



全国农业高职院校“十二五”规划教材

动物营养与饲料 实训教程

Dongwu Yingyang Yu
Siliao Shixun Jiaocheng

张卫宪 李勇 主编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

全国农业高职院校“十二五”规划教材

动物营养与饲料实训教程

DONGWU YINGYANG YU SILIAO SHIXUN JIAOCHENG

张卫宪 李勇 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动物营养与饲料实训教程/张卫宪, 李勇主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2015. 4

全国农业高职院校“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5184 - 0425 - 4

I. ①动… II. ①张… ②李… III. ①动物营养—营养学—高等职业教育—教材 ②动物—饲料—高等职业教育—教材 IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 037334 号

责任编辑: 苏 杨

策划编辑: 马 妍 苏 杨

责任终审: 劳国强

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 锋尚设计

责任校对: 吴大鹏

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 5.25

字 数: 105 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 0425 - 4 定价: 20.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

140833J2X101ZBW

全国农业高职院校“十二五”规划教材

畜牧兽医类系列教材编委会

(按姓氏拼音顺序排列)

主 任

蔡长霞 黑龙江生物科技职业学院

副主任

陈晓华 黑龙江职业学院

于金玲 辽宁医学院

张卫宪 周口职业技术学院

朱兴贵 云南农业职业技术学院

委 员

韩行敏 黑龙江职业学院

胡喜斌 黑龙江生物科技职业学院

李 嘉 周口职业技术学院

李金岭 黑龙江职业学院

刘 云 黑龙江农业职业技术学院

解志峰 黑龙江农业职业技术学院

杨玉平 黑龙江生物科技职业学院

赵 跃 云南农业职业技术学院

郑翠芝 黑龙江农业工程职业学院

顾 问

丁岚峰 黑龙江民族职业技术学院

林洪金 东北农业大学应用技术学院

本书编委会

主 编

张卫宪 周口职业技术学院

李 勇 周口职业技术学院

副主编

钟金凤 湖南环境生物职业技术学院

范伟杰 周口职业技术学院

朱平军 周口职业技术学院

参编人员

赵庆枫 周口职业技术学院

杜海霞 周口职业技术学院

张东黎 周口职业技术学院

冯金瑞 甘肃畜牧工程职业技术学院

刘瑞玲 甘肃畜牧工程职业技术学院

根据国务院《关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神,中国轻工业出版社与全国40余所院校及畜牧兽医行业内优秀企业共同组织编写了“全国农业高职院校‘十二五’规划教材”(以下简称“规划教材”)。本套教材依据高职高专“项目引导、任务驱动”的教学改革思路,对现行畜牧兽医高职教材进行改革,将学科体系下多年沿用的教材进行了重组、充实和改造,形成了适应岗位需要、突出职业能力,便于教、学、做一体化的畜牧兽医专业系列教材。

《动物营养与饲料实训教程》是规划教材之一。随着我国经济、科技和社会的不断进步和发展,对高职高专人才的培养提出了更高的要求。本教材的编写体现了“工学结合”的高职教育特色,突出了技能型、应用型人才培养模式,内容丰富,实用性强,适合于高职高专畜牧兽医、畜牧、饲料与动物营养等专业使用。

本教材主要包括动物饲料分析的基础知识、分析结果的表示与数据处理、动物饲料样品的采集与制备、动物饲料常规营养成分分析、动物饲料加工特性的检测、技能训练六章内容。技能训练的内容遵循由浅到深、由易到难的原则,考虑不同工作、岗位和生产的需要,既有分析化验的内容,也有生产加工和设计的内容,可以满足高职高专院校畜牧兽医类不同专业、不同方向、不同岗位的需求和工作要求。

本教材编写分工如下:张卫宪负责统稿,李勇组织编写。钟金凤和刘瑞玲编写第一章、第二章和第三章;李勇和赵庆枫编写第四章;张东黎、杜海霞和冯金瑞编写第五章;朱平军和范伟杰编写第六章。本教材是在查阅大量文献资料和参考高校各版本实验指导书的基础上编写而成。本书初稿承蒙张卫宪教授审阅,且得到各位同仁的大力支持与帮助,提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

由于编者的水平所限，书中难免存在疏漏和错误，恳请同行及专家批评指正。

编者

2014 年 11 月

情境一 动物饲料分析的基础知识

单元一 常用试剂及配制方法 1

- 一、常用化学试剂的分类 1
- 二、常用酸碱指示剂 2
- 三、常用溶液的配制 4
- 四、常用标准溶液的配制与标定 4

单元二 常用器皿及洗涤方法 7

- 一、常用器皿的分类 7
- 二、器皿的洗涤 8

单元三 常见实验要求 9

- 一、蒸馏水的要求 9
- 二、浓度表示方法 9
- 三、饲料添加剂的溶解性 9
- 四、恒重 9
- 五、温度 10
- 六、温箱或烘箱 10

情境二 分析结果的表示与数据处理

单元一 有效数字及使用 11

单元二 分析结果的误差 11

- 一、准确度和误差 11
- 二、精密度与偏差 12

情境三 动物饲料样品的采集与制备

单元一 饲料样品的采集 14

- 一、采集制备样品的基本原则 14
- 二、采集制备样品的基本方法 15

单元二 饲料样品的制备 18

- 一、样品制备的基本过程 18
- 二、样品记录的要求 19

情境四 动物饲料常规营养成分分析

单元一 水分的测定 20

- 一、适用范围 20
- 二、原理 20
- 三、仪器设备 20
- 四、试样的选取与制备 21
- 五、测定步骤 21
- 六、结果计算 22
- 七、注意事项 22

单元二 蛋白质的测定 22

- 一、适用范围 22
- 二、原理 22
- 三、试剂 23
- 四、仪器设备 23
- 五、试样的选取与制备 25
- 六、测定步骤 25

单元三 粗脂肪的测定 28

- 一、适用范围 28
- 二、原理 28
- 三、试剂 28

- 四、仪器设备 29
- 五、试样的选取与制备 29
- 六、测定步骤 30
- 七、结果计算 30
- 八、注意事项 30

单元四 粗纤维的测定 31

- 一、适用范围 31
- 二、原理 31
- 三、试剂 31
- 四、仪器设备 31
- 五、试样的选取与制备 32
- 六、测定步骤 32
- 七、结果计算 33
- 八、粗纤维测定仪操作流程 33

单元五 范氏洗涤纤维测定体系 33

- 一、中性洗涤纤维 (NDF) 测定 34
- 二、酸性洗涤纤维 (ADF) 测定 35

单元六 粗灰分的测定 36

- 一、适用范围 36
- 二、原理 36
- 三、仪器设备 36
- 四、试样的选取与制备 37
- 五、测定步骤 37
- 六、结果计算 37
- 七、注意事项 37

单元七 钙含量的测定 38

- 一、高锰酸钾法 38
- 二、乙二胺四乙酸二钠络合滴定法 40

单元八 总磷含量的测定 41

- 一、适用范围 41
- 二、原理 41

三、试剂 42

四、仪器设备 42

五、测定步骤 43

情境五 动物饲料加工特性的检测

单元一 配合饲料粉碎粒度的测定 44

一、适用范围 44

二、仪器设备 44

三、测定方法 44

四、测定步骤 44

五、结果计算 45

六、注意事项及说明 45

单元二 配合饲料混合均匀度的测定 45

一、甲基紫法 45

二、沉淀法 47

单元三 颗粒饲料产品质量的检验 48

一、适用范围 48

二、测定指标方法 48

单元四 饲料中水溶性氯化物的测定 49

一、硫氰酸盐反滴定法 49

二、水溶性氯化物的快速测定法 52

单元五 掺假鱼粉中尿素的检测 52

一、适用范围 52

二、仪器设备 52

三、试剂 53

四、测定步骤 53

五、结果计算 54

情境六 技能训练

实训一 畜禽营养缺乏症临床症状观察 55

- 一、目的要求 55
- 二、材料用具 55
- 三、方法步骤 55
- 四、作业 56

实训二 常用动物饲料的识别及感官鉴定 56

- 一、目的要求 56
- 二、材料用具 56
- 三、方法步骤 56
- 四、作业 57

实训三 应用动物饲料配方软件进行配方设计 57

- 一、目的要求 57
- 二、材料用具 57
- 三、方法步骤 57
- 四、作业 57

实训四 添加剂预混料配方的计算 57

- 一、目的要求 57
- 二、方法步骤 58
- 三、作业 58

实训五 制作青贮饲料 58

- 一、目的要求 58
- 二、青贮饲料的调制 58
- 三、品质鉴定 59

实训六 粗饲料加工 61

- 一、目的要求 61
- 二、青干草的制作 61
- 三、干草捆的制作 61

四、干草品质鉴定	62
五、物理加工方法	62
六、化学加工方法	63

参考文献 68 页



情境一

动物饲料分析的基础知识

单元一 | 常用试剂及配制方法

一、常用化学试剂的分类

饲料分析中，试剂的纯度对分析结果的准确度有很大的影响。在精确的分析工作中，如试剂纯度不高，将会得到错误的分析结果。但在准确度要求不高的分析中，一般纯度的试剂即可满足要求，如使用贵重的高纯度试剂就会造成浪费。因此，我们必须了解试剂的分类标准，并在分析工作中合理地选择使用。

根据 GB/T 15346—2012《化学试剂 包装与标志》，按所含杂质多少，将化学试剂分为四级：

优级纯：一级试剂，又称保证试剂，绿色标签，相当于进口试剂 G. R.，杂质含量最少，常用作基准物质，适于精密的分析工作和科研工作。

分析纯：二级试剂，又称分析试剂，红色标签，相当于进口试剂 A. R.，杂质含量稍高于一级，适用于常量分析和要求较高的分析项目，在饲料分析与检测中应用最广泛。

化学纯：三级试剂，蓝色标签，相当于进口试剂 C. R.，杂质较多，适用于要求较低的分析工作，如实验教学和厂矿等控制分析，以及无机和有机制备用。

实验级：简称 LR 级，纯度较低，杂质更多，适用于一般制备和实验，在

饲料分析中很少应用。

除上述四个等级外，还有一些特殊规格的试剂：光谱纯 S. P (spectrum)、层析纯 CH. P (chromatography)、指示剂 Ind (indicator)、生物染色剂 B. S、生物试剂 B. R、基准试剂等。“基准试剂”的纯度相当于或高于保证试剂，主要用作容量分析中的基准物质，也可用来直接配制标准溶液而不需要标定。

在饲料分析中，容量分析是很重要的。容量分析是根据一种已知浓度的试剂溶液（标准溶液），和被测物质完全作用时所消耗的体积来计算被测物质含量的方法。这种方法是通过“滴定”来实现的，在滴定过程中，等当点的确定通常是借助于酸碱指示剂来进行的。

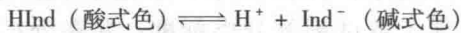
容量分析除使用上述酸碱指示剂外，还涉及溶液的浓度、各种溶液的配制与标定等。

容量分析通常用于测定高含量或中含量成分，即被测成分的含量在 1% 以上，有时也可用于测定微量成分。容量分析比较准确，一般测定的相对误差在 0.2% 左右，容量分析可用来测定许多物质，因此在饲料分析、工农业生产和科学实验中，均被广泛采用。

二、常用酸碱指示剂

在饲料分析中，被测溶液 pH 的检验及酸碱滴定法中等当点的确定，通常是借助于酸碱指示剂来进行的。

酸碱指示剂的概念：酸碱指示剂一般都是弱的有机酸或弱的有机碱，或既呈弱酸性又呈弱碱性的两性物质，当溶液 pH 改变时，由于结构上的变化而引起颜色改变。例如，酚酞就是一个弱的有机酸，其离解服从质量作用定律，设指示剂为 HInd，则按下式离解：



$$\text{则 } \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{Ind}^-]}{[\text{HInd}]} = K_{\text{In}} \text{ (离解常数)}$$

$$\text{于是 } [\text{H}^+] = K_{\text{In}} \times \frac{[\text{HInd}]}{[\text{Ind}]} = K_{\text{In}} \times \frac{\text{(酸式色)}}{\text{(碱式色)}}$$

从上式可以看出，酸式色与碱式色浓度的比率，取决于指示剂的离解常数与氢离子浓度。

当加入酸时，降低了 HInd 的离解度而增加了未离解分子的浓度；而当加入碱时，离解平衡则向增加 Ind⁻ 离子浓度方向移动，指示剂转变为离子时改变了它的结构，从而颜色也随着改变。当溶液中未离解的分子与离解的分子数目相等时，溶液具有混合的颜色，即为指示剂颜色的转折点。在这种情况下，pH 的任一改变都将使一种颜色转变为另一种颜色。市售指示剂种类繁多，现将最常用的指示剂列于表 1-1。

在某些酸碱滴定过程中，为了使指示剂的变色范围更窄和颜色转变更为清

晰，而使用一般的指示剂不能判断其终点时，常可使用混合指示剂。如指示剂中性红与染料次甲基蓝混合后，当 pH 为 7.0 时为蓝紫色，变色范围只有 ± 0.2 左右，比单独的中性红（pH 6.8 ~ 8.0）要窄得多。常用的混合指示剂见表 1-2。

表 1-1 常用的酸碱指示剂

名称	本身性质	颜色		室温下的变色范围 (pH)	溶液配制方法
		在酸液中	在碱液中		
麝香草酚蓝（即百里酚蓝，第一次变色）	酸	红	黄	1.2 ~ 2.8	0.1g 指示剂溶于 100mL 20% 乙醇中
甲基橙	碱	红	橙黄	3.1 ~ 4.4	0.1g 指示剂溶于 100mL 蒸馏水中
溴甲酚绿（即溴甲酚蓝）	酸	黄	蓝	3.8 ~ 5.4	0.1g 指示剂溶于 100mL 20% 乙醇中
甲基红	碱	红	黄	4.4 ~ 6.2	0.2g 指示剂溶于 100mL 60% 乙醇中
溴麝香草酚蓝（即溴百里酚蓝）	酸	黄	蓝	6.0 ~ 7.6	0.1g 指示剂溶于 100mL 20% 乙醇中
中性红	碱	红	黄	6.8 ~ 8.0	0.1g 指示剂溶于 100mL 60% 乙醇中
甲基红	酸	橙黄	紫红	7.2 ~ 8.0	0.1g 指示剂溶于 100mL 50% 乙醇中
酚酞	酸	无色	紫红	8.2 ~ 10.0	0.1g 指示剂溶于 100mL 60% ~ 90% 乙醇中

表 1-2 常用混合指示剂

成分	pH 与颜色变化
0.5% 溴甲酚绿 1 份（乙醇） 0.1% 甲基红 1 份（乙醇）	pH 5.1 时颜色敏锐变化。在酸性条件下呈红色，在碱性环境下呈绿色（3 个月内使用）
0.1% 甲基红 1 份 0.1% 麝香草酚蓝 3 份	pH 8.2 时为玫瑰红色，pH 8.4 时为紫色。在酸性条件下呈黄色，在碱性环境下呈紫色
0.1% 麝香草酚蓝 1 份 0.1% 酚酞 3 份	pH 9.0 时为黄色，pH 9.9 时为紫色，介于 9.0 ~ 9.9 时为绿色
0.1% 中性红 1 份 0.1% 次甲基蓝 1 份	从绿色经过灰色（pH 7.0）变至紫色

三、常用溶液的配制

常用酸、碱及盐溶液的配制见表 1-3。

表 1-3 常用酸碱盐溶液的配制

溶液名称	浓度（近似值）/（mol/L）	配制用量与方法
酸类溶液的配制		
盐酸（HCl）	12	相对密度 1.19，浓度 36% 的 HCl 即为 12mol/L
	4	取 12mol/L HCl 334mL 加水稀释至 1000mL
	2	取 12mol/L HCl 167mL 加水稀释至 1000mL
	1	取 12mol/L HCl 84mL 加水稀释至 1000mL
硫酸（H ₂ SO ₄ ）	18	相对密度 1.84 的 H ₂ SO ₄ 即为 18mol/L
	3	将 167mL 18mol/L H ₂ SO ₄ 注入 883mL 水中
	0.5	将 28mL 18mol/L H ₂ SO ₄ 注入 972mL 水中
碱类溶液的配制		
氢氧化钠（NaOH）	3	将 120g NaOH 溶于水，然后稀释至 1000mL
	1	将 40g NaOH 溶于水，然后稀释至 1000mL
氢氧化钾（KOH）	3	将 170g KOH 溶于水，然后稀释至 1000mL
	1	将 56g KOH 溶于水，然后稀释至 1000mL
盐类溶液的配制		
铬酸钾（K ₂ CrO ₄ ）	0.25	48.5g K ₂ CrO ₄ 溶于适量水中，然后稀释至 1000mL
碘化钾（KI）	0.5	83g KI 溶于适量水中，然后稀释至 1000mL
硫代硫酸钠	0.5	125g Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O 溶于水，然后稀释至 1000mL
（Na ₂ S ₂ O ₃ ）	0.25	62.5g Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O 溶于水，然后稀释至 1000mL

四、常用标准溶液的配制与标定

直接配制法：准确称取一定量的基准物质，用水溶解后再稀释至一定体积。

间接配制法（标定法）：即该物质不符合基准物质的条件时，不能直接配准只能配成近似所需的浓度的溶液，然后标定其准确浓度。

1. 标准溶液的配制与标定注意事项

（1）标定标准溶液浓度的基准物质必须符合下列条件：

- ①纯度高，杂质的含量应少到可以忽略；
- ②组成恒定，应与化学式完全符合。若有结晶水，其含量也应固定不变；