

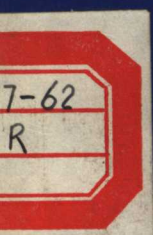
# 饲料显微镜检 与 质量控制手册

J.卡佳仁

D.辛杰姆西里

A.汉邦崇

吴 锦 圃



# 饲料显微镜检 与 质量控制手册

J. 卡佳仁  
D. 辛杰姆西里      著  
A. 汉邦崇  
吴 锦 圃      译

美 国 大 豆 协 会  
美 国 饲 料 谷 物 协 会 出 版

# 目 录

## 序言

### 第一部分

|                        |    |
|------------------------|----|
| 饲料、原料的显微镜检测和显微照片 ..... | 7  |
| 谷实及其副产品 .....          | 8  |
| 玉米 .....               | 9  |
| 高粱 .....               | 9  |
| 稻米副产品 .....            | 9  |
| 小麦 .....               | 10 |
| 大麦 .....               | 10 |
| 油料 .....               | 10 |
| 大豆饼粕 .....             | 32 |
| 花生饼粕 .....             | 33 |
| 木棉籽饼粕 .....            | 33 |
| 木棉籽饼粕 .....            | 33 |
| 椰子饼粉 .....             | 34 |
| 橡胶籽饼粉 .....            | 34 |
| 向日葵籽饼粕 .....           | 34 |
| 棕榈仁饼粉 .....            | 35 |
| 芝麻饼粕 .....             | 35 |
| 油菜籽饼粕 .....            | 35 |
| 动物副产品 .....            | 58 |
| 鱼粉 .....               | 58 |
| 虾粉 .....               | 58 |
| 羽毛粉 .....              | 58 |
| 血粉 .....               | 59 |
| 骨粉 .....               | 59 |
| 贝壳粉 .....              | 60 |
| 其它产品 .....             | 77 |
| 木薯 .....               | 77 |
| 银合欢树叶 .....            | 77 |
| 绿豆蛋白粉 .....            | 77 |

### 第二部分

|                        |    |
|------------------------|----|
| 饲料容重的测量方法 .....        | 87 |
| 饲料容重测量的样品制备 .....      | 87 |
| 快速试验和点滴试验的特定分析方法 ..... | 92 |
| 钴、铜、铁 .....            | 92 |
| 锰 .....                | 92 |
| 碘 .....                | 93 |
| 镁 .....                | 93 |
| 锌 .....                | 93 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 硝酸盐                       | 94         |
| 磷酸盐                       | 94         |
| 硫酸盐                       | 94         |
| 硫 (游离态)                   | 95         |
| 碳酸盐                       | 107        |
| 氯化物                       | 107        |
| 盐                         | 107        |
| 糖                         | 108        |
| 尿素                        | 108        |
| 血                         | 108        |
| 蹄或角                       | 109        |
| 皮革粉                       | 109        |
| 尿酸                        | 109        |
| 尿素酶活性                     | 110        |
| <b>浮选技术和混合饲料成分的计算</b>     | <b>121</b> |
| 饲料或混合饲料中有机组份和无机组份的浮选分离    | 122        |
| 植物纤维和动物毛发的检测              | 122        |
| 肉和骨的浮选分离                  | 123        |
| 从动物性饲料产品中浮选分离出血           | 123        |
| 从鱼粉中浮选分离出水解羽毛粉            | 124        |
| 从鱼粉中浮选分离出橡胶籽饼粉            | 124        |
| 稻米产品的浮选分离                 | 125        |
| 从玉米粉中浮选分离出玉米芯粉            | 125        |
| 从木薯块根粉中浮选分离出皮和梗           | 125        |
| 从大豆饼粕粉中浮选分离出大豆壳           | 126        |
| 从棉籽饼中浮选分离出棉籽壳             | 126        |
| <b>饲料添加剂的定性检测</b>         | <b>143</b> |
| 氨丙嘧吡啶 (安普洛里)              | 143        |
| 对氨基苯胂酸或对氨基苯胂酸钠            | 143        |
| 杆菌肽                       | 144        |
| 红霉素                       | 144        |
| 3-胂羧酸甲酯-N1, N4-二氧化物 (肥猪公) | 144        |
| 金霉素、土霉素和维生素A              | 145        |
| 痢特灵                       | 145        |
| 呋喃西林                      | 145        |
| 青霉素或普鲁卡因青霉素               | 146        |
| 胡椒嗪 (驱蛔灵)                 | 146        |
| 吩噻嗪 (硫化二苯胺)               | 146        |
| <b>维生素的快速检测</b>           | <b>155</b> |
| 维生素和红、黄卡诺费尔 (Carophyll)   | 155        |
| 核黄素 (维生素B <sub>2</sub> )  | 156        |
| 抗坏血酸 (维生素C)               | 157        |
| 维生素K (甲萘醌和亚硫酸氢钠甲萘醌)       | 158        |

## 序言

就对人类的经济贡献而论,各种动物产业起了相当大的作用。畜牧业和水产养殖业不仅为世界各国人民提供了食品而且还带来了经济收入。在绝大多数人靠农业为生的亚洲国家,动物产业对这一地区的人民所起的作用甚至更大一些。动物生产效率的进步将直接或间接地提高这些国家的经济水平。世界上的许多地方存在着与食物短缺有关的问题,人们营养不良,在这种地方动物生产量和效率的提高会直接解决这些问题。因此,动物生产的进步对世界各地的人民来说都是非常必要的。

动物生产的基本因素包括动物本身的遗传、饲料和饲养、动物厩舍设备、管理以及疾病防治,而饲料尤其重要。它不仅占动物生产总成本的60~70%,而且还是将人类不能耗用的农业和工业废物转化为营养价值很高并非常可口的动物肉的一种手段。通过降低饲料成本而又保持其质量或者提高饲料质量而保持其成本不变来提高饲料效率将直接提高动物生产的效率。藉线性规划技术进行低成本日粮配合被普遍应用,以便以最低的成本生产出含有各种养份的日粮来满足动物需要。为了尽量减少营养超量,总是将日粮配合成所含有的全部养份非常接近于动物的需要。它们的安全系数较小,并且对饲料组份的质量变异比较敏感。所以,饲料质量控制是低成本日粮配合成败与否的一个关键。

## 饲料原料和全价饲料的变异

来自同一原产地的一种饲料原料会出现变异。影响饲料原料和全价饲料质量的因素分列如下:

### A. 自然变异

饲料原料养份含量的平均自然变异系数设定为 $\pm 10\%$ 。植物产品的化学成分会因土壤的肥力以及植物本身的品种而发生变异。谷类及其副产品的养分含量较之蛋白质补充物尤其是鱼粉似乎稳定一些。大豆粕是一种养分含量变异小的蛋白质补充物

### B. 加工

农产品加工技术不同,生产出的产品或副产品就会有差异。高标准成套碾米设备所产的米糠主要含的是胚芽和米粒种皮的外层。而低标准碾米机则生产混杂有相当一部分稻壳的低质量米糠。在溶剂浸出过程中,热处理温度过低或过高所产大豆粕的质量都会比热处理温度适当的工艺所产大豆粕的质量差。

### C. 掺假

颗粒细小的饲料原料易于掺假,即以一种或多种可能有或者可能没有营养价值的廉价颗粒物料进行故意的掺杂。一般来说,掺假不仅改变被掺假饲料原料的化学成分,而且降低其营养价值。鱼粉可能会用经过细粉碎的贝壳、羽毛粉、皮革粉以及非蛋白氮物质(如尿素)掺假。米糠可能会用稻壳掺假,尤其在米糠货源短缺时可能会用经过微细粉碎的石灰石粉或岩石粉掺假。经过细粉碎的石灰石也用作磷酸二钙的掺杂物。因此在采购颗粒微细的饲料原料时必须检查。

### D. 损坏和变质

在不适当的运输装卸、贮藏和加工过程中原料会因损坏和变质而失去其质量。高水分玉米收获之后在不适当的运输装卸情况下非常容易被真菌侵害而损坏。高水分米糠和鱼粉在袋装贮藏条件下会发烧并很快酸败。酸败作用还促使脂溶性维生素尤其是维生素A的损失。这使情况变得更糟。饲料谷物在不适当的贮藏条件下通常会虫蚀损坏。劣质原料是不可能生产出优质饲料的。所以,选择优质饲料原料并保持其质量是制作优质动物饲料

的至关重要的环节。

## 饲料质量检测的方法

质量意味着事物的优良程度。优质饲料原料应该指的是根据化学成分和营养利用两方面来看都具有良好营养价值的原料。掺假或者说往优质饲料原料里掺合营养价值低或者根本没有营养价值的其它物料就会生产出劣质饲料原料。低质原料可指保持着化学成分标准但含有诸如生长抑制因子或能阻碍动物利用饲料的有毒物质之类因子的原料。所以，饲料质量可采用以下方法检测。

### A. 化学分析

检测原料的化学成分，通常包括水分、蛋白质、乙醚抽出物（油脂）、粗纤维、灰分、钙和磷，并通过与标准作比较来评价其质量。氨基酸和脂肪酸的组成可以检测，以获得更多资料。分析显示出被分析原料的真实养分含量，数据可直接用于饲料配合。这种方法需要装备精良的实验室和训练有素的化学分析人员或者员工。此外，分析每个样品的总费用是相当昂贵的。所以这种方法的应用主要限于饲料厂的商品化生产。饲料配合中最为重要的养分——蛋白质用凯氏定氮法测定，以粗蛋白质表示（ $N \times 6.25$ ）。所得结果不能揭示氮源到底来自原料中的蛋白质还是掺杂物中的蛋白质或者样品中掺合的非蛋白氮。另外，这种分析方法对原料所含养分的利用情况不能给出任何资料或者说作出任何显示。为了使这种方法得到最佳应用，可利用其它饲料质量检测方法对化学分析数据作相应的分析整理。

### B. 饲料显微镜检测

饲料显微镜检测的主要目的是藉外表特征（体视显微镜检测）或细胞特点（复式显微镜检测）对单独的或者混合的饲料原料和杂质进行鉴别和评价。如果将饲料原料和掺杂物或污染物分离开来以及作比例测量，则可以显微镜检测方法对饲料原料作定量鉴定。总之，无掺假或污染的饲料原料，其化学成分与本地区推荐或报告的标准或者平均值将非常接近。饲料显微镜检测能告诉饲料原料的纯度，若有一些经验还能对质量作出令人满意的鉴定。与化学分析相比，这种方法不仅在设备方面而且在每个样品的分析费用方面要求都少得多。商品化饲料加工企业和自己生产饲料的农民都可以采用这种方法。

### C. 点滴试验和快速试验

为了检测某种影响饲料质量的物质是否存在，许多快速化学试验法和点滴试验法已研究出来。另一方面，在鉴定饲料原料和全价饲料的真实质量上对化学分析和饲料显微镜检测都有帮助。大豆制品的尿素酶活性分析可以反映出制油过程中蒸炒得是否充分以及养分的利用性。加上几滴50%的盐酸溶液，并注意二氧化碳气泡的形成，或者分离出四氯化碳中的掺杂物，即可鉴别出米糠中掺合的石灰石粉末。为了检查预混料和全价饲料中是否有某些药物、其它饲料添加剂以及矿物质和维生素，许多点滴试验方法已经研究出来。这些方法中有许多非常简便，农民也可以做。而有些技术则需要复杂的、相当贵的化学试剂，其应用因此就仅限于商品化饲料生产

## 饲料显微镜检测和点滴试验在不同规模饲料生产中的应用

在饲料加工生产过程中采用各种方法进行饲料质量检测是最理想的。然而，实际上饲料生产的规模影响检测方法的应用。对日产量大、价格和质量具有竞争性的商品化饲料生产来说，保证进厂饲料原料和出厂饲料产品两者的质量都非常重要。有必要将饲料显微镜检测与点滴试验、快速试验以及化学分析相结合，从而把所有的饲料质量检测方法全部都利用起来。对于小规模饲料产地加工，农户无力提供装备精良的实验室进行化学分析，建议将开展定性、定量的全面饲料

显微镜检测与某些快速试验、点滴试验相结合。总之，亚洲国家的农民能够有效地采用饲料显微镜检测以及某些点滴、快速试验方法，如尿素酶活性检验、尿素检验、石灰石掺假检验以及简单的浮选法检验。所有这些技术全都非常简单而实用。只要稍加努力农民就能以较低的成本生产出优质饲料来。





## 第一部分

### 饲料原料的显微镜检测和显微照片

D. 辛杰姆西里

A. 汉邦崇

泰国曼谷市邦肯, 10900  
泰国甲色查特大学动物科学系



## 饲料原料的显微镜检测和显微照片

采用显微镜对饲料进行调查研究已经用来鉴别饲料的结构,测定混合饲料的比例、掺假情况以及一切用化学检验方法不能研究的方面。然而,化学方法对测定饲料的化学成分仍然是重要的。为了恰当地评价饲料质量,应将显微镜检测和化学分析的结果进行综合考虑。

鉴别饲料结构或特征的显微镜有两种。一种是复式显微镜 (Compound microscope), 另一种是体视显微镜 (stereomicroscope)。第一种用于鉴别饲料内部结构的成分, 第二种用于鉴别外部结构。本部分仅讨论用立体显微镜鉴别饲料, 包括样品制备、设备、立体显微镜观察、饲料原料描述以及显微照片。

已拍成显微照片的饲料大多是从泰国搜集到的。显微照片的图片仅能提供大致的外部特征 (形状、颜色和饲料组分的密实度)。有些还显示出能在饲料中发现的掺假情况。所有这些图片都是鉴别各种结构的不完全指南, 因为并不是一切细部都能在显微照片中全部看见。然而, 有些照片能给研究者以引导, 显示出饲料的结构, 或者如果在没有饲料样品的情况下将其作为参考。

### 样品制备

收到的样品应是采用正确方法随机选取的。观察前必须将样品彻底混合, 若样品量太大, 必须通过四分技术将量减少。

饲料有几种形态, 如粉料、颗粒料、碎粒或饼块料。若将它们置于体视显微镜下检测是很难观察到饲料结构的。所以, 为了使检测结果准确可靠, 检测前必须制备样品。

### 普通样品的制备

#### 1. 筛分法

单一饲料或混合饲料 (粉状) 具有不同粒度。通过手工筛分将混合物分离开来, 通常使用10、20和30目的样品筛。筛分将微细淀粉粒从饲料的较大颗粒中除去, 使鉴别结果更加可靠。

呈饼块、碎粒或颗粒形态的样品必须用研钵研碎, 而不能用粉碎机粉碎 (不能将样品颗粒粉碎得象化学分析用的那样细小, 因为体视显微镜的大部分优越性会由此而丧失)。

#### 2. 浮选技术

对有些饲料, 必须用四氯化碳或氯仿将有机成分和无机成分分离开来。浮选技术是把样品浸泡在溶液里, 然后搅动并让其沉淀到有机和无机两部分清楚地分离开来。上部是有机的, 底部是无机的。接下来将各部分取出, 置入培替氏培养皿内, 并使其在室温下干燥。

采用四氯化碳或氯仿不仅能使有机成分和无机成分分离开来, 而且还能除去样品中的油脂。油脂对清晰观测无益。

### 体视显微镜检测的装备

1. 带灯的体视显微镜
2. 具有10、20或30目筛子和底盘的样品筛
3. 尖头镊子和针
4. 培替氏培养皿

5. 烧杯 (100—150毫升) 和不锈钢匙
6. 试剂瓶
7. 研钵和研杵

## 体视显微镜观察

单一饲料样品和混合饲料样品的观察程序相同。首先确定颜色和组织结构以获得最基本的资料。通常可从饲料的气味 (焦味、霉味、酸味、发酵味) 和味道 (肥皂味、苦味、酸味) 获得进一步资料。接着将样品通过筛分或浮选制备停当以便进行显微镜检测。

1. 将体视显微镜设置在较低的放大倍数上, 调准焦点。
2. 从制备好的样品中取出一部分铺撒在陪替氏培养皿上, 置于体视显微镜下观察。从粗颗粒开始并且从陪替氏培养皿的一端逐渐往另一端看去对观测有促进作用。
3. 观测体视显微镜下的试样, 应把多余的和相似的样品组分扒到一边, 然后再观察研究以辨认出某几种组分。
4. 调到适当的放大倍数, 审视样品组分的特点以便准确辨别。
5. 通过观察物理特点 (如颜色、硬度、柔性、透明度、半透明度、不透明度和表面组织结构) 鉴别饲料的结构。所以, 检测者必须练习、观察并熟记饲料的物理特点。
6. 不是饲料原料的额外试样组分, 若量小称之为杂质, 若量大则称之为掺杂物。

## 饲料原料说明和显微照片

这一节分为以下四个部分:

1. 谷实及其付产品 (玉米、高粱、稻米副产品、小麦和大米)。
2. 油料饼粕 (大豆饼粕、花生饼粕、棉籽饼粕、木棉籽饼粕、椰子饼粉、橡胶籽饼粉、向日葵籽饼粕、棕榈仁饼粕、芝麻饼粕和油菜籽饼粕)。
3. 动物副产品 (鱼粉、虾粉、羽毛粉、血粉、骨粉和贝壳粉)。
4. 其它产品 (木薯粉、银合欢树叶和绿豆蛋白粉)。

## 谷实及其副产品

谷实属禾本科植物果实。禾本科植物果实的主要外观是果皮和种皮相熔合的一种颖果。种子的一般结构由三部分组成:

- 熔合在一起的种子外皮 (果皮和种皮)
- 胚或者说胚芽 (含油量大的部分)
- 胚乳 (贮藏部分, 主要含硬的和软的淀粉。)

所有这些部分都可用来在体视显微镜下鉴别谷实及其副产品。

## 玉米

玉米有好几种品种，而一般用作动物饲料的是黄色和白色硬质种玉米。玉米籽粒呈齿形，由皮层、胚乳（贮藏蛋白和淀粉）和胚芽构成。籽粒端部可看见花柱残留（在帽端的基部即玉米粒与玉米芯轴连接处）。通常用粉碎过的玉米饲喂动物。

### 立体显微特征

（见彩色图片1.1—1.36，第11—17页）

1. 皮层光滑，半透明，薄，并带有平行排列的不规则形状的碎片物。
2. 胚乳具有软、硬两种胚乳淀粉。硬淀粉或者叫角质淀粉有黄色、半透明的特点；软淀粉系粉质、白色，不透明，并有光泽。
3. 胚芽呈奶油色、质软，含油。

玉米芯由茎秆变化而来，可以分为以下三层（横切面）：(1)外层是苞片或者说壳，脱粒后仍有大量的颖片附着在苞片上。(2)中间部分（木质部和韧皮部）看起来象木材而且很硬。(3)中央部分（髓）呈海绵状，多孔，柔软，白色或奶油色。

鉴别粉碎后的玉米芯可根据其非常硬的木质组织结构，常常成团或呈不规则形片状，有白色海绵状的髓、苞皮和颖片（很薄，呈白色或淡红色，有脉）。

## 高粱

高粱籽实的形状、粒度和颜色有差别。它多少呈圆形，端部不尖锐，直径4—8毫米，一端带有黑色斑痕，这就是此点附着于穗茎的印记，另一端有两个花柱的皱缩残留。高粱籽实颜色有白色、黄色、褐色或黑色。籽实局部被颖片复盖，其颜色各异，有黄褐色、红褐色或深紫色，并带毛。深色籽实通常带苦味。与玉米一样，其仁粒有两种淀粉，胚乳外层淀粉可能硬，系角质淀粉，而内层淀粉色白，较为粉质化。高粱粉碎之后皮层一般仍附着在角质淀粉上。

### 立体显微特征

（见彩色图片1.37—1.48，第18—20页）

1. 可以看见皮层紧紧地附在硬质淀粉或者说角质淀粉上，颜色为色白、红褐色或淡黄色，依品种而异。
2. 硬质淀粉不透明，表面粗糙，而软质淀粉色白，有光泽，呈粉状。
3. 颖片硬而光滑、具有光泽的表面上有毛显现，颜色为淡黄、红褐直至深紫。

## 稻米副产品

稻谷长而窄，品种各异，有厚的纤维状外壳。稻壳占稻谷总重量的20%，富含硅，由外稃和内稃构成，外表面有横纹线，并有针刺似的茸毛。无花颖片附着在稻谷的底端，有些品种的稻谷顶端有芒，有些则没有。

稻谷脱壳后即为糙米。糙米仍被糠层包裹着，经研削后可除去糊粉层和胚芽。

碾米可得到三种主要副产品，即统糠、米糠和碎米；都用作动物饲料。统糠含有大量稻壳、少量米糠和一些米粃。米糠包括果皮、糊粉层、胚芽和一些米粃。碎米是碾米过程中从较大的米粒中分离出来的小碎粒。根据分离工艺不同，碎米的粒度有几种（一般有三种），即为整米长度的1/2、1/3和1/4。

### 立体显微特征

(见彩色图片1.49—1.83, 第20—27页)

1. 稻壳呈不规则片状, 外表面具有有光泽的横纹线, 颜色黄到褐色。
2. 米糠为很小的片状物, 含油, 呈奶油色或浅黄色, 并结成团块。脱脂米糠则不结团块。
3. 米粳表面光滑, 呈小的不规则形状, 半透明, 质硬、色白, 蒸谷米的碎米则为黄色。碎米的粒度大于米糠或统糠中的米粳的粒度, 截面呈椭圆形。
4. 胚芽呈椭圆形, 平凸状, 与米粒相连的一边弧度大, 含油。有时可看到胚芽已破碎成屑。

### 小麦

小麦粒为椭圆形, 黄褐色, 顶端不尖锐并具毛簇。腹沟深, 长6—8毫米, 贯穿麦粒。背部的底端是胚芽, 约占麦粒的6%。麦粒含粘性淀粉82—86% (胚乳), 麸皮占种子外皮13%, 胚芽2%。磨粉后麸皮和胚芽同胚乳分离开来。副产品主要分为四种: 小麦胚芽、麸皮、粗尾粉和细尾粉。有些面粉厂将副产品全都混在一起出售, 称之为“统混小麦饲料”。小麦副产品可根据籽粒特征予以判别。

### 立体显微特征

(见彩色图片1.84—1.92, 第27—29页)

1. 小麦麸皮粒片大小可异, 呈黄褐色, 薄, 外表面有细皱纹, 内表面粘附有不透明白色淀粉粒。
2. 麦粒尖端的麸皮粒片薄, 透明, 附有一簇长长的有光泽的毛。
3. 胚芽看起来软而平, 近乎椭圆, 含油, 色淡黄。
4. 淀粉颗粒小, 呈白色, 质硬, 形状不规则, 半透明, 有些不透明或有光泽的淀粉粒附着在麸皮破片上。

### 大麦

整粒大麦为纺锤形, 有五个棱角, 腹沟宽而浅。大多数品种的大麦, 包裹籽仁的外壳占整个麦粒重量的10—14%, 有些有芒。外壳为淡黄色或黄褐色, 背部表面光滑而不太亮, 腹部有皱纹。去芒后外壳仍附着在颖果上。与小麦外壳相比, 大麦外壳较薄并且光泽较淡。大麦(米)仁较硬, 粉质性较大。大麦产品的种类很多, 如麦芽、啤酒糟、大麦磨粉副产品、大麦制米副产品以及大麦粉。这些都可以根据颖果的一种或多种特征予以判别。

### 立体显微特征

(见彩色图片1.93—1.101, 第30—31页)

1. 外壳碎片呈三角形, 具有突筋即脉, 较薄。表面光滑而色泽暗淡, 组织结构粗糙, 呈淡黄色。
2. 麸皮光泽暗淡、褐色, 仍粘附有麦仁碎粒。
3. 淀粉为粉质性, 色白, 不透明, 有光泽。

### 油料饼粕

多种单子叶植物和双子叶植物以油脂的形式贮存食物。有些植物将油脂贮存在子叶里, 有些则主要贮存在胚乳中。

油料饼粕是油料提出油之后的剩余物, 它们富含蛋白质。从油料中提取油有两种工艺方法。一种是压榨法; 另一种是溶剂浸出法, 通常以己烷作溶剂。只有含油量低于35%的油料适于用溶

# I. 谷物及其副产品的显微照片

## 玉米



1.1



1.2



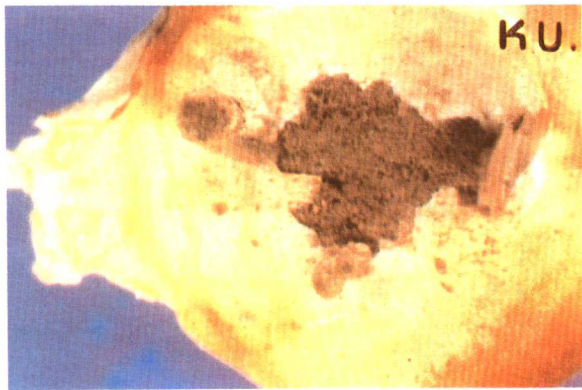
1.3



1.4

- 1.1 优质的玉米粒：籽粒均匀
- 1.2 劣质的玉米粒：霉粒、碎粒和玉米芯碎片
- 1.3 霉玉米
- 1.4 显示胚芽区颜色不正常

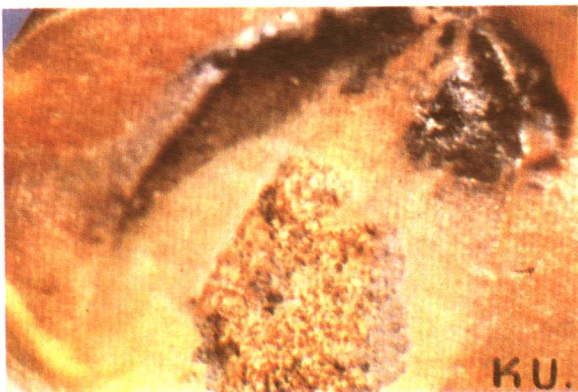




1.5



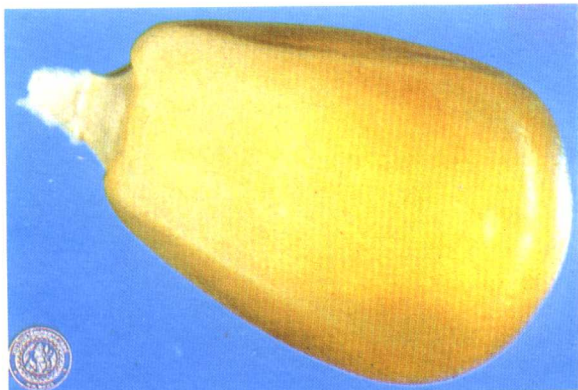
1.6(a)



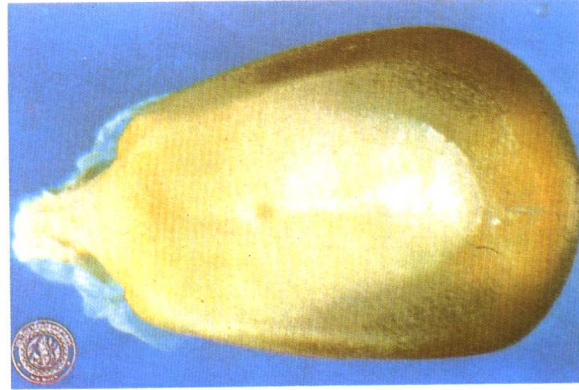
1.6(b)



1.7



1.8



1.9

- 1.5显示胚芽区发霉  
 1.6放大的虫蛀玉米: (a)蛀空的籽粒(b)虫粪  
 1.7显示副冠和附着颖片的端帽  
 1.8玉米粒的背面  
 1.9玉米粒正面有胚芽区

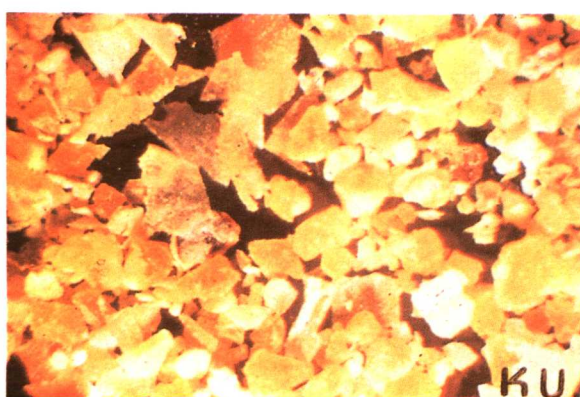




1.10



1.11



1.12



1.13



1.14



1.15

- 1.10显示玉米粒纵剖面，胚芽、白色和黄色淀粉的位置  
 1.11黑色层  
 1.12粉碎过的玉米的一般特征  
 1.13放大的硬质淀粉碎片，附有软质淀粉和胚  
 1.14玉米皮层：外表面（左侧）和附有淀粉的内表面（右侧）  
 1.15颖片（左）和皮层（右）的特征比较