



内蒙古农业大学

《动物营养学》实验教学

饲料分析及饲料质量检测技术
附消化代谢实验



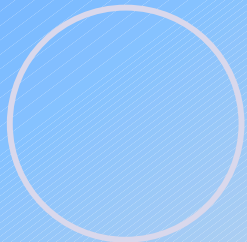
课程内容

- 绪 论
- 第一部分 饲料分析
- 第二部分 饲料质量检测技术
- 第三部分 畜禽的消化代谢试验



主要参考书

- 1、张丽英主编. 饲料分析及饲料质量检测技术（第二版）. 中国农业大学出版社. 2003
- 2、杨胜主编. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京农业大学出版社. 1993
- 3、夏玉宇，朱丹编著. 饲料质量分析检验. 化学工业出版社. 1994.
- 4、姜懋武编著. 饲料原料简易检测与掺假识别. 辽宁科学技术出版社. 1998.



绪 论



(一) 饲料分析及质量检测

1、目的

2、作用

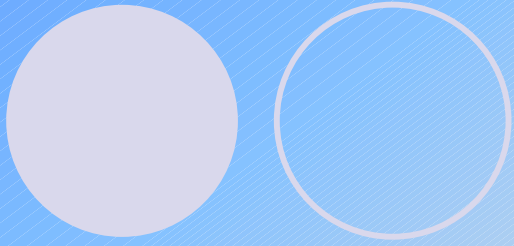
3、任务



(二) 饲料分析及质量检测技术发展史

1、简史：

- 18世纪，初步有了评价饲料营养价值的体系；
- 19世纪初，1864年，Henneberg、Stohmann 在德国的Weende试验站改进并建立了饲料概略成分分析体系，沿用至今；
- 20世纪后，饲料纯养分分析与仪器分析的发展。



2、发展趋势

❖方法：化学分析 仪器分析

❖内容：概略养分；纯养分；养分的生物学效价。



(三) 饲料分析及质量检测的内容

- 1、分析饲料的营养素含量（概略养分）
- 2、分析饲料加工质量
- 3、分析饲料中有毒、有害成分
- 4、饲料的物理性状的监控及分析
- 5、饲料中搀杂掺假成分



(四) 与其他学科的关系

- 1、分析化学、仪器分析是基础，提供基本理论、分析方法、操作技术；
- 2、为动物营养学和饲料科学服务；
- 3、与卫生学、药物分析、食品分析等相关。



(五) 课程要求

1、理论知识

要求学生已掌握了动物营养学，生物化学，分析化学等相关课程的基本理论和方法。

2、实验技能

要求学生要具有一定的实验操作技能。

第一部分

饲料分析



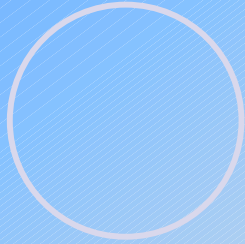
第一章 饲料样品 (Sample) 的采集与制备

一、采集样品的目的和要求

1. 目的:

获取大宗饲料的代表样品，达到对大量饲料给予评定的目的。

★ 采样：由一种饲料中采集一定数量、具有代表性的样品的过程称为采样。



- ✦ 原始样品：由生产现场如田间、牧地、仓库、青贮窖、试验场大量分析的样本。
- ✦ 分析样本：从原始样本中再制取分析样本。



为了使分析的样本正确代表饲料组成情况，应注意下列各点：

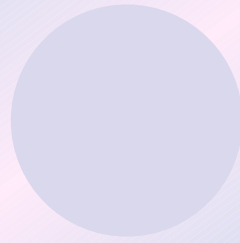
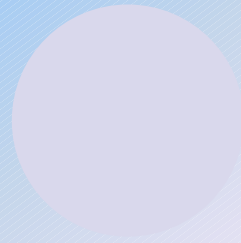
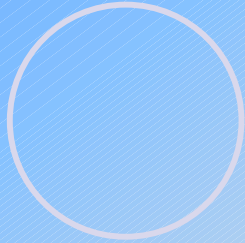
- ①原始样品应尽量由饲料大堆中不同方位和不同深度采取，每个平面上采集点不少于5个。
- ②原始样品采集后按四分法或几何法均匀取舍，得出分析试样。
- ③分析试样干燥后的重量不少于200g，细度应通过40-60目标准筛。
- ④分析试样应保存于阴凉干燥处。

二、采样及制样的方法与原则

(一) 由原始样品制成分析样品，可采用以下两种方法：

1. 四分法

将切碎样品置于桌面上或干净的水泥地面上均匀地铺成正方形或长方形薄层，而后划一条对角线除去相对的两部分，将剩余的两部分再混匀，堆成薄层，再分成四部分，除去相对的部分，如此重复数次，直到剩余的部分符合实验室进行化学分析所要求的数量为止，一般为200-300g干物质饲料。



2. **几何法**：把整个一堆物质看成一种具有规则形状的几何形，如立方体、圆柱体、圆锥体等。

(二) 采样原则

➤ 对于均匀状物品

可用“**四分法**”来缩减原始样本。

➤ 对于不均匀的物品

一般采用“**几何法**”进行采样。

三、采样与制备方法

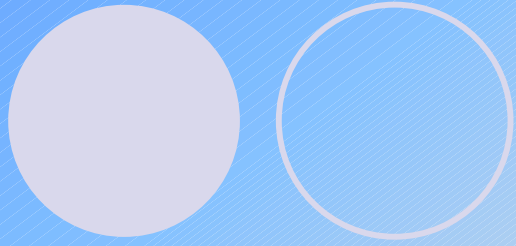
(一) 粉料和颗粒料

1、散装

2、袋装

3、仓装





(二) 液体原料

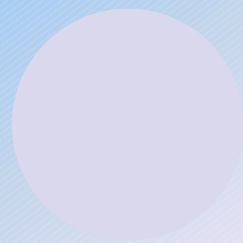
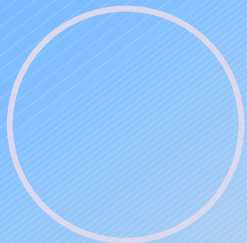
1、植物油脂

2、糖蜜

(三) 油饼类

(四) 副食及酿造加工副产品

包括酒糟、醋糟、糖渣和豆渣等。



(五) 块根、块茎和瓜类

(六) 新鲜青绿饲料及水生饲料

(七) 青贮饲料

(八) 粗饲料



The slide features a decorative header with five circles. The first two circles on the left are light blue, with the second being an outline. The next two circles on the right are light purple, with the second being an outline. The final circle on the far right is a solid dark purple. Below these circles, the title '四、采样计录' is written in a large, bold, purple font.

四、采样计录

记录应详细、清楚，具体包括：

- 1、样品名称及品种
- 2、采样地点、时间
- 3、采样时期
- 4、制样日期
- 5、制样人
- 6、采样时饲料的生长发育阶段
- 7、调制方法、贮存方法
- 8、采样时的外观性状（颜色、质地、香味）
- 9、样品混杂程度

第二章 样品的称量方法与恒重

一、差减法称量样品的步骤

1. 将被测样品放入小试管内，在分析天平上准确称量其重量；
2. 称后将试管内样品倒入指定容器内，再准确称量空试管重；
3. 前后两次称重之差即为样品重。



二、恒重的概念

恒重指的是在称量样品时，前后两次称重之差在一定范围以内的为恒重，不同试验检测要求不同。



第三章 实验测定结果的准确性分析

一、相对偏差

相对偏差 ($d\%$) :

$$d(\%) = \frac{x_2 - x_1}{\bar{x}} \times 100$$

其中： x_2 —第二次实验结果；
 x_1 —第一次实验结果；
 \bar{x} —两次实验结果的平均值。

二、各种饲料养分允许的相对实验偏差

表1 饲料质量检测允许分析误差建议值

所含物质	粗蛋白			粗脂肪		粗纤维		水分	粗灰分		钙			磷		水溶性氯化物		粉碎粒度
	10以下	10~25	25以上	10以下	10以上	10以下	10以上		5以下	5以上	1以下	1~5	5以上	5以下	0.5以上	5以下	5以上	
重复性 (双实验平行误差)	相对偏差 3%	相对偏差 2%	相对偏差 1%	相对偏差 5%	相对偏差 3%	绝对偏差 0.4	相对偏差 4%	绝对误差 0.2	相对偏差 5%	相对偏差 1%	相对偏差 10%	相对偏差 5%	相对偏差 3%	相对偏差 10%	相对偏差 3%	绝对误差 0.05	相对偏差 5%	相对偏差 1%

第四章 水分的测定

(Determination of Water)

★不同化合物或饲料中的水分含量测定要用不同的分析技术，其主要考虑的因素有：

- ①是否有挥发性物质存在；
- ②成分变化如何；
- ③是否需低温真空；
- ④某些化合物是否可引起化学变化，如糖类。

★水分测定可通过五种途径:

- 1、烘箱干燥:
- 2、真空干燥:
- 3、甲苯蒸馏:
- 4、冷冻干燥:
- 5、水分快速测定装置:



第一节 初水分的测定

(Determination of free-water)

(一) 试验目的:

掌握饲料初水分的测定方法，了解各类饲料中初水分及风干物质含量。

(二) 原理:

初水分就是将采集的饲料样品放在**60-65℃**的烘箱中，干燥到恒重（连续两次称重之差**不超过0.5克**为止）所失去的重量为**初水分**，而所剩的物质为**风干物质**。

(三) 操作步骤

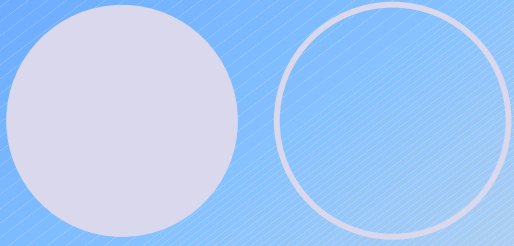
1、取样

2、干燥

3、冷却

4、恒重





(四) 结果计算

$$\text{初水分} = \frac{a}{b} \times 100 = \frac{(\text{烘前盘} + \text{样重}) - (\text{烘后盘} + \text{样重})}{\text{样重}} \times 100$$

风干物质% = 100 - 初水分%

a: 干燥时蒸发水分的重量。

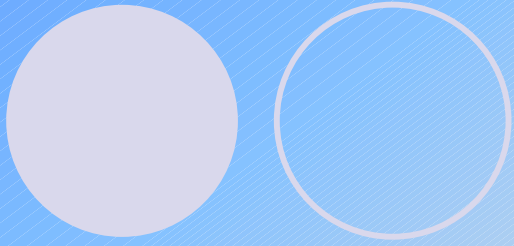
b: 饲料样品重。

The slide features five decorative circles at the top. From left to right: a solid light blue circle, a white circle with a light blue outline, a solid light blue circle, a white circle with a light blue outline, and a solid light blue circle.

第二节 吸附水的测定 (Determination of associated-water)

(一) 目的

- 1、掌握饲料中吸附水的测定法
- 2、了解饲料中干物质及总水分含量及计算方法。



(二) 原理

水在饲料中的存在形式有二种，即游离水
吸附水，游离水在**60-65℃**情况下散失，吸附水
即吸附于蛋白质，淀粉及胞膜上的水，与糖、
盐类结合的水，它在**100-105℃**情况下能全部散
失，因而风干样品在**100-105℃**下，在一个大气
压下烘干、直至恒重、逸失的重量为**吸附水**。

(三) 操作步骤

- 1、称量瓶恒重：
- 2、称样：
- 3、烘干：称后放入**100-105℃**恒温干燥箱内，将称量瓶盖打开，烘干约**5-6**小时，取出移入干燥器中，冷却**30**分钟(盖好盖)迅速称重。
- 4、恒重：两次称重共不超过**0.0005g**。



(四) 计算:

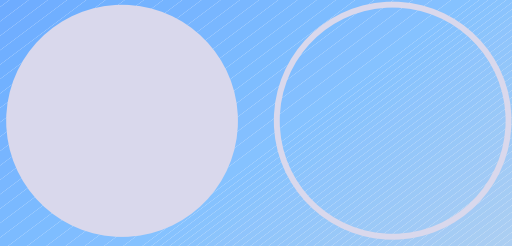
1、吸附水

$$\text{吸附水} = \frac{a}{b} \times 100$$

$$= \frac{\text{烘后 (瓶 + 样重)} - \text{瓶重}}{\text{(瓶 + 样) 重} - \text{瓶重}} \times 100$$

a: 烘干后蒸发水分重

b: 风干样品重



2、重复性:

每个试样取**2个平行样**测定，以其算术平均值为结果，两个平行样测定值。相差不超过**0.2%**，否则应重作。

3、饲料中总水分=初水分%+[吸附水%×(1-初水分%)]

（五）注意事项：

- 1、加热时样本中的挥发性物质可能与样本中水分一起损失，例如青贮料中挥发性脂肪酸。
- 2、某些含脂肪高的样品烘干时间长反而会增重，即脂肪氧化所致，应以增重前为准，这种情况在真空干燥箱中烘干为好。
- 3、某些饲料在**105℃**下会发生化合反应，如糖分高的易分解或易焦化，应使用减压干燥（**70℃**、**600mm**汞柱以下，烘干**5h**）。

第五章 饲料样品中粗蛋白质的测定 (Determination of crude protein)

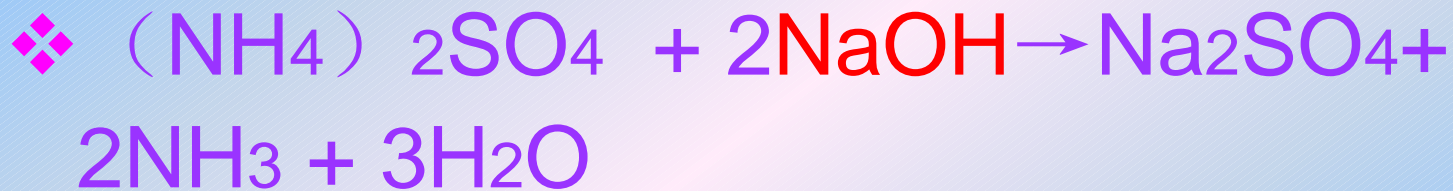
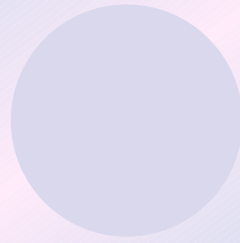
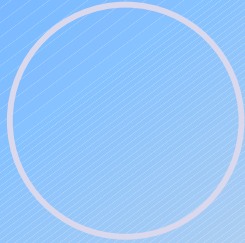
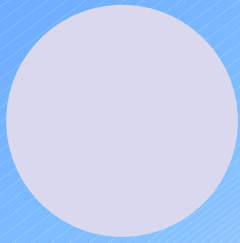
一、目的：

掌握饲料中粗蛋白质测定方法，并测定各种样本中粗蛋白含量。

二、原理：

饲料中含氮物质包括纯蛋白和氨化物（氨基酸、酰胺、硝酸盐及铵盐等），两者统称为粗蛋白质。

凯氏定氮法的基本原理是：






三、操作步骤

1、消化：

将消化管放在消化装置的电炉上加热，开始加热时，先用小火，以免瓶内产生大量泡沫，溢出瓶口，当泡沫停止产生，再加强火力，使之维持微沸状态，温度保护在 330°C 左右，不可剧烈沸腾，以免 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 分解而损失。



加热消化时应随时转动凯氏瓶、使硫酸能冲洗附着于瓶壁上的样品，并可缩短消化时间，直至瓶内溶液透亮清沏为止，即消化完毕，一般饲料需消化3-6小时。




2、稀释（定容）

将凯氏瓶中的汽泡用漏斗无损失地转移
200ml容量瓶中，用蒸馏水冲洗数次（每次冲洗用少量水）注入容量瓶内，直到洗净为止。

3、蒸馏


❖ 用滴定管准确放**10ml 1%**硼酸溶液于**100ml**的三角瓶中，并加入**甲基红混合指示剂2滴**，置于蒸馏装置冷凝管下，使管口浸入**硼酸溶液**中。

- 
- ❖ 用移液管吸取**10ml**消化液，于凯氏定氮仪上的小玻璃杯注入反应室内，再用**20ml**蒸馏水冲洗（少量水冲洗）。
 - ❖ 取**5-8ml NaOH**溶液注入小玻璃杯内，小心地轻轻提起棒状玻璃塞，使**NaOH**溶液流入反应室立刻将玻璃棒塞紧，并加少量水于玻璃杯内，使少量水流入反应室，以洗涤碱液，部分留于小玻璃杯内，以防漏气。

- ❖ 接通电源煮沸蒸汽发生瓶中的蒸馏水开始蒸馏，并夹紧外层套管出口的橡皮管。

- ❖ 当定氮器内溶液开始沸腾计时，蒸馏**5**分钟后，接收三角瓶离开冷凝管，最后用石蕊试纸检查是否蒸馏完全。





❖ 蒸馏至终点时，先撤去三角瓶，在小玻璃杯内加满水，将玻璃棒提起，使水流入反应室，并随手夹断气源，于是反应室的残液自动流入反应室外层中，如此反复冲洗**3-4**次后，将外层下端出口橡皮管打开，使反应室外层的废液排出，待废液排完后，夹紧橡皮管，**每个消化液重复蒸馏三次。**



4、滴定：

用**0.01N**标准**HCl**溶液滴定，待溶液刚出现灰色，即为终点。

四、结果计算

$$\text{粗蛋白的含量 (\%)} = \frac{V \times C \times 0.014 \times 6.25 \times V_1}{V_2 \times A} \times 100$$

V：滴定消耗的**H₂SO₄**用量

0.014：1ml1M HCl相当于**0.014g**氮

V₁：稀释消化液总体积

V₂：蒸馏用消化液总体积

C：标准**HCl**的浓度

6.25：蛋白质系数

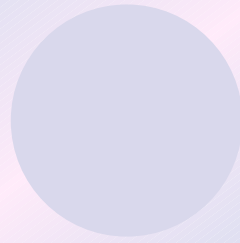
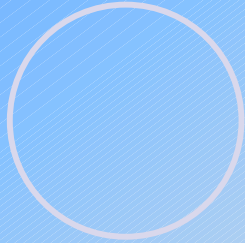
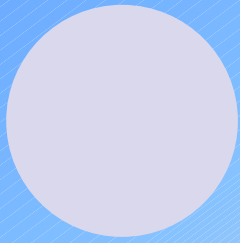
A：样品重

第六章 粗脂肪的测定

(Determination of crude fat)

一、原理：

利用脂肪不溶于水而溶于有机溶剂的特性，如乙醚、石油醚等，把饲料中的脂肪全部浸提来，然后将溶剂蒸发，称残留物的重量，即可定样品中脂肪的含量。因溶剂不仅能溶解真脂而且还有游离的脂肪酸，蜡质、磷质、固醇色素等，所以称为**粗脂肪**。



- ◆ 一般含糖较多的饲料，用乙醚溶剂可使部分糖浸提出来，所以应先用热水将饲料样本浸泡多次可除去可溶性糖分，烘干后再用乙醚浸提。
- ◆ 另外乙醚或饲料中有水分存在时，也能使部分糖分溶解而溶入脂肪瓶影响测定结果，所以要求烘干，乙醚为无水乙醚。

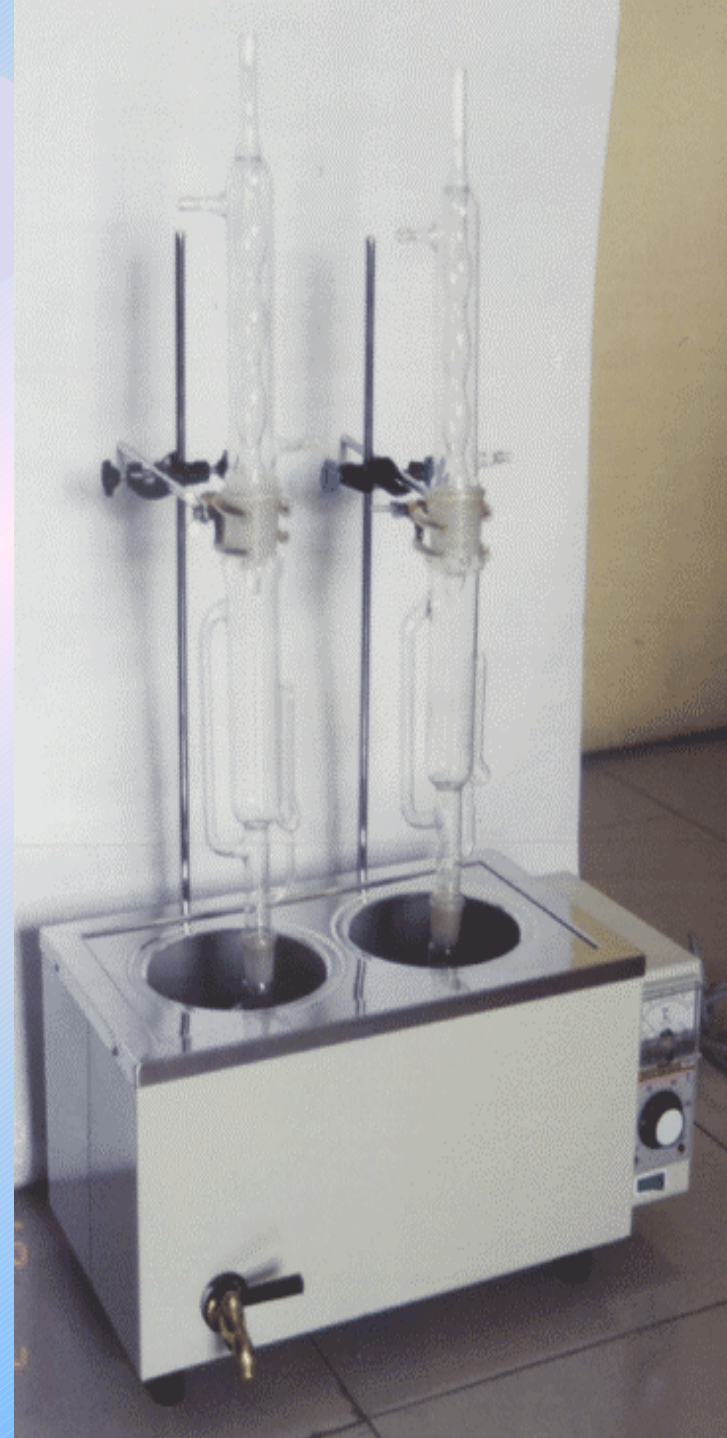
二、方法

1、油重法：

用乙醚浸提脂肪后，而后回收乙醚，直接称所提出的脂肪重。

2、残余法：

乙醚浸提脂肪后，回收乙醚，然后根据样本所减少的重量，计算饲料中粗脂肪重。



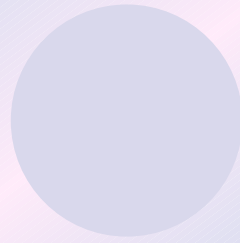
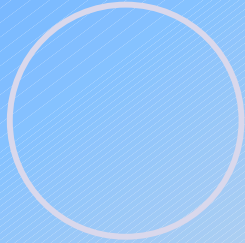
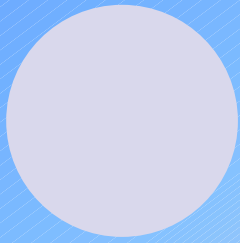
三、测定步骤

- 1、将脂肪承受瓶洗涤，烘干2小时（**100-105℃**），记录承受瓶号及重量。
- 2、用小试管称样**1-2g**（差减法称重），倒于**脱脂滤纸**包内，在纸包上用铅笔标号。

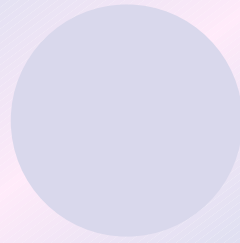
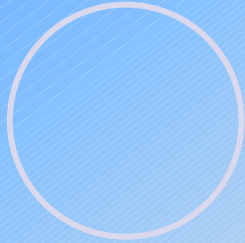




3、用镊子将样品包放入浸提腔内，加入乙醚，当乙醚加至虹吸管的高度的**2/3**时即停止，让乙醚浸泡样本**8-12**小时，而后再加入一部分乙醚，连接好浸提腔与冷凝管，开始加热，并进行回流。

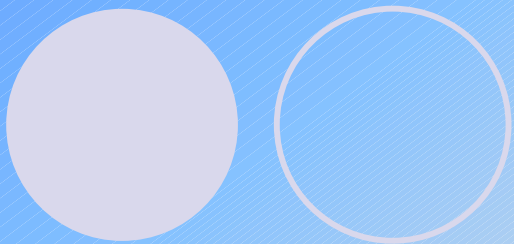


4、将水浴锅温度保持在**75-80℃**，乙醚受热后沸腾，蒸发的乙醚气体由蒸汽管进入浸提腔再到冷凝器内冷却滴入样品包，直到浸提腔内液面超过虹吸管高度时，自动流入承受瓶中，如此自动浸提**6-8**小时左右（直到浸提腔内乙醚变为澄清无色为止），取出样品包，回收乙醚。



5、承受瓶内乙醚蒸干后，取下承受瓶，用纱布擦干净，放在**100-105℃**的烘箱内烘干**1**小时，干燥器内冷却**30**分钟，称重，直至恒重。

根据承受瓶前后两次重量之差可计算脂肪重量。



四、结果计算

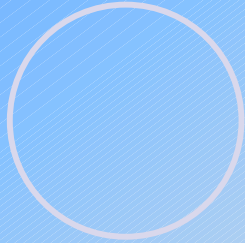
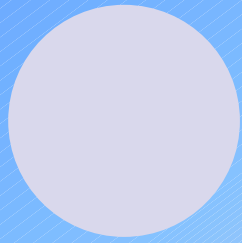


$$\text{粗脂肪 (\%)} = \frac{\text{粗脂肪重}}{\text{风干样品重}} \times 100$$

第七章 粗纤维（Crude fibre）的测定

一、原理：

饲料中粗纤维的测定是用一定浓度的酸（硫酸）碱（氢氧化钠）及有机溶剂（醇式乙醚）相继处理样品。酸处理可水解饲料中全部淀粉和大部分半纤维素，并可水解部分蛋白质、碱性矿物质及植物碱。碱处理饲料可水解饲料中大部分蛋白质和脂肪，并溶解酸不能溶解的部分半纤维素，酒精或乙醚处理可溶解饲料中的剩余脂肪、蜡及色素等。



饲料中粗纤维的测定值并非是一个精确方法，其中以纤维素为主，还有少量半纤维素和木质素。现有改用中性洗涤纤维（**ADF**）和酸性洗涤纤维（**NDF**）测定的趋势，但大部分地区的仍沿用粗纤维测定法。

二、操作步骤

- 1、酸处理：1.25%的 H_2SO_4 溶液
- 2、碱处理：5%的 NaOH 溶液。
- 3、装填古氏坩埚：将酸洗石棉均匀地铺于古氏坩埚底部。
- 4、烘干：将抽滤完的古氏坩埚移置于 $100-105^\circ\text{C}$ 的烘箱内烘干。
- 5、灰化：置于 $550-600^\circ\text{C}$ 马福炉内灼烧。





三、结果计算：

$$\text{粗纤维 (\%)} = \frac{\text{烘干后重量} - \text{灰化后重量}}{\text{样品重}} \times 100$$

注：烘干后重量，包括古氏坩埚+石棉+灰分+粗纤维

灰化后重量：包括古氏坩埚+石棉+灰分

第八章 粗灰分(Ash)的测定

一、原理

饲料中有机物的主要元素，如C、H、O、N等，在高温下（**550-600℃**）灼烧后被氧化而逸失，所剩下的灰白色物质用分析天平称重即为粗灰分。粗灰分包含饲料中所含的各种矿物质元素的氧化物和盐类及少量杂质，如粘土、砂石。

二、仪器：

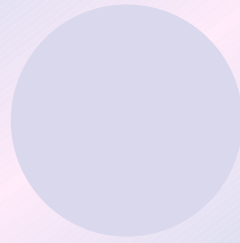
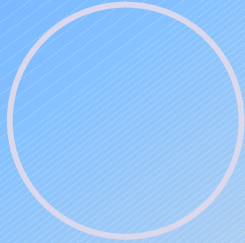
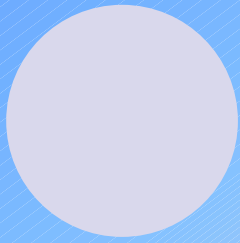
马福炉



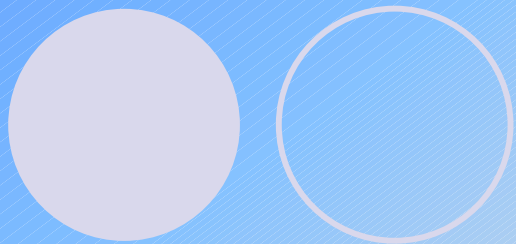
The top of the slide features a decorative horizontal line of six circles. From left to right, the first two are light blue, the next two are light purple, and the last one is dark purple. Below this line is the section header.

三、操作步骤

- 1、灼烧恒重带盖空坩埚：**550-600℃**下灼烧。
- 2、坩埚恒重后装入被测饲料**1-2g**（以坩埚空称一为宜），再用分析天平准确称重。
- 3、炭化：用小火慢慢进行。



- 4、灰化：在**550-600**°C下烧烤，直到样品全部呈白色为止。
- 5、灼烧完后，将坩埚移入干燥器中冷却**30**分钟，用分析天平称重。
- 6、恒重：两次重量之差不超过**0.0005g**



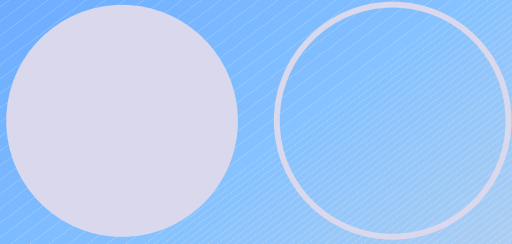
四、计算

$$\text{灰分 (\%)} = \frac{\text{坩埚 + 灰分重} - \text{空坩埚重}}{\text{饲料样品重}} \times 100$$

第九章 饲料中钙 (Calcium) 的测定

一、原理：

样品灰化后用HCl溶解使成CaCl₂溶液，然后在溶液中加入草酸铵，使得成为草酸钙沉淀，而与溶液中其他细胞分开，经过滤洗涤后，再把草酸钙溶于硫酸中，以标准的高锰酸钾滴定游离的草酸根离子，而后通过高锰酸钾标准溶液的滴定，来计算钙的含计。



主要反应式:





二、操作步骤

1、溶解灰分：

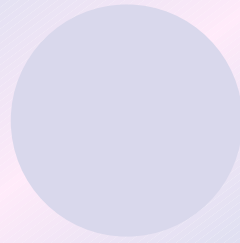
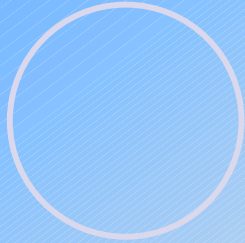
用10-13ml王水（ $3\text{HCl}+1\text{HNO}_3$ ）分2-3次溶解灰分。

2、沉淀草酸钙：

趁热加入4%的草酸铵溶液20-25ml，在加入草酸铵时应慢慢加入不停搅拌。

3、沉淀的洗涤：

用热蒸馏水冲洗数次。



4、沉淀的溶解及滴定：

用标准溶液的高锰酸钾滴定，当溶液出现粉红色，经15秒后不退色即为终点，根据高锰酸钾的用量即可计算出钙的含量。

三、结果计算

$$\text{钙}\% = \frac{V \times N \times 0.02 \times Y \times 100}{Y_1 \times a}$$

N: 高锰酸钾的浓度

V: 滴定用高锰酸钾的用量

0.02: 1ml 0.1N高锰酸钾相当于0.02g钙。

Y: 溶解灰分时所得溶液总量

Y1: 沉淀钙时所用溶液量

a: 样品重

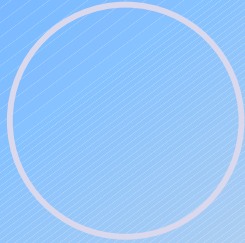
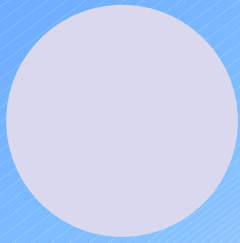
第十章 饲料中磷(Phosphorus)的测定

一、原理:

先将试样中的有机物破坏，使磷游离出来，酸性环境中，磷与钒钼酸铵试剂形成黄色的磷—钒—钼酸复合体 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4\text{NH}_4\text{VO}_3 \cdot 16\text{MnO}_3$ 在波长 420nm 下进行比色测定，此法测定结果为总磷量。

二、仪器





三、步骤:

用移液管取制备液**10ml**于**100ml**容量瓶内，
加入钒钼酸铵显色剂**10ml**（用滴定管）摇匀定容，
放置**10**分钟以上进行比色，测定，根据测出的吸
光度在标准曲线上查得试样中磷的浓度。



四、计算：

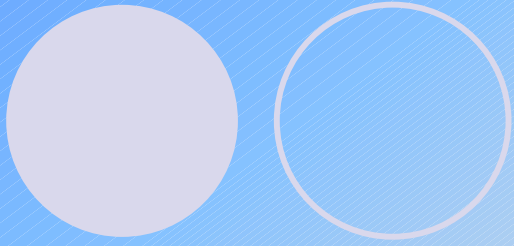
$$P(\%) = \frac{P\text{浓度} \times \text{总容量} \times 100 \text{定量} \times 100}{\text{取量}10\text{ml} \times \text{样品重} \times 1000}$$

- 注意：
- 1、每次测定（开机）都应重新做标准曲线。
 - 2、测定试样前应测空白，扣除显色剂的量。
 - 3、摇匀。

第十一章 饲料中无氮浸出物 (N-Free Extractives) 的计算

一、原理

- ❖ 常规饲料分析方案中，碳水化合物部分的测定，是以无氮浸出物和粗纤维两项来表示的；
- ❖ 饲料中无氮浸出物主要指的是淀粉，葡萄糖、果糖、蔗糖、糊精、五碳糖胶，有机酸和不属于纤维素的其它碳水化全物，如半纤维素及一部分木质素（不同来源的饲料，其无氮浸出物中所含木质素的量相差极大）。



二、计算：

$$\text{无氮浸出物NFE (\%)} = 100 - (\text{水分\%} + \text{粗蛋白\%} + \text{粗脂肪\%} + \text{粗灰分\%} + \text{粗纤维\%})$$

第二部分 饲料质量检测技术 (Feed Quality Determination)



第一章 饲料质量的感官鉴定

- 1、视觉
- 2、味觉
- 3、嗅觉
- 4、触觉



第二章 饲料显微镜检技术 (Feed Microscope Examine Technology)

一、原理

饲料显微镜检是以动植物形态学、组织细胞学为基础，将显微镜下所见物质的形态特征，理化特点，物理性状，与实际应用的饲料原料的特征进行对比分析的一种鉴别方法。



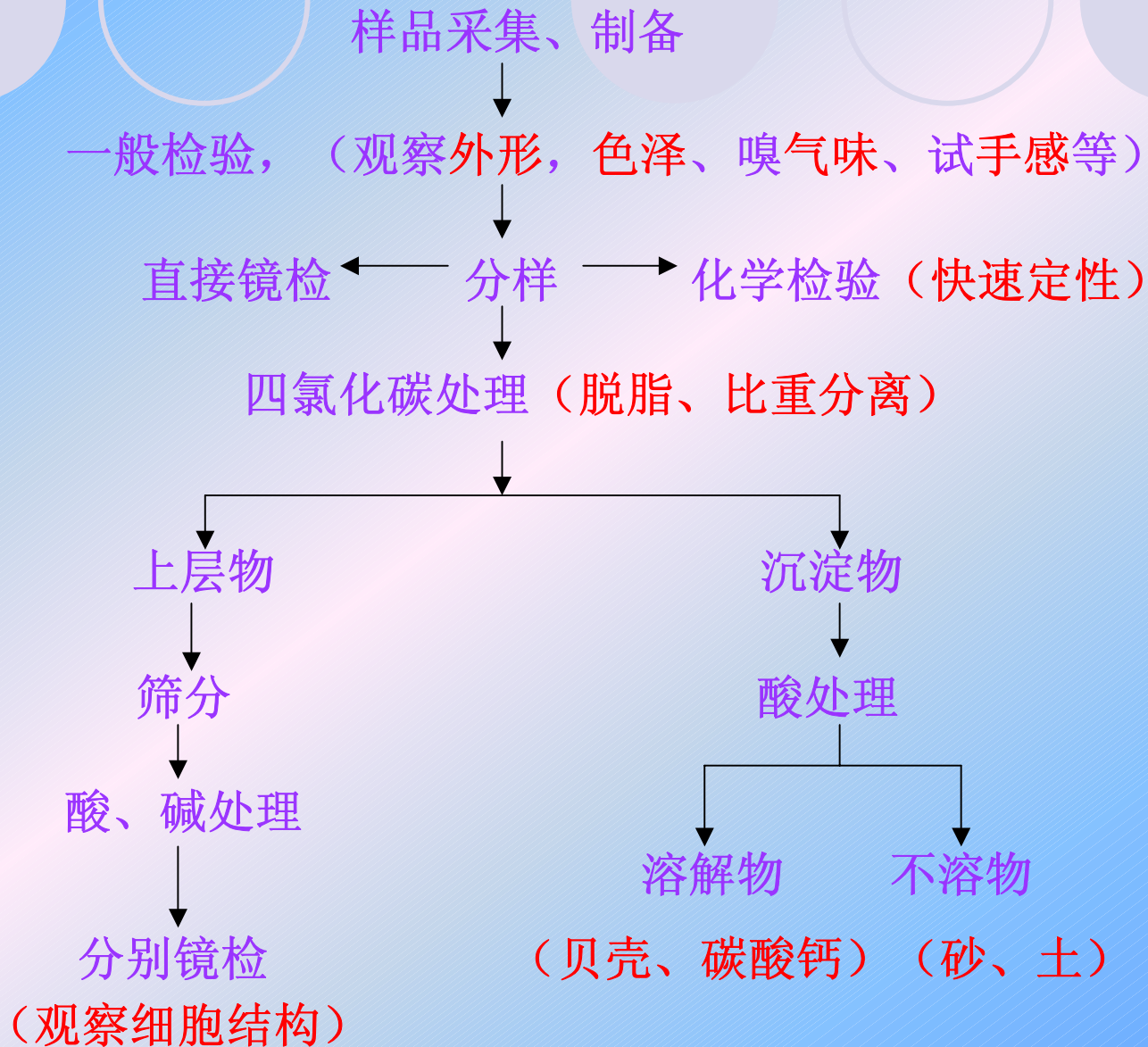
The top of the slide features a decorative row of six circles. From left to right: a solid light blue circle, an outlined light blue circle, a solid light blue circle, an outlined light blue circle, and a solid light blue circle. The text '二、意义' is positioned below the first two circles.

二、意义

用于鉴别伪劣饲料商品；控制饲料加工贮藏品质；补充化学常规分析不足。

* 饲料显微镜检的主要特点：
快速、简便，经济结果也较准确。
特别是对饲料原料成分的纯度
进行准确分析。


三、饲料显微镜检步骤





四、饲料显微镜检注意事项

- 选择合适的光源且尽可能固定所有光源；
- 镜检时：先看粗颗粒后看细颗粒，先用体视镜，后用生物镜；先低倍，后高倍，先看原色，后看染色，先描绘形态，色泽，再判断掺杂物。先看载体，后观察物料；

- 
- 载体一般分单一载体和混合载体，通常所用的单一载体有水、乙醚、**95%乙醇**、四氯化碳，通常所用混合载体有水、甘油及水合水氯醛的混合物（比例为**1:1**）；
 - 用体视显微镜要注意射板的选择，一般深色颗粒用浅色板，浅色颗粒用深色板，以增加对比度，便于观察。

五、体视显微特征

- 鱼粉：鱼肉、鱼骨、鱼鳞、鱼眼。
- 棉籽粕粉：棉絮丝、棉籽壳、棉仁。
- 菜籽粕粉：种皮和籽仁。
- 水解羽毛粉：羽干、羽支、羽小支、羽根。
- 血粉：红褐色至紫色，大多是球状并结团。



第三章 饲料容重 (Unit Weight) 的测定

一、原理

各种饲料原料有其一定的容重，饲料原料样品的容重与纯料的容重进行对比。如果饲料原料中含有杂质或掺杂物，容重就会改变（或大、或小）。根据测定容量结果，可供检验分析人员进一步观察。

注意细粉颗粒



二、操作步骤：

- (1) 用四分法取样，然后将样品非常轻而仔细地放入1000ml的量筒内，直到正好到达1000ml为止。用一刮铲或匙调整容积。注意放入样本时应轻放，不得打击。
- (2) 将样品从量筒中倒出来并称量。
- (3) 以g/L为单位计算样品的容重，每一样品应反复测量三次，取其平均值作为容重，并与纯容重比较。

三、纯品容重

饲料原料的比重（克/立方厘米）
（梁刑文，1999）

原 料	比 重	原 料	比 重
动植物性有机物	1.5 以下	棉籽粕	1.40~1.43
虫、虾壳、蟹壳	1.4~2.0	椰籽粕	1.38~1.46
贝壳	1.9~2.6	芝麻粕	1.41
大理石粉、碳酸钙	2.6~2.9	亚麻仁粕	1.39~1.40
土砂	1.8~2.5	木棉粕	1.40~1.45
兽骨	1.9~2.2	菜籽粕	1.34
硫酸铵	1.8	脱脂糖类	1.39
尿素	1.3	大豆粕	1.38
蒸制蹄粉	1.3	陶土	1.87

第四章 配合饲料粉碎粒度 (Smash Degree)测定法

一、原理

利用标准编织筛测定配合饲料的粉碎粒度，并根据标准对测试结果做出分析评判。

不同动物的配合饲料有不同的粉碎粒度标准：

- ◆ 生长育肥猪：全部通过8目分析筛，16目筛上物 $\leq 20\%$ ；
- ◆ 5周龄以上肉仔鸡：全部通过6目分析筛，12目筛上物 $\leq 20\%$ ；
- ◆ 产蛋鸡：全部通过4目分析筛，8目筛上物 $\leq 15\%$ 。

二、测定步骤

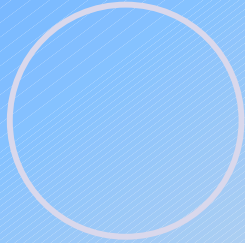
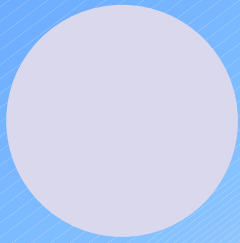
从原始样品中称样**100g**，放入规定的标准编织筛内开动电动机连续筛**10分**，筛完后将筛上物分别称重。



三、计算



$$\text{该筛层上留存百分率 (\%)} = \frac{\text{该筛上留存粉料的重量}}{\text{试样重量}} \times 100$$



- ◆结果保留1位小数,过筛的损失量不得超过1%, 求其平均数。
- ◆筛分时若发现有未经粉碎的谷粒与种子时, 应加以称重记载。



第五章 配合饲料混合均匀度 (Degree of mixture)的测定

本检测方法是通过对配合饲料式踪物或某一组分含量差异的测定反映饲料各组分分布的均匀性。

配合饲料混合均匀度的测定方法很多，有①甲基紫法，②沉淀法，③Cl⁻离子选择性电极法，④Ca测定法，⑤CP分析法，⑥粒度法，⑦原子吸收法等。

★本实验用甲基紫法。

一、原理：

本法以甲基紫色来作为示踪物，将其与添加剂一道加入，预先混合于饲料中，然后以比色法测定样品中甲基紫含量，作为反映饲料混合均匀的依据。

二、示踪物的制备与添加：

将测定用的甲基紫混匀充分研磨，使其**全部通过150目标准筛**。



三、样本采集与制备



每批饲料至少抽取**10个**有代表性的原始样品，
每个原始样品的数量应以畜禽的**平均日采食量**（鸡
50g~100g；育肥猪**500g**）为准，而且原始样品的
布点是必需考虑深度、袋数或料流的代表性，但是
每个原始样品必须由一点集中取样，取样前不允许
翻动或混合。



四、测定步骤

- ◆从原始样品中准确的取**10g**分析样品，放在**100ml**小烧杯中（干燥的），加入**30ml**乙醇，不时搅动，烧杯上盖一表玻璃，**30**分钟后，用滤纸过滤（装滤液的容器应是干燥的），以乙醇纸为空白，调节零点，用分光光度计，以**5mm**比色皿在**590nm**的波长下测定滤液的光密度。
- ◆以各次测定的光密度值为 **$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{10}$** ，计算其平均值 **$X$** ，标准差 **$S$** ，变异系数 **$CV$** ，



五、计算

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{10}}{10}$$

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_{10} - \bar{x})^2}{10 - 1}}$$

◆ 由平均值**X**、与标准差**S**计算变异系数**CV**:

$$CV(\%) = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

六、注意事项：

①由于出厂的各批甲基紫甲基化程度不同，色调可能有差别，因此，测定混合均匀度所用的甲基紫，必须是同一批次，并加以混匀后，才能保证同一批饲料中各样品测定值的可靠性。

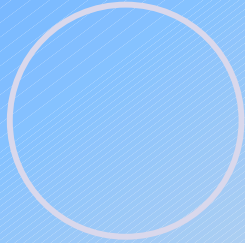
②配合饲料中若添加苜蓿粉，槐叶粉等含有叶绿素的组分则不能用甲基紫法。



第六章 大豆制品中脲酶活性 (Urease Activity) 的测定

生大豆中有多种能被热破坏的抗营养因子，特别是**胰蛋白酶抑制因子 (TI)**，它是一种天然的蛋白质，能在猪小肠中干扰蛋白酶的消化，由于大豆中的脲酶含量与胰蛋白酶抑制因子的多少成正相比，且能很快很经济地测定。所以，可以通过测定脲酶的活性，来测定大豆粕的加热程度。



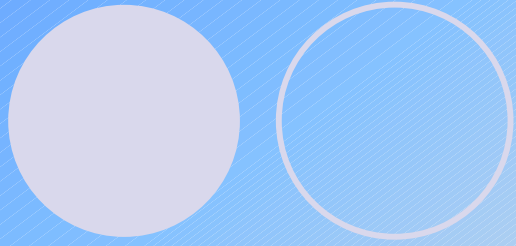


※大豆中所含的抗营养因子在加热时，高温、高湿和高压以及小的粒度，均可使这些抗营养物质很快破坏。



※但大豆及豆粕在加热过程中如过度，又会引起一些Aa被破坏，如：加热过度对赖氨酸、精氨酸和胱氨酸的破坏，也影响其它Aa。过热加工还会引起蛋氨酸，异氨酸和赖氨酸消化率的降低。





尿素酶活性测定方法：

①国际标准法；

②pH增值法；

③扩散法；

④酚红法。

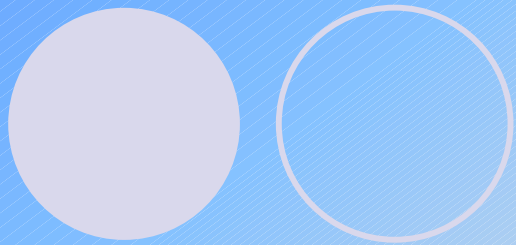


酚红法（尿素酶快速测定法）

一、原理：

酚红指示剂在pH6.4—8.2时由黄变红。大豆制品中的脲酶在室温下，可将尿素水解生成氨，释放的氨可使酚红指示剂变红。根据变红时间长短，来判断脲酶活性的大小。





二、测定步骤:

将试样研细，称取**0.02g**试样，转入试管中，加入**2.0g**结晶尿素及两滴酚红指示剂，加**20ml**蒸馏水，摇动**10**秒，观察溶液颜色，并记下呈粉红色时间。



三、尿素特性的测定结果表示：

- ◆1min内粉红色：活性很强。
- ◆1-5min内呈粉红色为：活性强
- ◆5-15min内呈粉红色为：有点活性
- ◆15-30min内呈粉红色为：没有活性
- ◆通常10min以上不显粉红色或红色的大豆制品其尿素酶活性即认为合格。



第七章 鱼粉中含砂量 (Sandy Quantity) 的测定

一、原理：

饲料样品在高温下（**550—600℃**）灼烧将有
有机物氧化，所得的残渣即为粗灰分，包括矿物质
无机盐、粘土、砂石等，所得粗灰分再用**酸溶解**，
过滤后剩余残渣即为所含砂分。



二、步骤:

1、空坩锅灼烧后称重:

在**550—600℃**马福炉，**30分钟**，冷却称重。

2、称取样品:

1g样品。

3、炭化灰化:

如仍有炭粒，在高温炉中继续加热**1小时**。

4、溶解灰分:

用**10ml**王水溶解，小心加热煮沸**30分钟**。



5、过滤：

用无灰滤纸趁热过滤，并用热蒸馏水洗涤直到洗液不至酸性为止。

6、烘干：

在**105℃**烘箱中烘干**1**小时。

7、灰化：

550—600℃高温炉中烧灼**30**分钟，冷却取出。

8、称重：

再在干燥器中冷却**30**分钟，精确称重，称准至**0.0001g**。



三、计算：

$$\text{砂分的百分含量}\% = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100$$

式中：**W0**—坩埚重量（g）

W1—坩埚加样品重量（g）

W2—坩埚加样品最后烧灼重量（g）。

※注：目前鱼粉含砂量标准：

一级 < 4%； 二级 < 4%； 三级 < 5%。

第八章 饲料中水溶性氯化物 (Water Soluble Chloride)的测定 ——水溶性氯化物的快速滴定法

一、原理:





二、测定步骤

- ❖ 称取**5g**样品；
- ❖ 准确加蒸馏水**200ml**，搅拌**15min**，放置**15min**；
- ❖ 准确移取上清液**20ml**，加蒸馏水**50ml**，**10%铬酸指示剂1ml**；
- ❖ 用硝酸银溶液滴定，呈现**砖红色**，且**1min**不褪色，为终点。

三、计算

$$Nacl(\%) = \frac{V_2 \times C \times 200 \times 58.45}{m \times 20 \times 1000} \times 100$$

式中： V_2 ——滴定时消耗 $AgNO_3$ 体积；

C ——标准 $AgNO_3$ 浓度；

58.45 ——每滴耗 $1ml AgNO_3$ 相当于 $NaCl$ 的质量。

M ——试样质量。

★：本法测定是根据 Cl 来计算 $NaCl$ 的，但由于配合饲料（如鱼粉、合成赖氨酸、盐酸硫胺素）中，都带入氯离子，所以此估值仅作参考。

第九章 鱼粉的化学检验(Chemical Examination of Fishmeal)

鱼粉的化学检验包括化学成分分析，如粗蛋白、真蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分，水分、盐分等，以及鱼粉中掺假物的鉴定。

一、鱼粉中植物杂质的定性检查：

1、原理：

植物物质中均含有本质素和淀粉，本质素与间苯三酚在强酸条件下反应，可产生红色的化合物；淀粉与碘化钾反应可产生蓝色化合物，利用这一特征可检出鱼粉中是否掺有植物物质。



2、检验情况：

- ❖ 取鱼粉试样**1—2g**于**50ml**烧杯中，加入**10ml**水加热**5min**，冷却，滴入**2滴**碘—碘化钾溶液，观察颜色变化，如果颜色立即变蓝或变黑蓝，则表明试样中有淀粉存在。
- ❖ 另取鱼粉试样**1g**置于表面皿中，用间苯三酚溶液浸湿，放置**5—10min**，滴加浓盐酸**2—3滴**，观察颜色，如果试样呈深红色，则表明试样中含有木质素。



二、鱼粉中掺入尿素及铵盐的检验（尿素甲酚红显色法）

1、原理：

尿素在尿素酶的作用下，分解为氨态氮，遇甲酚显红色反应，此反应形成红色的深浅与尿素含量成正比。尿素含量越高，生成红色越深。利用这一特征，比较标准尿素溶液与试样溶液产生的颜色深浅，可判断出尿素的大致含量。



2、检验方法：

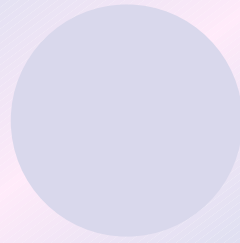
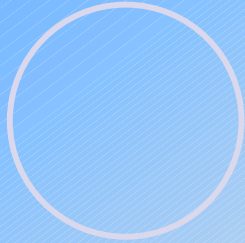
称取鱼粉试样**10g**，加**100ml**水，搅拌**5min**，用中速滤纸过滤，用移液管分别吸取滤液及尿素标准液（**0、1、2、3、4、5%**的尿素水溶液）**1ml**于白瓷滴试板上，再滴入甲酚红指示剂**3滴**与尿素酶溶液**3滴**，静置**5分钟**，观察反应液颜色。若试样中有尿素存在，则反应液产生与标准液同样的颜色，比较试样标准液颜色，判断尿素大致含量，此试验在**10—20min**内观察完毕。



三、鱼粉中掺入皮革粉的检验

1、原理：

用铬鞣的皮革中均含有铬，将鱼粉灰化，鞣革中的铬有一部分转为6价铬，在强酸条件下，6价铬可与二苯基卡巴腓反应，生成铬一二硫代卡巴腓的紫红色化合物，此反应可检出微量铬。



2、检验方法：

取鱼粉试样**1—3g**于瓷坩埚中，置于电炉上炭化至无烟。放入**500—600℃**高温炉中灰化**30min**，如有黑点再继续灰化**30min**，取出冷却，加入**2mol/l**硫酸溶液**10ml**搅拌，加二苯基卡巴腓溶液数滴，观察颜色变化，如颜色呈紫红色表明鱼粉中掺有鞣革粉。




四、血粉的定性检出：

取被检鱼粉**1g**，加蒸馏水**30—50ml**，搅拌放置后过滤，另取一试管，加联苯胺粉末少许（**0.2—0.5g**），再加冰醋酸**2ml**，振荡溶解之后加入**30%**过氧化氢**2ml**，将鱼粉滤液徐徐注入其中，如果出现绿色或兰色的点或环，说明有血粉存在。

第十章 真蛋白质(True Protein)的测定

一、原理：

蛋白质在一定碱性条件下，能与重金属盐类产生盐析作用析出沉淀，此沉淀物不溶于热水，而非蛋白氮则易溶于水，用热水洗涤沉淀，将水溶性含氮物洗去，剩下的沉淀物再用凯氏定氮法测定，得出真蛋白质的含量。

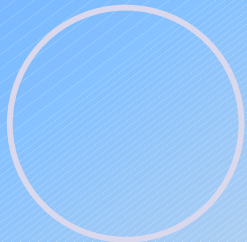
- 
- ❖ 进口鱼粉真蛋白质比率不得小于**80%**;
 - ❖ 国产鱼粉真蛋白质比率不得小于**75%**。
 - ❖ 当鱼粉真蛋白质比率小于上述值时，则判断该鱼粉中掺有水溶液非蛋白含氮物质（尿素、铵盐、液铵水）。
 - ❖ **掺假鱼粉**：凡是在鱼粉中掺入非鱼原料含氮物质，包括非蛋白含氮物，非鱼动物等、植物以及其它非鱼原料物质，而仍以鱼粉经销流通使用的产品，则为掺假鱼粉。



二、操作步骤:

(一) 预处理:

称取试样**1—2g**（精确到**0.1mg**）于**200ml**烧杯中，加蒸馏水**50ml**，加入**10%**的硫酸铜溶液**20ml**和**2.5%**的氢氧化钠溶液**20ml**，边加边搅拌，加完后继续搅拌**1min**，**放置1小时以上或静置过夜**，沉淀物以中速**定性滤纸**过滤，用**70℃**以上热水反复冲洗残渣，直至滤液无**SO₄²⁻**为止，用滤纸将残渣包好，放入烘箱，在**65—75℃**干燥。



(二) 消化：同**CP**测定。

(三) 蒸馏：同**CP**测定。

(四) 滴定：同**CP**测定。

三、结果计算：

同**CP**测定。

第十一章 鱼粉中氨态氮 (Ammonia-nitrogen) 的测定

一、原理:

在过量氢氧化钠存在的情况下，所有氨盐都能分解而放出游离氨，经过蒸馏将生成的游离氨气都吸收在硼酸中，生成四硼酸铵。然后以标准盐酸滴定。从标准酸的消耗量计算试样中氨态氮的含量。

A decorative header consisting of five circles in a row. From left to right: a solid light blue circle, a hollow light blue circle, a solid light blue circle, a hollow light blue circle, and a solid light blue circle.

二、步骤

精确称取鱼粉**1g**左右，置于干燥烧杯中，准确加蒸溜水**200ml**，搅拌溶解过滤，取滤液**10ml**加入凯氏定氮仪，加**30%NaOH 3ml**，用**20ml 1%硼酸**吸收，蒸馏**4分钟**，然后用**0.01mol/l**的标准酸滴定到终点，另作空白。

三、计算

$$\text{氨态氮}(\%) = \frac{(V - V_0) \times C \times 0.014}{W} \times \frac{V_1}{V_2} \times 100$$

- 式中：
- V**：样品消耗标准酸体积
 - V₀**：空白消耗标准酸体积
 - C**：标准酸浓度
 - V₁、V₂**：分别为稀释用量和蒸馏用量。
 - W**：样品量。
 - 0.014**：1ml1M HCl相当于0.014g氮。

第十二章 动物饲料中尿素N与氨态N的测定 ——尿素酶法

在检测鱼粉的含N量之前，应先检测其中的尿素N、氨态N与尿素的含量，以判别在鱼粉中掺杂掺假的情况，经发现，肉属下脚、羽毛粉、尿素、虾粉、棉粉壳、血粉和石粉均可被掺入鱼粉中。

A decorative header consisting of five circles. The first two are light blue, the third is dark blue, and the last two are light blue. The second and fourth circles are hollow, while the others are solid.

一、原理：

采用尿素酶法，用水提取氨氮溶液并在碱性环境下蒸馏出氨，然后用凯氏法测定N的含量。通常当提出氨N在鱼粉中的含量超过**0.3%**或羽毛粉中含量超过**0.6%**时，都应认为产品质量有问题。



二、测定步骤:

- ❖ 称取**2g**左右鱼粉，加入**200ml**容量瓶中，加**10ml 10%生黄豆液**，定容盖严，于**40℃**水浴**20**分钟或温下放置**1**小时；
- ❖ 移取**10mL**上清液蒸馏，加入**5ml40%NaOH**溶液；
- ❖ 用**2%硼酸溶液20ml**接蒸馏液，加甲基红—溴甲酚绿指示剂**2**滴，蒸馏**5**分钟，以标准**HCl**溶液滴定，记录所用**HCl**体积。



三、计算

$$\text{尿素氮与氨态氮 \%} = \frac{C \times V \times 0.014 \times V_{\text{总}}}{m \times V_{\text{蒸馏}}} \times 100$$

式中： **V**：消耗**HCl**的体积；

1.401:1ml 0.5mol/l 的HCl相当于1.401gN。

第三部分 畜禽的消化代谢实验



第一章 消化试验 (Digestion Experiment)

— 饲料养分或能量消化率 (Digestibility)

常用的消化试验方法有两类：

- ❖ 全部收粪法、
- ❖ 指示剂法。



第一节 全部收粪法

(一) 原理:

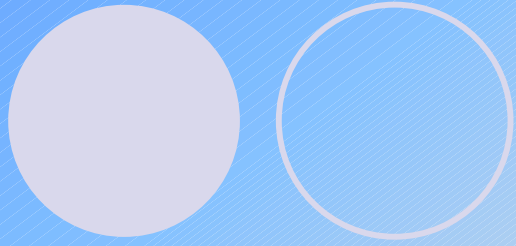
饲料的营养价值虽然可用化学分析方法测定，但其真正的营养价值只有在扣除了消化吸收和代谢的损失后才能得到，饲料进入畜体以后的第一个损失就是未被畜体吸收而从粪中排出的养分。



饲料养分的消化率是指被吸收的那部分养分占食入养分的比例，通常以百分数表示。

$$\text{某养分消化率 (\%)} = \frac{\text{食入某养分} - \text{粪中某养分}}{\text{食入某养分}} \times 100$$

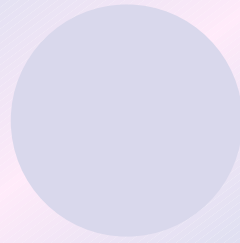
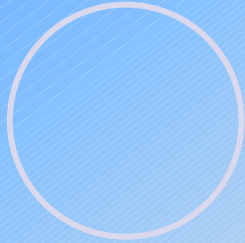
例如：一头牛食入**5.5kg**干草，其中含有 **5 kg**干物质，从粪中排出**2kg**干物质，则该干草干物质的消化率为：



$$\text{干草干物质消化率(\%)} = \frac{\text{食入干物质} - \text{粪中干物质}}{\text{食入干物质}} \times 100$$

$$= \frac{5 - 2}{2} \times 100$$

$$= 60\%$$



用以上方法测定的消化率称为表现消化率，它不是饲料养分的真消化率，这是因为：

- ①没有考虑消化道气体损失的能量（消化道微生物把碳水化合物分成**CO₂**、**CH₄**损失的能量），尤其是反刍家畜。
- ②未考虑到粪中所含有的一些内源物（如消化道脱落上皮细胞和残存消化酶、细菌等）。



用全收粪法测定饲料养分的消化率时，要喂给试畜一定的饲料，并测定其排粪量。通常选用几头试畜以检验误差和个体间差异，最好选择几头公畜以便于收集粪、尿，小家畜可用代谢笼、大家畜可用集粪袋（牛、羊），禽类因粪尿不分，可作代谢实验。



(二) 试验方法与步骤

1. 试验动物的选择:

- ❖ 猪、牛、羊或其它畜禽，可根据具体条件而定，一般要求选择品种相同、体重年龄相近、健康的家
- ❖ 头数 ≥ 3 ，最好**6**头以上，一般**4—5**头；
- ❖ 无特殊要求，公畜（去势家畜）有利于收集粪尿。



2、待测饲料和试验日粮的准备：

- ❖ 按照试验设计规定的日粮组成，配备所需饲料种类及数量，并一次准备齐全；
- ❖ 按每日需要数量称重，分装成包，备实验时应用，同时采样分析其干物质及其他化学成分；
- ❖ 配制的全价日粮的饲喂量以动物能全部摄入为原则（用牛或羊时，日粮应考虑精料和粗料两部分）。



3、饲养管理

试畜在预饲期与试验期的饲养管理，均由专人负责进行。每日饲喂、饮水、运动、清扫等工作有明确地规定。管理人员应认真负责，并对试验情况有详细的观察与记录。

4、试验步骤：

试验分两期进行，即预饲期和试验期，各种家畜消化试验的预饲期和试验期大致规定如下：




❖ 动物预饲期和试验期：

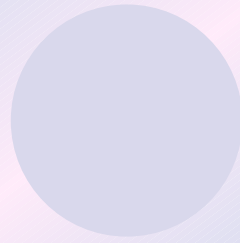
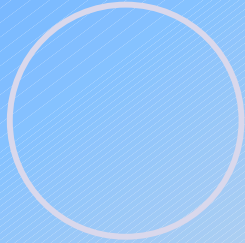
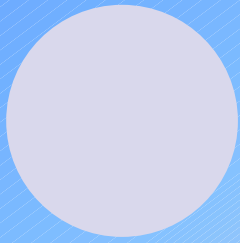
动物	预饲期	试验期
牛、羊	10-14天	10-14天
猪	5-10天	5-7天

❖ 预饲期目的：

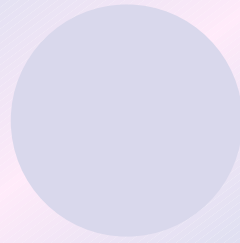
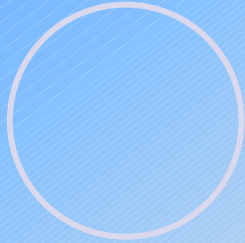
- A、各类试畜经过不同天数的预饲期后，它们消化道中原有的饲料残渣可全部排清；
- B、使试畜适应新的饲料及饲养管理环境。



C、在试畜采食正常后，应摸清其采食情况，使在试验期间，日粮采食量尽量相等，使试畜消化系统处于相对平衡状态。以尽量食尽而无剩料为原则，配给试畜一定的日粮，并立即定量给饲，进入试验期后，要定量给饲,直到试验结束。



- ❖ 如有剩余饲料，则每日需详细称出日粮的剩余量，立即测其干物质含量，如做反刍家畜的消化试验，需要分别测定剩料中混合精料、青饲、干草的干物质含量，以便计算试畜每日的净食入量。
- ❖ 在试验开始与结束后，动物应清晨空腹称重，作为试畜的起始体重与结束体重，以备参考。





- ❖ 消化试验的关键在于要准确地记录采食量和排粪量。在单胃动物，可在试验开始和结束时饲料中混入少量标记物质，在粪中出现标记物时开始接粪，当粪中不出现标记物时，即停止收粪。反刍动物一般把集粪期向后推迟24-48小时。



5、粪样收集

- ❖ 可在试验期的第一天早饲前开始，连续收集试畜粪便**5-7**天。收集粪便日数，应视每日试畜排粪量的稳定程度而作决定，如每日排粪量差异较大时，则需增加收集粪便的日数，以减少试验误差。

- 
- ❖ 每头试畜每天的排粪量应分别收集，并严防粪中混入尿液及杂物，粪便分别放在个别的集粪容器中，盖严，在4℃条件下保存备用。逐日称重并记录排粪量。
 - ❖ 每日粪便混匀后，分三部分取样：
 - ①105℃烘干，测定水分；

- 
- ②取一部分鲜粪样，供立即测定粪N，为避免粪氨N的损失，试畜粪便在每日称重后，可按**1/10-1/50**取样，然后按每**100g**鲜粪加**10% H_2SO_4 20ml**进行处理，以保存氨N。
- ③从鲜粪中取**1/10**粪样，在**65℃**烘干测定初水分后磨碎，全部通过**40**号筛，贮存于磨口广口瓶中，供测其它养分。亦可将连续**5-7**天收集的粪样，每日排粪干物质的比例制成混合样本，然后进行分析测定。



6、如测单一饲料消化率时，须进行两次消化试验。

采用交叉试验法，将试畜随机分为两组，一先测基础日粮消化率，然后再测第二个日粮

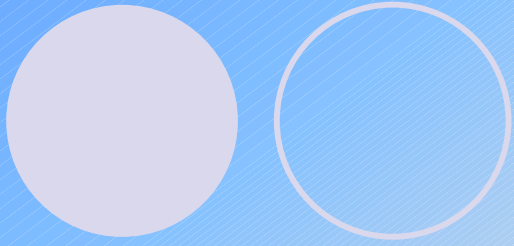
（基础日粮**80-50%**，供试饲料**20-50%**）的消化率。另一组试畜可先测第二个日粮的消化率。然后再测基础日粮的消化率。根据两次试验果，计算供试饲料的消化率。

第一次消化试验结束后，应有**5-7**天的过渡期，使试畜有一段适应日粮变换的时间。同时，测定其对新日粮的采食量，以便定量给饲，方案如下图：

试验	一组	二组
第一次消化试验	50-80%基础日粮	基础日粮
	20-50%供试饲料	
	5-7天过渡期	5-7天过渡期
第二次消化试验	基础日粮	50-80%基础日粮
		20-50%供试饲料

(7) 表格记录

天数	时间点	精料	粗料	剩料	采食量	排粪量
第一天	早8: 00					
	晚8: 00					
第二天	早8: 00					
	晚8: 00					
第三天	早8: 00					
	晚8: 00					
第四天	早8: 00					
	晚8: 00					
总 和						



三、计算

$$\text{某养分消化率 (\%)} = \frac{\text{食入某养分} - \text{粪中某养分}}{\text{食入某养分}} \times 100$$

第二节 指示剂法

一、原理：

用常规法测定饲料或日粮消化率时，必须准确计量试畜的采食量和排粪量，工作量大，要求条件高，手续较繁，因此，此法只适用于有条件的试验。另外在一些情况下也无法直接计量采食量和排粪量（例如对群饲的家畜不能测定个别动物的采食量），但如果用指示剂法测定日粮消化率，则可避免这些问题。



❖ 作为指示剂的条件：

- ① 必须与养分保持恒定的比例关系；
- ② 指示物应是完全不被消化的，在消化道中既不分离也不丢失。同时又是无毒的，才可靠。

❖ 最常用的 外源指示剂：**Cr₂O₃**（但结果不太准确，一般只回收**75-81%**）

❖ 内源指示物：饲料中的天然成分木质素或氧化硅。



应用指示剂法测定日粮中养分消化率的计算试如下：

$$\text{某养分消化率} = \frac{\frac{a}{c} - \frac{b}{d}}{\frac{a}{c}} \times 100 = 100 \times \left(1 - \frac{bc}{ad}\right)$$

- **a:** 饲料中某养分%； **b:** 粪中某养分%；
- **c:** 饲料中指示剂%； **d:** 粪中指示剂%；



为了与全收粪法作比较，本实验可以常规法测定消化率的实验同时进行，即在全粪法的基础上加喂**Cr₂O₃**；或应用酸不溶灰分法测定养分消化率。

The top of the slide features a decorative header with five circles. From left to right: a solid light blue circle, a white circle with a light blue outline, a solid light blue circle, a white circle with a light blue outline, and a solid light blue circle.

二、试验方法与步骤

1、试验动物：同全收粪法。

2、日粮配合：同全收粪法。

3、试验步骤：

①预饲期与试验期的要求与时间同全收粪法。



②加喂指示剂（外源 Cr_2O_3 ）方法

在混合日粮中加入 Cr_2O_3 0.5%，经充分混匀后饲喂。对于反刍家畜，可由预饲期开始，每头试畜在其日粮中加喂 Cr_2O_3 4g，分两次饲喂（每日第一次和第三次喂料时给予）。喂时先将 Cr_2O_3 2g加入少许精料内搅匀，待试畜吃尽后，再饲喂剩余精料和粗料。



③粪样的采取：

在试验期的第二天开始，每日定时随机抽取鲜粪样品约**100g**，每次取样后都要搅拌均匀。并加入**10ml 10% H_2SO_4** 以保存氨N。

风干粪样或全干粪样的制备见上节全部收粪法饲料。

④ **Cr_2O_3** 的分析测定采用原子吸收法。

三、计算：

$$\text{日粮中Cr}_2\text{O}_3\% = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3\text{摄入量} \times 100\%}{\text{日采食量}}$$

$$\text{粪中Cr}_2\text{O}_3\% = \frac{a \times V}{W} \times 100\%$$

a = 消化液中Cr₂O₃浓度

W = 消化用粪样重量 (g)

V = 粪便消化后稀释容量 (ml)

第二章 物质代谢试验 (Metabolic Experiment)

一、原理：

N平衡表示动物体内**N**的“收支”情况，用以说明家畜机体是贮存**Pr**，还是损失了**Pr**，当食入的**N**大于排出**N**时，即为正**N**平衡，当食入**N**等于排出**N**时，即为等平衡；当食入**N**小于排出**N**时，当负平衡。



二、试验方法与步骤

通常代谢试验是在消化试验的基础上进行的，因而两者可结合进行。

本次N平衡实验，可结合上一个消化实验进行。


- 1、试畜选择和准备
- 2、饲料及日粮的配合
- 3、预饲期与试验期
- 4、粪样的收集

以上各项完全同消化试验内容。

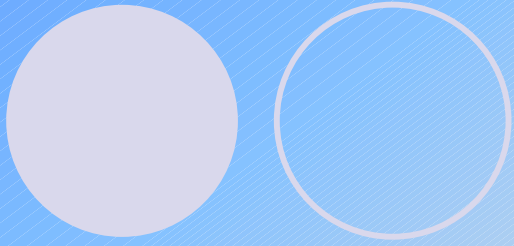


5、尿样的收集

- ❖ 每天**24**小时的尿样应定时收集（**24**小时尿样的收集时间，由上午第一次饲喂时起至翌日饲喂前止）。
- ❖ 根据不同试畜规定的试验天数，每天每头试畜的总尿量用量筒量其容量（**2000ml**带盖量筒量），并记录。

- 
- ❖ 将尿样混匀后取**1/10**量倾入另一棕色玻瓶（瓶外标记畜号），并在瓶内加**5ml**浓硫酸、**10ml**甲苯以防腐及保存氨N。
 - ❖ 在**4°C**条件下贮存。
 - ❖ 试验结束时，将全部尿样在棕色玻瓶中摇匀后，取一定量尿样，供测定总N量之用。

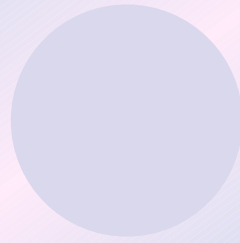
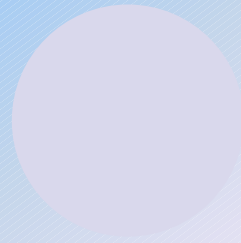
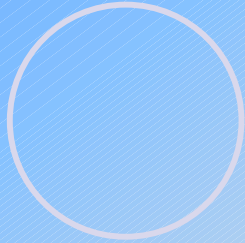
6、消化代谢实验每日采食量记录表；
同消化试验。



三、计算

每日表观消化氮量 (g) = 每日食入氮量(g) - 每日粪氮排出量 (g)

每日存留氮量 (g) = 每日表观消化氮量 (g) - 每日尿氮排出量 (g)



- 氮的表观消化率 (%) = 每日表观消化氮量 (g) / 每日食入氮量 (g) × 100
- 氮的存留率 (%) = 每日存留氮量 (g) / 每日食入氮量 (g) × 100
- 可消化氮的利用率 (%) = 每日存留氮量 (g) / 每日表观消化氮量 (g) × 100

第三章 鸡的代谢试验 (Metabolic Experiment)

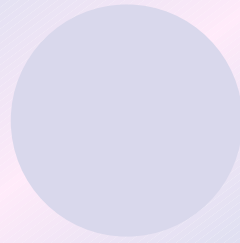
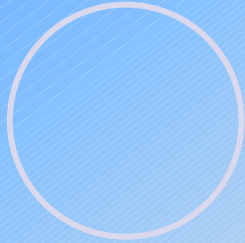
一、测试鸡只选择：

1、选用体重**1.8kg**以上，体重相近，采食正常，强饲后无异常反应，无怪癖的健康鸡。



2、排泄物收集瓶的缝合手术：

在代谢实验开始前一月，于泄殖腔的外围处缝合**60ml**塑料瓶盖，瓶盖面中央挖一圆孔及对称的四对小孔，以便粪尿排泄物通过及缝合固定瓶盖用。在收集排泄物期间，拧上收集排泄物的塑料瓶，其它时间取下塑料瓶让其自由排粪，不收集排泄物；以集粪盘收集排泄物时，不进行上述处理。



3、连续两次测定期间，应设置10-14天的恢复期。

4、供试鸡只数：

每测一种饲料需设置**4**个重复组，每个重复组至少需**4**只鸡。

二、试验饲料：

试验饲料一次备齐。




三、饲养管理

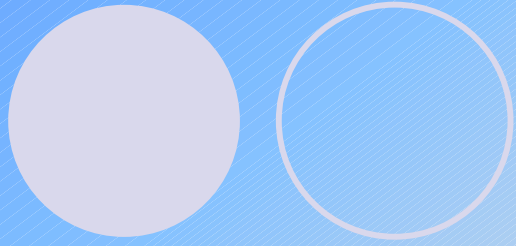
- 1、鸡舍：全封闭式半开放式鸡舍
- 2、舍温：**15-27℃**
- 3、光照：光照强度**20**勒克斯，自然光照或人工光照，每日光照时间为**16**小时。
- 4、非试验期，限制饲喂生长蛋鸡全价配合饲料。
- 5、自由饮水，禁食砂石。



四、测定程序：

- 1、禁食：准确记录开始禁食的时间，维持**48h**，自由饮水。
- 2、强饲：禁食结束后，通过强饲器，每只鸡准确强饲**50g**，风干被试饲料。
- 3、收集：强饲后安装集粪瓶，收集**48**小时排泄粪尿。

- 
- ❖ 取一部分用H₂SO₄（200g加1200ml）处理，用于固氮。
 - ❖ 另一部分保存在4℃冰箱或60-65℃烘箱烘干。
 - ❖ 将每个重复组鸡的平均风干排泄物混合均匀，装封存，用以测定各种成分。



五、计算：

$$\text{某养分利用率 (\%)} = \frac{\text{食入某养分含量} - \text{排泄物某养分含量}}{\text{食入某养分含量}}$$