



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

饲料科学实验指导

动物科学专业用

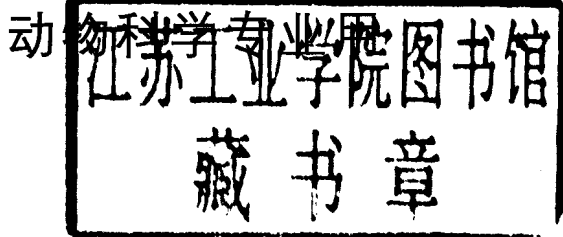
王成章 王 恬 主编

中 国 农 业 出 版 社

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

饲料学实验指导

王成章 王 恬 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饲料学实验指导/王成章, 王恬主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 12

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-109-10622-5

I. 饲... II. ①王...②王... III. 饲料—实验—高等学校—教学参考资料 IV. S816-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 136647 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 叶 岚

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 12.5

字数: 217 千字

定价: 17.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 王成章 (河南农业大学)

王 恬 (南京农业大学)

副主编 杨 琳 (华南农业大学)

张克英 (四川农业大学)

参 编 (按姓氏笔画为序)

王之胜 (四川农业大学)

王志祥 (河南农业大学)

田 河 (沈阳农业大学)

田科雄 (湖南农业大学)

史莹华 (河南农业大学)

李振田 (河南农业大学)

张延利 (山西农业大学)

张崇玉 (山东农业大学)

范志勇 (湖南农业大学)

周 明 (安徽农业大学)

周 韶 (青海大学)

周岩民 (南京农业大学)

袁 纓 (沈阳农业大学)

黄 惠 (西南大学)

审 稿 卢德勋 (内蒙古畜牧科学院)

丁晓明 (南京农业大学)

夏百根 (河南农业大学)

前 言

《饲料学实验指导》是为配合面向 21 世纪课程教材《饲料学》的实验课教学而编写的。该教材主要为动物科学、动物医学等专业的本科教学使用，也可作为广大畜牧兽医科技人员和饲料企业质检人员的参考书。

本教材紧扣《饲料学》教材，设计了 23 个实验，比较全面地涵盖了《饲料学》实践环节的主要内容。为了提高实验内容的科学性、先进性和实用性，在本教材的编写过程中，参阅了大量国内外近期出版的相关教材和文献资料，尽可能使用国际公认的或我国国家标准与行业标准规定的方法，以便与我国现行标准相一致，并适应与国际接轨的需要。同时，考虑到全国各高校实验条件存在差异，因此在某些实验中介绍了多种方法，以便各地在实验教学时取舍。

本教材编写组由河南农业大学、南京农业大学、华南农业大学、四川农业大学、山东农业大学、山西农业大学、安徽农业大学、湖南农业大学、沈阳农业大学、西南大学和青海大学共 11 所大学的富有经验的教师组成。编写人员认真负责，主编和副主编进行了多次统稿，有关编者按要求进行了多次修改，确保教材质量。

本教材承蒙内蒙古畜牧科学院卢德勋研究员、南京农业大学丁晓明教授和河南农业大学理学院夏百根教授（化学）的认真审阅，并提出了许多宝贵意见，对此深表感谢！

限于编者水平，错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

前言

实验一 饲料的采样与制备	1
一、饲料采样与制备的原理	1
二、采样和制样的目的和要求	1
三、采样工具	2
四、采样的步骤和基本方法	4
五、样品的制备	10
实验二 饲料容重和比重的测定	14
一、饲料容重的测定	14
二、饲料比重的测定与浮选技术	15
实验三 饲料的显微镜检测	17
实验四 掺假鱼粉的化学(定性)检测	27
一、鱼粉中掺入植物的检测	27
二、鱼粉中掺入血粉的检测	27
三、鱼粉中掺入皮革粉的检测	28
四、鱼粉中掺入羽毛粉的检测	29
五、鱼粉中掺入非蛋白氮化合物的检测	31
六、鱼粉中掺入氯化物的检测	34
七、鱼粉中掺入碳酸盐类物质的检测	36
实验五 大豆饼粕生熟度的快速检测	38
一、试纸法	38
二、酚红法	38
三、尿素-苯酚磺试剂法	39
四、蛋白质溶解度的测定	40
附录: 饲料中粗蛋白质含量的($N\% \times 6.25$)测定——凯氏定氮法	41
实验六 氨基酸饲料的鉴别与测定	45
一、饲料级 L-赖氨酸盐酸盐	45

二、饲料级 DL-蛋氨酸	49
三、DL-色氨酸	53
四、L-苏氨酸	57
五、饲料中氨基酸的高效液相色谱法 (HPLC) 测定	58
实验七 脂溶性维生素饲料的鉴别	69
一、维生素 A (维生素 A 乙酸酯微粒)	69
二、维生素 D ₃	70
三、维生素 E	70
四、维生素 K ₃ (亚硫酸氢钠甲萘醌)	71
实验八 水溶性维生素饲料的鉴别	74
一、维生素 B ₁	74
二、维生素 B ₂ (核黄素)	76
三、维生素 B ₆	76
四、维生素 B ₃ (泛酸)	77
五、烟酸	78
六、叶酸	79
七、生物素	80
八、氯化胆碱	81
九、维生素 B ₁₂	82
十、维生素 C (抗坏血酸)	83
实验九 矿物质饲料原料的检测	85
一、硫酸铜含量的测定	85
二、硫酸镁含量的测定	86
三、硫酸锌含量的测定	87
四、硫酸亚铁含量的测定	89
五、硫酸锰含量的测定	90
六、亚硒酸钠含量的测定	92
七、氯化钴含量的测定	93
八、碘化钾含量的测定	94
九、碘酸钙含量的测定	95
十、磷酸氢钙含量的测定	97
十一、沸石的分析检测	100
十二、膨润土的分析检测	102
实验十 青贮饲料的品质鉴定	105

一、感官鉴定	105
二、有机酸分析	106
实验十一 青干草的品质鉴定	109
实验十二 氨化秸秆饲料的品质鉴定	112
实验十三 饲用油脂的质量鉴定	114
一、油脂实验样品制备	114
二、油脂气味、滋味的检验	115
三、油脂色泽和透明度的检验	116
四、油脂的相对密度测定	118
五、油脂的折射率测定	119
六、动植物油脂中水分及挥发物的测定	120
七、动植物油脂中不溶性杂质含量的测定	122
八、油脂酸价和酸度的测定	124
九、油脂熔点的测定	126
十、动植物油脂皂化值的测定	127
十一、植物油脂不皂化物的测定（乙醚法）	129
十二、油脂过氧化值的测定	131
十三、植物油碘价的测定	133
实验十四 饲料氨基酸消化率的测定	136
一、猪饲料氨基酸消化率的测定	136
二、禽饲料氨基酸消化率的测定	142
实验十五 饲料中氰化物含量的测定——硝酸银滴定法	148
实验十六 黄曲霉毒素 B ₁ 的测定	151
一、酶联免疫吸附法（ELISA）	151
二、薄层色谱法（TLC）	154
三、高效液相色谱法（HPLC）	160
实验十七 游离棉酚的测定	163
一、苯胺法	163
二、紫外分光光度法	164
实验十八 菜籽粕中噻唑烷硫酮含量的测定	166
实验十九 盐酸克伦特罗的测定	168
一、高效液相色谱法（HPLC 法）	168
二、气相色谱——质谱法（GC-MS）	171
三、酶联免疫吸附法（ELISA）	173

实验二十 配合饲料混合均匀度的测定	176
一、甲基紫法	176
二、沉淀法	177
实验二十一 饲料粒度的测定	179
实验二十二 颗粒饲料耐久性（粉化率）的测定	180
实验二十三 饲料糊化度的测定	182
主要参考文献	185

实验一 饲料的采样与制备

一、饲料采样与制备的原理

(一) 饲料采样的原理

从待测饲料原料或产品中获取一定数量、具有代表性部分的过程称为采样，所采集的部分饲料称为样品或样本 (sample)。

采样的原理是利用各种采样工具，根据待测饲料的种类、特性（如形态、均匀度、颗粒大小等）和数量，利用数学原理，按照科学方法来采集样品，使采集的样品具有代表性。

(二) 饲料制备的原理

饲料制备是指将采集的饲料样品经过烘干、粉碎等加工并达到一定的粒度要求的过程。

饲料制备的原理是因为饲料原料的颗粒大小、形态、均匀度等各异，新鲜样本如青饲料、多汁饲料（水生饲料）、青贮饲料等含有大量水分，不易保存，而饲料分析时称取的样品数量较小，因此，针对不同的饲料原料特性，通过烘干或粉碎等加工并达到一定的粒度要求，使饲料样品成为均一的混合物，保证饲料分析时称取的样品具有代表性，分析结果可靠。制备后的样品称为分析样本（品），可以长期保存。

二、采样和制样的目的和要求

(一) 采样的目的和要求

1. 采样的目的 采样是饲料分析过程的第一步，也是非常关键的步骤。采样的根本目的是通过对样品的理化指标的分析，客观反映受检饲料原料或产品的品质。如果饲料采样错误，则无论分析步骤再正确，分析方法再准确，仪器再精密，分析结果都毫无意义。

样品的分析结果可作为饲料厂家选择原料和原料供应商、接收或拒收某种

饲料原料、判断饲料加工生产工艺的质量和产品质量是否合格、分析保管贮存条件是否恰当、每批饲料原料或产品留样等的依据。

2. 采样的要求

(1) 样品必须具有代表性。

(2) 必须采用正确的采样方法。正确采样方法是样品具有代表性的重要保证。正确的方法是根据饲料物理特性，利用数学原理，从具有不同代表性的区域采集一定数量的样品，混合得到数量较大的原始样品，然后按照“四分法”等方法将原始样品缩减到一定数量的待测样品。

(3) 样品必须有一定的数量。样品数量也是保证样品代表性的重要环节。样品的采集数量受饲料水分含量、颗粒大小和均匀度、平行样品的数量的影响。原则上，饲料水分含量高、颗粒大、均匀度差，则采集的样品应多；平行样品数量越多，则采集的样品数量就越多。

(4) 采样人员应具有高度责任心和熟练的采样技能。

(5) 重视和加强管理。主管部门、权威检测机构和饲料企业必须重视和加强采样管理，防止弄虚作假。

(二) 制样的目的和要求

1. 制样的目的 制样的目的在于使饲料颗粒变小、提高均匀性。

2. 制样的要求 制备的样品应该包含所采集样品的全部组分，确保饲料样品的代表性、均匀性和一致性。

三、采样工具

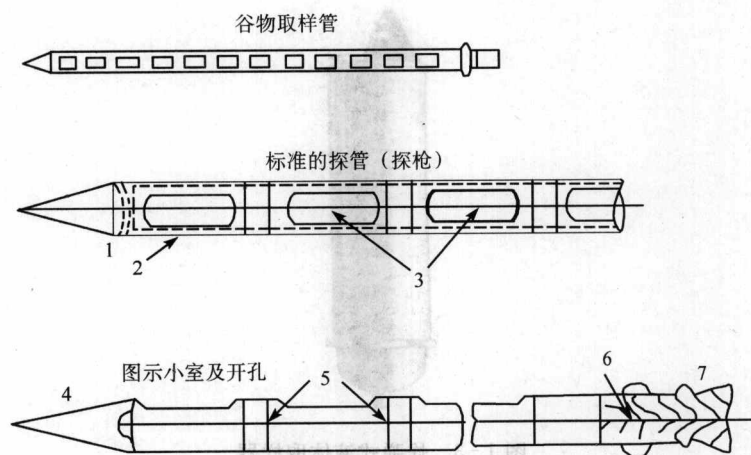
对采样工具的要求：①能够无选择性的采集到饲料中的所有组分；②对饲料样品无污染。

1. 探针采样器 也叫探管或探枪 (probe)，是最常用的干物料采样工具，有带槽的单管或双管，具有锐利的尖端 (图 1-1)。

2. 锥形袋式取样器 该种取样器是用不锈钢制作的，特点是具有一个尖头、锥形体和一个开启的进料口 (图 1-2)。

3. 液体采样器

(1) 空心探针：实际上是一个镀镍或不锈钢的金属管，直径为 25mm，长度为 750mm，管壁有长度为 715mm、宽度为 18mm 的孔，孔边缘圆滑，管下端为圆锥形，与内壁成 15°角，管上端装有把柄。常用作桶和小型容器的采样。



1. 外层套管 2. 内层套管 3. 分隔小室
4. 尖端 5. 小室间隔 6. 锁扣 7. 固定木柄

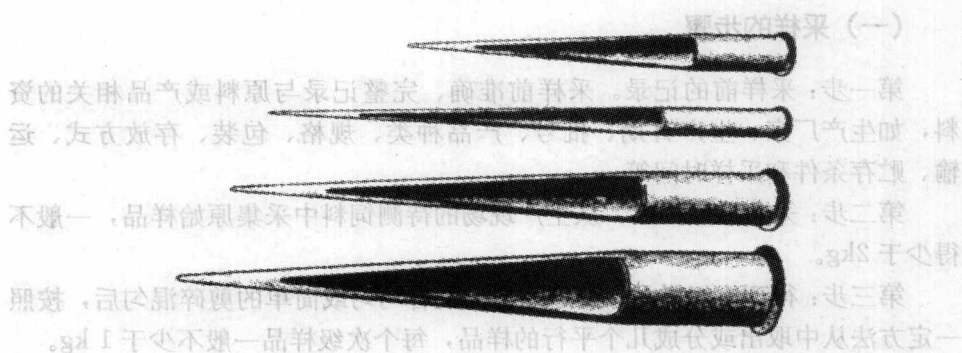


图 1-2 锥形袋式取样器

(2) 炸弹式或区层式采样器：为密闭的圆柱体，可用作散装罐的液体采样，能从贮存罐的任何指定区域采样。当到达贮罐底部时，一个阀提起，或如果在中间的深度取样时，它可由一根连在该阀的柱塞上的绳子手动提起（图 1-3）。

4. 自动采样器 自动采样器可安装在饲料厂的输送管道、分级筛或打包机等处，能够定时、定量采集样品。自动采样器适合于大型饲料企业，种类很多，可根据物料类型和特性、输送设备等进行选择。

5. 其他采样器 剪刀（或切草机）、刀、铲、短柄或长柄勺等也是常用的采样器具。

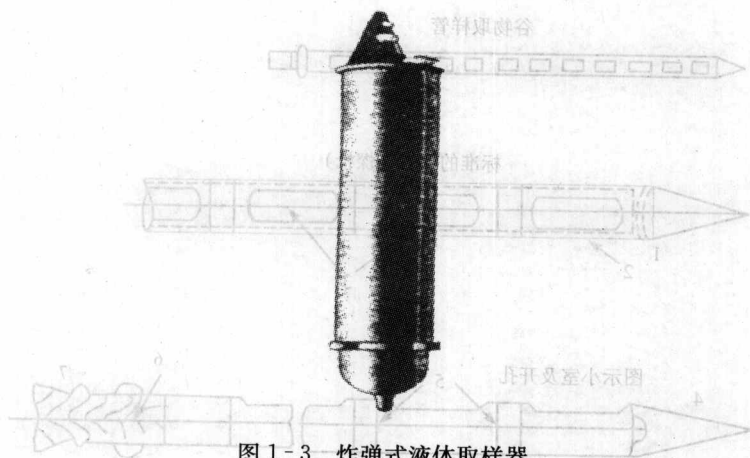


图 1-3 炸弹式液体取样器

四、采样的步骤和基本方法

(一) 采样的步骤

第一步：采样前的记录。采样前准确、完整记录与原料或产品相关的资料，如生产厂家、生产日期、批号、产品种类、规格、包装、存放方式、运输、贮存条件和采样时间等。

第二步：采集原始样品。从生产现场的待测饲料中采集原始样品，一般不得少于 2kg。

第三步：得到次级样品。将原始样品混合均匀或简单的剪碎混匀后，按照一定方法从中取出或分成几个平行的样品，每个次级样品一般不少于 1 kg。

(二) 采样的基本方法

有几何法和四分法两种。

1. 几何法 此种方法常用于从大批量饲料中采集原始样品。指把一整堆饲料看成具有一定规则的几何体如立方体、圆柱体、圆锥体等，采样时设想把这个几何体分成若干体积相等的部分，然后从每部分中取出体积相等的样品，经混合后即为原料样品。

2. 四分法 将饲料混匀，铺成正方形体或圆形，用药铲、刀子或其他适当器具，在饲料上划“十”字，将饲料分成四等份，任意弃去对角的两份，将剩余的两份混合。继续重复此法，直至剩余样品数量接近所需量为止。

四分法常用于从小批量饲料和均匀饲料原料中采集原始样品或从原始样品中采集次级样品。采集过程可手工操作（图1-4），或采用分样器或四分装置，如锥形分配器和复合槽分配器（图1-5、图1-6）。

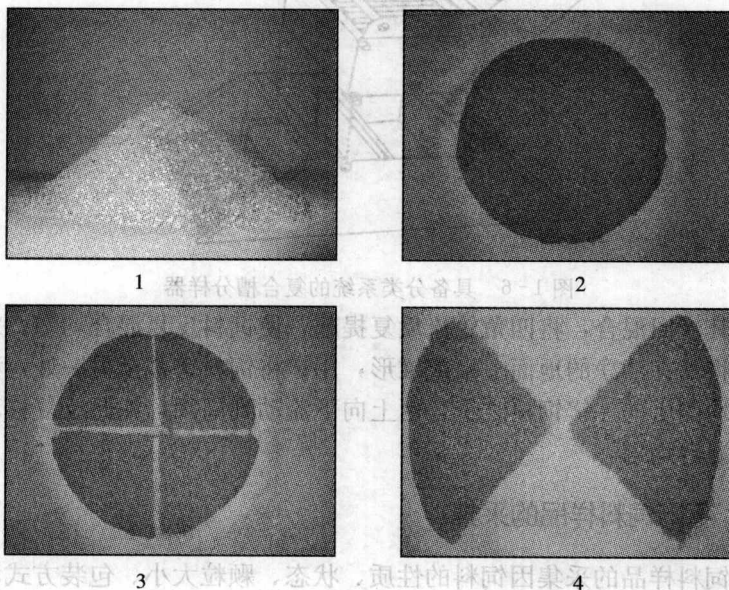


图1-4 四分法示意图

1. 将均匀样品堆成圆锥形 2. 平铺成圆堆 3. 分成四等份 4. 移去对角部分，进行缩分

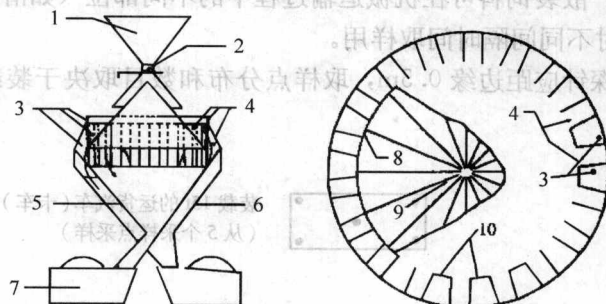


图1-5 圆锥分样器

1. 加料斗 2. 截断阀门 3. 通向外斗的槽 4. 通向内斗的槽
5. 内斗 6. 外斗 7. 容器 8. 圆锥底 9. 圆锥顶 10. 与圆锥底相连的槽

根据饲料的特性和数量，几何法和四分法可结合使用来采样。在采样过程中，将饲料充分混合非常重要。人工混合时，可将饲料平铺在一张平坦而光滑的方形纸或塑料布、帆布、漆布等上面，提起一角，使饲料流向对角，随即提

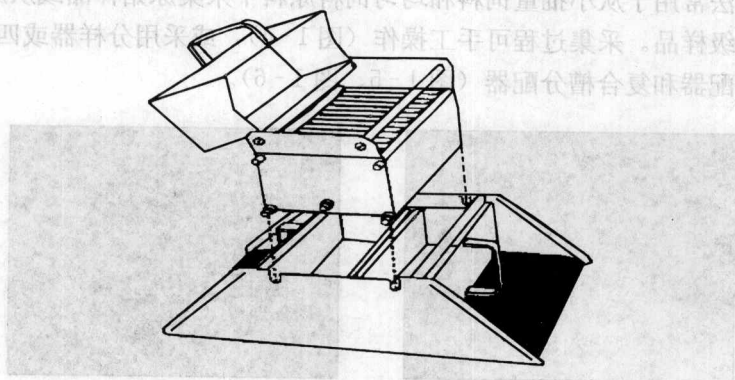


图 1-6 具备分类系统的复合槽分样器

起对角使其流回混合，将四角轮流反复提起，使饲料反复混合均匀。对量大的饲料，可将其在洁净的地面上堆成锥形，用铲将饲料铲移至另一处，移动时每一铲饲料均倒于前一铲饲料之上，由上向下流动到周围，如此反复移动 3 次以上，即可混合均匀。

(三) 不同饲料样品的采集

不同饲料样品的采集因饲料的性质、状态、颗粒大小、包装方式和数量不同而异。

1. 粉状和颗粒饲料

(1) 散装：散装饲料可在机械运输过程中的不同部位（如滑运道、传送带等处）或卸车时不同间隔时间取样用。

取样时，探针应距边缘 0.5m，取样点分布和数目取决于装载的数量（图 1-7）。

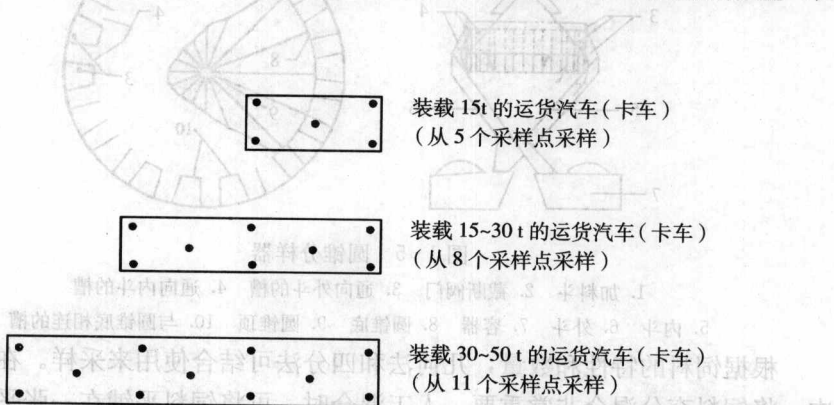


图 1-7 散装料取样示意图

(2) 袋装：用抽样锥随机从不同袋中分别取样，混合得原始样品。每批采样的袋数取决于总袋数、颗粒大小和均匀度，取样袋数至少为总袋数的 10%。总袋数在 100 袋以下，取样不少于 10 袋，每增加 100 袋需增加 3 袋。取样时，探针从口袋的上下两个部位采样；或将袋平放，将探针的槽口向下，从袋口的一角按对角线方向插入袋中，然后转动器柄使槽口向上，抽出探针，取出样品。

(3) 仓装：可根据饲料层厚度，按高度分层采样。四方形的可在每层四方形对角线的四角和交叉点 5 个点采样；圆仓直径在 8m 以下时可在每层的内（中心）、中（半径的一半处）、外（距仓边 30cm 左右）分别采 1、2、4 个点，共 7 个点；直径在 8m 以上时，可在每层的内、中、外分别采 1、4、8 个点，共 13 个点。将各点样品混合即得原始样品。料层厚度在 0.75m 以下时，可从上层距料层表面 10~15cm 深处和靠近地面的下层选取；料层厚度在 0.75m 以上时，从上层距料层表面 10~15cm 深处、中层（料堆中部）和下层靠近地面分别选取，采集时从上而下进行。料堆边缘点应距边缘 50cm 处，底层距底部 20cm。

2. 液体或半固体饲料

(1) 液体饲料：桶装的液体饲料应根据桶的数量确定取样桶数，从不同的桶中分别取样混合。7 桶以下，取样桶数不少于 5 桶；10 桶以下，取样桶数不少于 7 桶；10~50 桶，取样桶数不少于 10 桶；51~100 桶，取样桶数不少于 15 桶；101 桶以上，取样桶数不少于总桶数的 15%。

取样时，将桶内饲料搅拌均匀（或摇匀），然后将空心探针缓慢地自桶口插至桶底，然后堵压上口提出探针，将液体饲料注入样品瓶内混匀。

对散装（大池或大桶）的液体饲料按散装液体高度分上、中、下 3 层分层布点取样。上层距液面约 40cm 处，中层设在液体中间，下层距池底 40cm 处，3 层采样数量的比例为 1:3:1（卧式液池、车槽为 1:8:1）。原始样品的数量取决于总量，总量为 500t 以下，应不少于 1.5kg；501~1 000t，不少于 2.0kg；1 001t 以上，不少于 4.0kg。

(2) 固体油脂：对在常温下呈固体的动物性油脂的采样，可参照固体饲料采样方法采集原始样品，然后经加热熔化混匀，才能采集次级样品。

(3) 黏性液体：黏性浓稠饲料如糖蜜，可在卸料过程中定时用勺等器具随机采样。原始样品数量应为总量 1t 至少采集 1L。原始样品充分混匀后，即可采集次级样品。

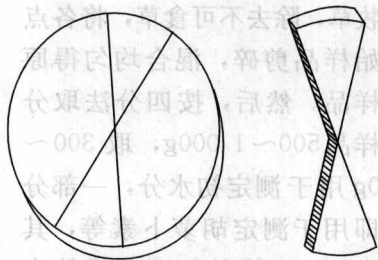


图 1-8 块饼类饲料采样示意图

3. 块饼类 块饼类饲料的采样首先根据块饼大小, 确定采样用的块饼数。大块状饲料从不同的堆积部位选取数不少于 5 大块, 小块油粕选取 25~30 片, 然后从每块中参照四分法采集样品 (图 1-8), 捶碎混合后得原始样品 (小块状可直接粉碎后混合)。

4. 副食及酿造加工副产品 酒糟和豆渣等副食及酿造加工副产品的采样可在贮藏池或贮堆中分上、中、下三层, 每层取 5~10 个点, 混合后为原始样品。

5. 块根、块茎和瓜类 这类饲料含水量大, 大小不均匀, 采样要求样品个数多。样品个数随样品种类和成熟的均匀程度以及所需测定的营养成分而定 (表 1-1)。

表 1-1 块根、块茎和瓜类取样数量

种 类	取样数 (个)	种 类	取样数 (个)
一般块根、块茎饲料	10~20	胡萝卜	20
马铃薯	50	南瓜	10

采样时, 从田间或贮藏窖内随机分点采取原始样品 15kg, 按大、中、小分堆称重求出所占比例, 按比例取 5kg 次级样品。先用水洗干净, 洗涤时注意勿损伤样品的外皮, 洗涤后用布拭去表面的水分。然后, 从各个块根的顶端至下端纵切具有代表性的对角 1/4、1/8 或 1/16……, 直到适量的分析样品以上, 迅速切碎后混合均匀, 取 300g 左右测定初水分, 其余样品平铺于洁净的瓷盘内或用线串联置于阴凉通风处风干 2~3d, 然后在 60~65℃ 的恒温干燥箱中烘干备用。

6. 新鲜青绿饲料及水生饲料 新鲜青绿饲料包括天然牧草、蔬菜类、作物的茎叶和藤蔓等, 一般在天然牧地或田间取样。在大面积的牧地上应根据牧地类型划区分点采样 (图 1-9)。每区选 5 个以上的点, 每点为 1m 的范围, 离地面 3~4cm 处割取牧草, 除去不可食草, 将各点原始样品剪碎, 混合均匀得原始样品。然后, 按四分法取分析样品 500~1 000g, 取 300~500g 用于测定初水分, 一部分立即用于测定胡萝卜素等, 其余在 60~65℃ 的恒温干燥箱中烘干备用。

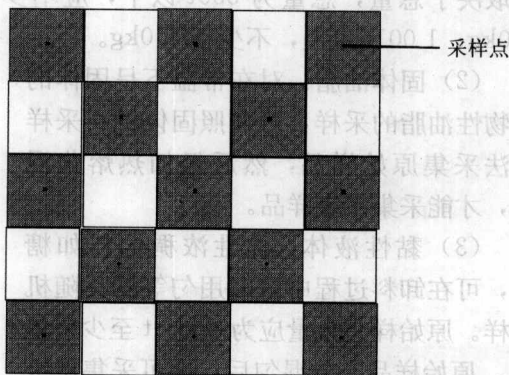


图 1-9 草地及田间采样示意图