |     |
| 六、猪的常用饲料成分及营养价      |     |                     |     |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 三、群众用的饲料配方 .....           | 403 |
| 第二节 兔的饲养标准和日粮配方 .....      | 404 |
| 一、兔的营养需要 .....             | 404 |
| 二、兔的日粮配方 .....             | 404 |
| 第三节 鸭鹅鹌鹑饲养标准和日粮配方 .....    | 406 |
| 一、家鸭的营养需要和日粮配方 .....       | 406 |
| 二、鹅的营养需要和日粮配方 .....        | 408 |
| 三、鹌鹑的营养需要和日粮配方 .....       | 409 |
| <b>第二十三章 饲料配方的设计</b> ..... | 411 |
| 第一节 饲料配方的意义 .....          | 411 |
| 第二节 设计饲料配方所需资料 .....       | 411 |
| 一、家畜饲养标准 .....             | 411 |
| 二、饲料 .....                 | 412 |
| 三、日粮类型和予期饲料采食量 .....       | 413 |
| 第二节 饲料配方设计的原则 .....        | 413 |
| 一、选用合适的相应饲养标准 .....        | 413 |
| 二、选用适宜饲料 .....             | 414 |
| 三、要有经济观点 .....             | 415 |
| 第三节 饲料配方的计算方法 .....        | 416 |
| 一、交叉法 .....                | 416 |
| 二、联立方程法 .....              | 417 |
| 三、线性规划法 .....              | 418 |
| 四、试差法 .....                | 423 |
| <b>第二十四章 饲料添加剂</b> .....   | 430 |
| 第一节 概论 .....               | 430 |
| 一、饲料添加剂的概念 .....           | 430 |
| 二、作为饲料添加剂的基本条件 .....       | 430 |
| 三、予混合饲料 .....              | 430 |
| 四、载体的稀释剂 .....             | 432 |
| 第二节 矿物质饲料添加剂 .....         | 433 |
| 一、畜禽的矿物质需要量与中毒量 .....      | 433 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 二、矿物添加剂的原料及其要求 .....               | 436 |
| 三、矿物元素添加剂的配方设计 .....               | 439 |
| 四、矿物质添加剂配方的选用 .....                | 442 |
| 五、微量元素添加剂的生产加工简介 .....             | 446 |
| 六、微量元素添加剂产品的质量检验 .....             | 448 |
| 第三节 氨基酸添加剂 .....                   | 449 |
| 一、饲料中添加氨基酸的作用 .....                | 449 |
| 二、畜禽对氨基酸的需要量 .....                 | 449 |
| 三、氨基酸的添加 .....                     | 451 |
| 第四节 维生素添加剂 .....                   | 452 |
| 一、畜禽对维生素的需要量 .....                 | 452 |
| 二、主要使用的维生素饲料添加剂 .....              | 454 |
| 三、维生素添加剂的用量 .....                  | 454 |
| 第五节 其它添加剂 .....                    | 455 |
| 一、抗菌素添加剂 .....                     | 455 |
| 二、抗菌药物添加剂 .....                    | 456 |
| 三、激素 .....                         | 456 |
| 四、饲料保藏添加剂 .....                    | 456 |
| 五、增色剂 .....                        | 456 |
| 六、其它 .....                         | 456 |
| <b>第二十五章 家畜饲养试验</b> .....          | 457 |
| 第一节 试验方法原理 .....                   | 457 |
| 第二节 试验材料和方法 .....                  | 458 |
| 一、配方设计与饲料准备 .....                  | 458 |
| 二、方法与步骤 .....                      | 459 |
| 三、试畜的选择条件和试验前的准备工作 .....           | 464 |
| 第三节 饲养试验示例 .....                   | 464 |
| 一、在雏鸡低蛋白质日粮中添加蛋氨酸和赖氨酸效果的扩大试验 ..... | 465 |
| 二、蛋鸡饲粮中以葵花仁饼代替豆饼试验报告 .....         | 470 |
| 主要参考文献 .....                       | 474 |

# 第一篇 家畜饲养原理

环境 (environment) 决定家畜 (禽) 的个体表现, 同时也是选育改良的背景。畜体与其环境的主要关系, 乃是通过经常进入机体组织内一定食物 (food) 的联系。食物是外形, 养分 (Nutrients) 是内质, 因而也就是通过由化学物质组成的养分联系。家畜饲养原理就是要研究畜体生理机能与饲料养分的依附关系, 测定饲料养分的含量与含能量 (energy), 了解养分和能量在畜体内参与消化、代谢的转化过程, 通过消化试验, 物质和能量代谢试验、饲养试验等途径, 观测其生产效果, 从中评定饲料的营养价值, 为进一步研究饲料资源的合理利用, 研究营养需要和饲养标准以及控制家畜的生长、发育、状态与生产力的有效方法措施, 提供科学理论基础。

## 第一章 饲料的养分及其功能

### 第一节 饲料的养分

科学饲养所提供家畜的绝大部分物质 (matter) 是按家畜在进行不同生理过程中的不同需要, 给予适量的由化学元素 (elements) 和化合物 (compounds) 结合形成的饲料养分 (feed nutrients)。饲料养分共约有50种或更多一些。家畜对不同养分的需要量是有显著差异的, 少至每头每天需要量不到一个微克, 多至每头每天需要几公斤以上。饲料物质一方面供作家畜体养分的来源, 另一方面作为养分的载体 (carrier) 以增进饲养的效果。

#### 一、饲料中的化学元素

在已知100种以上化学元素中, 至少有20种参与构成各种饲料养分的要素。这20种元素的化学符号 (symbols) 及其原子量 (atomic weights) 如下表。

表 1—1

饲料中化学元素及其原子量

| 名 | 称            | 符号 | 原子量 | 名 | 称           | 符号 | 原子量  |
|---|--------------|----|-----|---|-------------|----|------|
| 碳 | (Carbon)     | C  | 12  | 镁 | (Magnesium) | Mg | 24.3 |
| 氢 | (Hydrogen)   | H  | 1   | 钠 | (Sodium)    | Na | 23   |
| 氧 | (Oxygen)     | O  | 16  | 氯 | (Chlorine)  | Cl | 35.5 |
| 磷 | (Phosphorus) | P  | 31  | 钴 | (Cobalt)    | Co | 59   |
| 钾 | (Potassium)  | K  | 39  | 铜 | (Copper)    | Cu | 63.5 |
| 碘 | (Iodine)     | I  | 127 | 氟 | (Fluorine)  | F  | 19   |

|              |    |      |                |    |      |
|--------------|----|------|----------------|----|------|
| 氮 (Nitrogen) | N  | 14   | 锰 (Manganese)  | Mn | 55   |
| 硫 (Sulfur)   | S  | 32   | 锌 (Zinc)       | Zn | 65.4 |
| 钙 (Calcium)  | Ca | 40   | 钼 (Molybdenum) | Mo | 96   |
| 铁 (iron)     | Fe | 55.8 | 硒 (Selenium)   | Se | 79   |

此外，铬 (chromium)、硅 (silicon)、锡 (tin)、钒 (vanadium)、镍 (nickel) 和其它一些元素也有可能属于饲料养分中必不可少的元素。

## 二、饲料中的养分

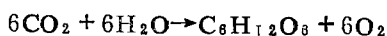
以上元素，或各自单独或互相结合，以形成饲料养分，它具有维持动物生命的营养作用，可存于任何饲料之中。

很多种的饲料养分，现已被认识。还有些新的饲料养分，仍正待发现。目前已被认识的饲料养分如下：

### (一) 碳水化合物

它由碳、氢、氧元素构成，其中氢和氧的比与水相同。它含有大量六碳糖酐 (hexosans)。六碳糖酐是由六碳糖 (hexose) 或六个碳原子的分子所构成。也常存有五碳糖酐 (Pentosans)，它是由五碳糖 (Pentose) 或五个碳原子的分子所构成。至于四碳糖 (tetrose)、三碳糖 (triose) 和二碳糖 (dirose) 等虽也常含有少量，但一般并不重要。

1. 单糖类 (monosaccharides)，其化学式 (chemical formula) 是  $C_6H_{12}O_6$ 。在植物体中，它是按下列反应来合成的：



这种化学反应，在动物体中恰恰是相反的。

常见的单糖有：

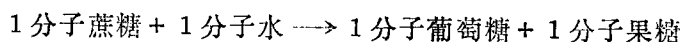
① 葡萄糖 (glucose)，它常见于谷实、糖浆 (syrup)，也见于血液之中。它有时被称作右旋糖 (dextrose)，因为它的旋转面偏向于右旋光性。

② 果糖 (fructose)，它主要见于成熟的果实和蜂蜜中，在一切糖中，它是最甜的。

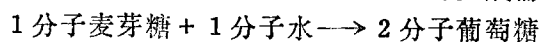
③ 半乳糖 (galactose) 在乳糖 (lactose or milk sugar) 水解时，它与葡萄糖同时被分解出来。乳糖是一种双糖，详如下述。

2. 双糖类 (disaccharides) 其化学式是  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ，它是由两个单糖分子失去一个水分子所组成。常见的双糖有：

① 蔗糖 (sucrose) 是甘蔗和甜菜的糖，通常用作甜食。蔗糖经水分解后产生葡萄糖和果糖。



② 麦芽糖 (Maltose)，是由麦芽制作的糖，它是由水解淀粉而产生的。麦芽糖的旋光性如同蔗糖一样，经水解后，全部变成葡萄糖。



③ 乳糖 (lactose)，不存在于植物，而存在于动物乳汁之中。它水解后产生葡萄糖和半乳糖。

1 分子乳糖 + 1 分子水  $\rightarrow$  1 分子葡萄糖 + 1 分子半乳糖

3. 多糖类 (Polysaccharides) 其化学式是  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，是由大量六碳糖分子聚合而成。对动物营养具有重要意义多糖类有：

① 淀粉 (starch)，是许多植物贮存能量的物质，是大多数家畜日粮中的主要构成成分，更是肥育期家畜日粮中的主要构成成分，具有较高的消化率。淀粉水解如下：

淀粉 + 水  $\rightarrow$  糊精 (dextrin)

糊精 + 水  $\rightarrow$  麦芽糖 (Maltose)

麦芽糖 + 水  $\rightarrow$  葡萄糖

② 菊粉 (inulin)，与淀粉类相似，只不过它在水解之后的产物是果糖而不是葡萄糖，在菊芋 (jerusalem artichoke) 中含量较多。

③ 糖元或动物淀粉 (glycogen)，仅存于动物体，是动物体中贮备碳水化合物的主要形式，水解后全部转化为葡萄糖。

④ 纤维素 (Cellulose) 不溶于水、乙醚、稀酸和稀硷，溶于浓酸。主要是由已聚糖组成。是植物细胞壁的主要成分。哺乳动物消化道内没有分解纤维素的酶。它的消化是依靠瘤胃及盲肠内微生物所分泌出来的纤维素酶和纤维二糖酶，作用的尾产物为乙酸，可供能源用。这一点，在草食动物营养中具有极重要的意义。

⑤ 半纤维素 (Hemicellulose) 是工业名词，不是纯化合物，成分不定，主要是戊聚糖和已聚糖，也有不具碳水化合物特征的化合物。通常认为不溶于水，而溶于稀酸稀硷溶液中的一组物质，植物中分布很广。在家畜消化上，靠微生物活动而分解，戊聚糖分解为木糖，阿拉伯糖 (溶于稀酸溶液)。已聚糖分解为甘露糖和半乳糖。它的尾产物是乙酸。

⑥ 木质素 (lignin)，不是真正的碳水化合物，含有很多的碳，氢与氧不成正比，并含有一些氮。但一般都认为木质素是属于糖类，多见于过度成熟的干草 (hay)，和藁秆 (straw)、谷壳 (hull) 等中，为一切家畜所不能消化。同时，它的存在还能降低其它养分特别是纤维素的消化率。木质素除有一定容积外，没有任何营养价值。

## (二) 脂肪

与碳水化合物、蛋白质相比较，碳、氢较多，氧较少。

表 1—2 三种主要有机物质元素的平均组成 (%)

| 区 分       | 碳  | 氢  | 氧  | 氮  | 其 他 |
|-----------|----|----|----|----|-----|
| 脂 肪       | 77 | 12 | 11 | 0  | 0   |
| 蛋 白 质     | 52 | 7  | 22 | 16 | 3   |
| 碳 水 化 合 物 | 44 | 6  | 50 | 0  | 0   |

脂肪 (fatts) 的能值约为碳水化合物的两倍以上，蛋白质介于碳水化合物和脂肪之间。饲料中的能值取决于其中脂肪含量的高低，含脂肪愈多则能值愈高。营养物质能值

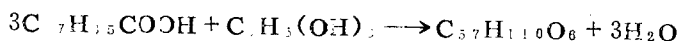
的差异主要同养分元素组成有关，特别是和氧在化合物中所占的比例有关。有机物质的氧化主要是碳和氢同外来氧结合，脂肪所以产热高，其原因在于其中所含的氧较少，需要有较多的外来氧氧化其中所含的碳和氢。

脂肪是由脂肪酸 (fatty acid) 和甘油 (glycerol) 化合而成，其反应如下：

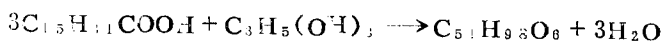
脂肪酸 + 甘油  $\rightarrow$  脂肪 + 水

个别脂肪的化学反应举例如下：

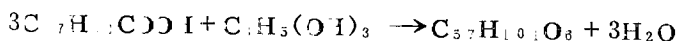
硬脂酸 + 甘油  $\rightarrow$  硬油脂 + 水



棕油酸 + 甘油  $\rightarrow$  棕油脂 + 水



软脂酸 + 甘油  $\rightarrow$  软油脂 + 水

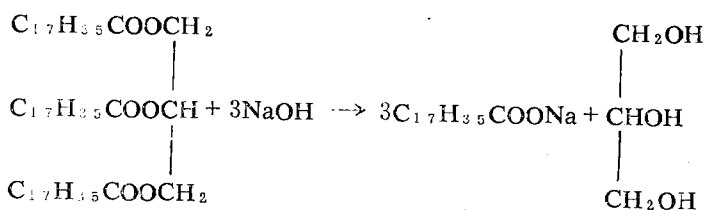


脂肪均由含有偶数碳原子的脂肪酸所组成，而脂肪酸则由其所含氢原子的多少，分为饱和脂肪酸及不饱和脂肪酸两类。脂肪酸分子的结构，除两端两个碳原子外，其余的碳原子如每个均和二原子的氢结合，碳原子之间互以单键相接，不能再和其他原子相结合者，称为饱和脂肪酸。脂肪酸如含较少的氢原子，因而有两个以上的碳原子互以双键相结合，这种脂肪酸称为不饱和脂肪酸，其缺少的氢原子愈多，则双键愈多，不饱和的程度也愈大。

各种饲料和畜体均含有脂肪，脂肪含不饱和脂肪酸愈多，其硬度愈小，熔点也愈低，植物脂肪均属此类，如豆油、棉子油及玉米油等在常温下均为液体状态。而动物脂肪则呈固体状态。不饱和脂肪酸随着被氢饱和的程度，不饱和脂肪酸可转变为饱和脂肪酸，这种作用称为氢化作用。氢化作用可使不饱和的脂肪酸变为饱和，以提高熔点，增加硬度，故氢化也叫“硬化”。

脂肪水解时，如有硷类存在，则脂肪酸皂化而成肥皂

脂肪 + 硷  $\rightarrow$  肥皂 + 甘油



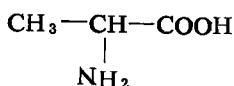
脂肪皂化作用 (saponification) 所需的硷量，叫做“皂化价”。脂肪酸皂化时，每分子的脂肪酸与一原子的钠或其它相当的硷元素化合，脂肪酸的分子量愈小，则在一定重量中分子愈多，所能化合的硷元素也愈多，其皂化价愈高；反之，如脂肪酸的分子量愈大，则在一定重量中，分子愈少所能化合的硷元素也愈少，其皂化价也愈低。所以脂肪分子量的大小及脂肪酸分子中碳原子的多少，可由皂化价的大小来测定。

脂肪的碘价 (iodine number) 是衡量其不饱和程度的一种标志，碘液吸收多少与脂肪的不饱和程度成正比。碘价是表示每 100 克脂肪中能吸收碘的克数。

(三)、蛋白质

蛋白质 (Protein) 中一般含有碳、氢、氧和氮, 以至还有铁、磷和硫等。除木质素中含有少量氮外, 蛋白质是唯一大量含氮的养分。饲料蛋白质平均含有16%的氮, 它是由现已在天然饲料中发现的25种以上氨基酸 (amino acids) 进行不同组合而构成的。

氨基酸分子的基本结构, 用丙氨酸的结构式图解如下:



分子的碳链部分 ( $\text{CH}_3-\text{CH}-$ ) 的长度结构变化, 按不同氨基酸而定。一种氨基酸分子经常含有一或二个羧基 ( $-\text{COOH}$ ) 和带有一或二个氨基 ( $\text{NH}_2$ )。

一种氨基酸分子的羧基 (Carboxyl group) 与另一种氨基酸分子的氨基 (amino group) 结合产生肽键 (peptide bond) 或连锁 (linkage), 并游离出一分子水。不同量的各种各样氨基酸分子的大量连锁, 就构成蛋白质。恰似字母表的26个字母 (letters) 通过各种各样的组合形成无数个字 (words) 一样, 原于自然各种氨基酸的各种不同组合, 就形成数不清的无数种蛋白质。调节适宜的温度、时间、PH和使用适当的酶类, 可由蛋白质结构中水解出其原有的氨基酸 (蛋白质营养价值评定详见第六章)。

#### (四) 矿物质

对动物有营养作用的20种元素之中, 碳、氢、氧、氮是非矿物质元素 (nonmineral elements), 其余16种都是对动物有营养作用的矿物质元素 (mineral elements)。这16种之中有7种是动物需要量较多的常量矿物质 (macro minerals), 有9种是动物需要量较少的微量矿物质 (micro minerals), 后者又可称为痕迹矿物质 (trace minerals)。

常量矿物质元素有:

|                |               |
|----------------|---------------|
| 钙 (Calcium)    | 硫 (sulfur)    |
| 磷 (Phosphorus) | 氯 (chlorine)  |
| 钾 (Potassium)  | 镁 (magnesium) |
| 钠 (sodium)     |               |

微量或痕迹矿物元素有:

|              |                |
|--------------|----------------|
| 铁 (iron)     | 硒 (selenium)   |
| 碘 (iodine)   | 锰 (manganese)  |
| 铜 (copper)   | 锌 (zinc)       |
| 钴 (cobalt)   | 钼 (molybdenum) |
| 氟 (fluorine) |                |

(矿物质营养价值评定详见第七章)

#### (五) 维生素

维生素 (Vitamins) 是动物需要量很少而用以调节生长 (growth)、生产 (Production)、繁殖 (reproductions) 和保障正常健康 (normal health) 所必需的有机物质。它是一种微量营养物质 (micronutrients), 含有碳、氢、氧, 有些还含有氮。其中有些还含有一种以上的矿物质元素。对动物有营养作用的有16种以上的维生素 (维生素营养价值评定详于第八章)。

## (六) 水

水含有氢和氧。家畜的饮水量比采食干物质量要多3~8倍,而且死亡于缺水远较缺食物快得多。水含于一切食物之中,在风干饲料中约有10%,在青绿饲料中可达80%以上。除作为营养物质以外,水在饲料和饲养方面具有很重要的意义。

### 1. 水在动物体中的功能

- ①、参与体内许多生物化学反应 (biochemical reactions)。
- ②、具有运输 (transport) 其它养分的功能。
- ③、有助于维持正常的体温 (maintain normal body temperature)。
- ④、有助于器官形态以至体形 (body form) 的保持。

### 1. 水在饲料贮藏上的重要性

水分过多,会使饲料发热 (heat)、发霉 (mold) 或变质 (lose quality)。饲料中水含量的最高近似值如下:

粉 料 (ground feeds) 11%

小粒籽实 (small grains) 13%

玉 米 粒 (shelled corn) 15%

带皮玉米穗 (snap corn) 18%

禾本科干草 (grass hay) 20%

糖 蜜 (molasses) 40%

青贮料 (silage) 75%。

### 3. 水是影响饲料价值的重要因素

饲料水是不如其它水源水对动物有价值的。因此购买以至饲喂含水量高的饲料时,要适当的考虑到这点。

## 第二节 饲料养分的一般功能

养分对动物体均有四项一般功能,其中三项是基本功能 (basic functions), 一项是附加功能 (accessory function)。

### 一、饲料养分的基本功能

饲料养分的三项基本功能是:

(一) 建造和维持动物结构的构成物质 恰如木板 (boards)、块料 (blocks)、砖 (bricks)、灰泥 (mortar) 等是建筑房屋所必不可少的物质一样,一定的养分 乃是动物体生长发育所必需的物质。恰如房屋是一种有形结构一样,动物体包含有骨骼 (bones)、肌肉 (muscles)、皮肤 (skin)、器官 (organs)、结缔组织 (connective tissue)、牙齿 (teeth)、羽毛 (hair)、角 (horn)、蹄 (hoof) 等。恰如一间房屋经历着不断的退化和不断的维修过程。同一种养分常既是建造动物体所必不可少,也是维修动物体所必需的物质。蛋白质、矿物质、脂肪和水等,就具有这样的功能。

(二) 用作产热、役用和脂肪沉积的能量来源 恰如一间房屋为产热,为一家全部

机体运转而需要能源（电、气体、煤、木材等）一样，一头动物为保持体温，为组织器官和随意运动的作功而需要供给能量。也恰如有时把煤贮存在地下室用作能量的储备一样，脂肪有时沉积在动物体组织之中，以供作动物的能量储备。碳水化合物，脂肪和蛋白质都具有这一功能。

（三）调节动物体的生命过程或畜产品的形成 恰如电器开关能以控制和调节家用电器的使用强度一样，某些养分能对动物体各种功能、生命过程和生产性能起调节和控制作用。维生素(Vitamins)、酶(enzymes)、激素(hormons)、矿物质(minerals)，某些氨基酸和脂肪酸都具有这一功能。

表 1—3

不同养分各种功能概要

| 养 分   | 功 能             | 基 本 功 能         |                |            | 附 加 功 能       |
|-------|-----------------|-----------------|----------------|------------|---------------|
|       |                 | 建造和维持动物体结构的构成物质 | 用作产热役用和脂肪沉积的能量 | 用作动物体的调节物质 | 用作乳(蛋)产品的养分来源 |
| 蛋 白 质 |                 | +               | +              | 某些氨基酸      | +             |
| 碳水化合物 | 形成脂肪作细胞生长的构成物质。 |                 | +              | +          | +             |
| 脂 肪   | 动物细胞的重要组成部分     |                 | +              | 某些脂肪酸      | +             |
| 矿 物 质 | +               |                 | -              | +          | +             |
| 维 生 素 | -               |                 | -              | +          | +             |
| 水     | +               |                 | -              | +          | +             |

注：符号“+”是指具有本项功能，“-”是指不具有本项功能。

## 二、饲料养分的附加功能

乳的生产是属于饲料养分的附加功能。乳产品虽不是养分在动物体内的最终产物，但却是动物体采食饲料养分经过消化代谢转化为产品的部分。不是等到乳被其它动物采食和利用作为养分以后才算是实际发挥了它的功能。乳中几乎含有一切的养分，基本具有一切养分的功能。

与乳产品相同，家禽的蛋产品也属于饲料养分的附加功能。

## 第二章 饲料养分分析

饲料养分是饲料营养价值的最初指标。作为动物营养的饲料，在多数情况下是植物性物质。这些物质，或者是饲用植物即为饲喂动物而专门栽培的植物，或者是植物产品的加工副产品，种类很多，其中所含有的养分各不相同，十分复杂。测定饲料各种养分的含量，是评定饲料营养价值的一种基本方法，可分为两类即概略养分分析法（Proximate analysis）与纯养分分析法。前者用以测定饲料中概略养分，即概略营养物质的含量，包括水分或湿度（water or moisture）、粗蛋白质（crude protein）、粗脂肪（crude fat）、粗纤维（crude fiber）矿物质或粗灰分（mineral matter or ash）、无氮浸出物（Nitrogen-free extract）；后者用以分析饲料中纯养分，包括各种常量矿物质、各种微量元素与各种维生素，以及蛋白质中的各种氨基酸与粗纤维中的纤维素、半纤维素、木质素；还有无氮浸出物中的淀粉、五碳糖、六碳糖及其粗脂肪中的各种不同脂肪与脂肪酸的含量。这两类分析方法各有优缺点，各有特殊用途，本章侧重于概略养分分析的叙述，它是1860年首创于德国 Weende实验站，至今仍在沿用，比较简便适用。

### 第一节 采样与制样

样本（Sample）的采集与制备，须有个正确的程序规定。样本采集不当，就不可能得到精确的养分分析结果。缺乏有关饲料养成含量的资料，胜似误传（misinformation）饲料养分含量的资料。

#### 一、样本的采集

样本须具有代表性（representation），应尽量从饲料库或大面积的放牧地上，按“几何法”从不同部位多点分层采取。1983年中国农业科学院畜牧研究所提出“采集部位不宜少于五个点”，并提出对多类饲料采样的具体操作要求，有待各家统一认识，全国制定统一范本。

#### 二、样本的制备

采得的风干样本要磨碎（grind）或剁碎（chop）并混均。粉碎的样本细度要求能通过40~60目，分析氨基酸、微量元素的样本细度要求通过60目以上，每种待测样本的风干重不少于250克。

新鲜样本须先测定其中的初水分，得到半干样本，再将半干样本（与风干样本同样）制备成分析用的样本。

样本要置于密闭的容器（container）中，并酌情冷藏（refrigerate）。填装样本不得超过其容器的一半，以便分析前能以很好地进行混合。