

新型职业农民培育系列教材

畜禽粪污与农业废弃物 综合利用技术

牛 斌 王 君 任贵兴 主编

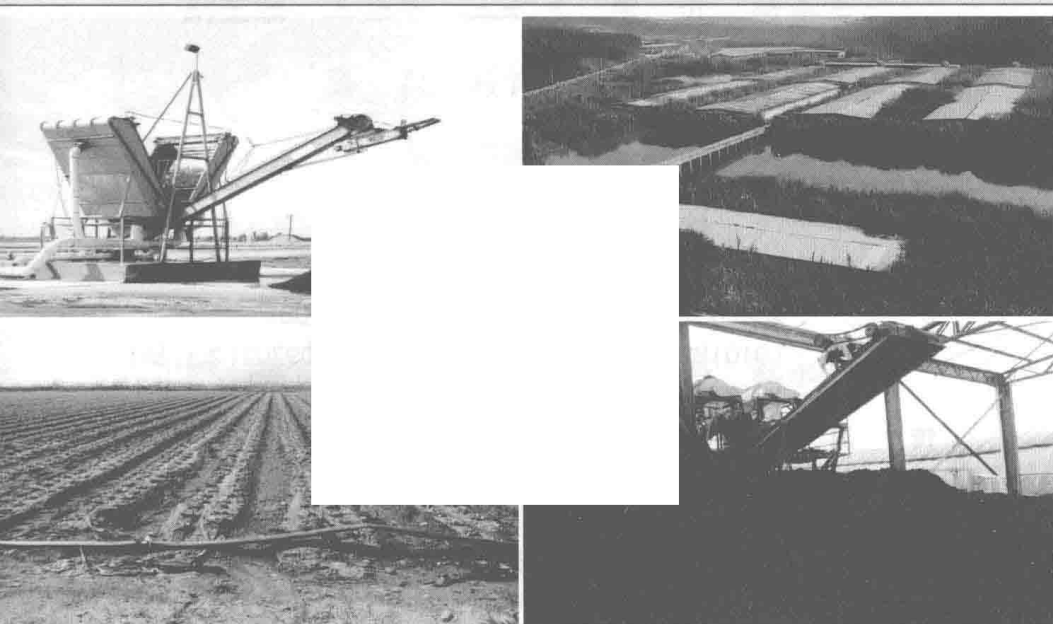


中国农业科学技术出版社

新型职业农民培育系列教材

畜禽粪污与农业废弃物 综合利用技术

牛斌 王君 任贵兴 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

畜禽粪污与农业废弃物综合利用技术 / 牛斌, 王君, 任贵兴主编. —
北京: 中国农业科学技术出版社, 2017. 10

ISBN 978-7-5116-3278-4

I. ①畜… II. ①牛…②王…③任… III. ①畜禽-粪便处理-研究-
中国②农业废物-废物综合利用-研究-中国 IV. ①X71

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 239314 号

责任编辑 崔改泵 金 迪

责任校对 马广洋

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109194 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 880mm×1 230mm 1/32

印 张 7

字 数 176 千字

版 次 2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

—— 版权所有 · 翻印必究 ——

《畜禽粪污与农业废弃物综合利用技术》

编 委 会

主 编 牛 斌 王 君 任贵兴

副主编 王伟华 王永立 柴 升 杨春兰

滕 颖 刘长城 刘玉军 姜伯富

郑 春 郭晚心 易建平 庞邦龙

郝 霞 梁宝盛 吴忠福 韩忠宇

彭桂云 阳立恒 周晓芳

编 委 田 禾 陈小武 刘素婷 杜永忠

罗海青

前 言

据统计，全国每年可收集秸秆资源量约 7 亿吨，畜禽粪污产生量 30 多亿吨。我国农业废弃物综合利用率不高，其中，农作物秸秆约有 42% 直接或过腹还田，30% 作为生物燃料，8% 作为其他用途，余下 20% 未被利用。农业废弃物乱烧乱扔乱排乱放，不仅造成了严重的生态环境污染，还造成大量的生物质资源浪费。

因此，探索适合我国农村地区的农业废弃物污染控制、资源化利用技术体系有着重要的现实意义。市场化、商品化和规模化发展是农业废弃物资源化利用的发展方向，要建立激励补偿机制，加大对农业废弃物资源化利用扶持力度；重点发展龙头企业，带动农业废弃物资源化利用产业化发展；强化规范、高效农业废弃物收储运服务体系建设；加大农业废弃物资源化利用技术的研发。

本书包括畜禽粪污的清理与贮存技术、利用技术和处理应用实例，农作物秸秆资源化处理与利用，农业生产资料废弃物综合利用，农产品初加工废弃物综合利用，以及农业废弃物资源化利用与循环经济等方面的内容，探讨了适合我国农村地区的农业废弃物污染控制和资源化利用技术。

本教材如有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 农业废弃物概述	(1)
第一节 废弃物的概念	(1)
第二节 农业废弃物的概念	(2)
第二章 畜禽粪污的形成及处理原则	(4)
第一节 粪污的形成和特性	(4)
第二节 畜禽粪便污染防治的基本原则	(20)
第三章 畜禽粪污的清理与贮存技术	(24)
第一节 畜禽粪便污染物的清理技术	(24)
第二节 畜禽粪便污染物的贮存技术	(31)
第四章 畜禽粪污利用技术	(44)
第一节 畜禽粪便肥料化利用技术及农业循环 模式	(44)
第二节 畜禽粪便饲料化利用技术及农业循环 模式	(60)
第三节 畜禽养殖生物发酵床养殖技术	(72)
第五章 畜禽粪污处理应用实例	(102)
第一节 猪场“猪—沼—油”循环农业经济模式 ..	(102)
第二节 猪场污水厌氧+好氧达标排放与粪便农业 利用	(106)
第三节 奶牛场污染物综合治理工程	(109)
第四节 奶牛场粪污厌氧发酵+固液分离处理 案例	(113)

第五节 鸡场粪便商品颗粒有机肥生产	(117)
第六章 农作物秸秆资源化处理和利用	(120)
第一节 农作物秸秆资源化利用现状	(120)
第二节 农作物秸秆肥料化利用	(126)
第三节 农作物秸秆能源化利用	(146)
第七章 农业生产资料废弃物综合利用	(157)
第一节 一膜多用技术	(157)
第二节 废膜机械回收技术	(158)
第三节 地膜二次利用免耕技术	(159)
第四节 地膜二次利用覆盖技术	(159)
第八章 农产品初加工废弃物综合利用	(162)
第一节 畜禽屠宰废弃物综合利用技术	(162)
第二节 水果加工废弃物综合利用技术	(166)
第九章 我国农村垃圾的处置	(172)
第一节 我国农村垃圾处置的现状	(172)
第二节 我国农村垃圾处置的办法	(177)
第十章 农业废弃物资源化利用与循环经济	(204)
第一节 中国循环经济政策法律	(204)
第二节 循环经济与农业废弃物资源化综合利用 ...	(211)
参考文献	(216)

第一章 农业废弃物概述

第一节 废弃物的概念

废弃物可能是人们日常生活中最常使用的词汇之一。“废弃物”可简单定义为“不再有用而可舍弃的东西”。查阅《现代汉语词典》及《中华现代汉语词典》，虽无“废弃物”的专门定义，但从其中对“废物”和“废弃”的注解，可以得出“废弃物”即为“失去原有使用价值”而被“抛弃不用”或被“丢弃”的“东西”。所以，本书所言“废弃物”也仅指人们从环境资源角度所关注的“失去原有价值”而“不再使用或被丢弃”的“材料与物质”。目前，“废弃物”一词比较权威的书面定义可见《中国大百科全书·环境科学卷》，其中在“废弃物的国际管制条约”词条中，对“废弃物”作了如下解释：“废弃物是指生产、经营、生活和其他活动中产生的各种形态或形式的被废弃的或将要被废弃的材料或物质”。

从上述定义可以看出，所谓“废弃物”的形成，至少有两个基本特征：首先是与人类的活动有关，即废弃物是由人类活动所产生或形成的；其次是与人类对其的价值或有用性评价有关，即只有那些对人类暂时或永久无用的物质才被视为废弃物。然而，废弃物又具有相对性，即处在不同时间、不同地点、不同经济背景或不同技术条件下，人们往往对废弃物的认识、判断及处理也有不同。在某一生产、生活过程中所产生的废弃物，往往可以成为另一生产、生活过程或产品的原料，即

已被上一过程判定“无用”的物质，很可能成为下一过程的“有用”原料。所以，废弃物也被人们称为“放错了位置的资源”。

第二节 农业废弃物的概念

一、农业废弃物概念的使用

我国的官方发布的报告或法律文件中，不同场合下，对农业废弃物概念的使用并不统一。第十届全国人民代表大会第三次常务委员会上，盛华仁副委员长在“全国人大常委会执法检查组关于检查《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》实施情况的报告”中采用了“农村固体废物”的概念。

《关于〈中华人民共和国固体废物污染环境防治法（修订草案）〉的说明》则出现了三个概念，农业废物、农村固体废物和农村垃圾。该说明指出，随着农业产业化发展和农村生活水平的提高，农业废物和农村垃圾所造成的污染问题已经非常突出，国家应当采取措施加强管理。为了实现统筹、协调发展，改善农村环境卫生面貌，保障食品安全，加强对农村固体废物的管理是十分必要的。但考虑到我国农村经济发展水平不高、基础设施薄弱等实际情况，对农村固体废物的管理还是应当先提出原则要求，逐步实现合理利用和安全处置。为此，修订草案对种植、养殖业产生的固体废物提出了合理利用、预防污染的要求；对农村生活垃圾提出了清扫、处置的要求。从这段话的内容本身我们无法判断这三个概念之间的关系，是各自独立还是相互包含。因为农业与农村是属于两个不同领域的概念。农业与工业、商业和服务业类似，属于行业分类的概念，而农村与城市、乡镇类似，属于区域分类的概念。所以，我们认为这三个概念之间的关系是既不相互独立，又不相互包含，

中间具有一定的外延重叠。如果从学术角度而言，它们之间存在一定的联系，但逻辑关系并不清楚。

二、农业废弃物的定义

农业废弃物是指在种植业、林业、畜禽或水产养殖生产过程中，与种植业、林业、畜牧业和渔业产品生产、加工相关的活动中，以及农村居民日常生活中或者为日常生活提供服务的活动中产生的丧失原有价值的，或者原所有人、持有人已经抛弃、准备抛弃或必将抛弃的物质或能量。或者可以定义为：农业废弃物是指种植、营林、畜牧或水产养殖生产过程中，或者对上述生产过程生产的产品进行初级加工过程中，以及农村居民日常生活或者为日常生活提供服务的活动中产生的，不再具有原有利用价值，其所有人、使用人已经准备或必须丢弃的部分物质或能量。

这个概念包括以下一些特征：首先，农业废弃物是被其所有者、使用者已经丢弃，准备丢弃或必须丢弃的物质或能量。这些物质或能量在当前所有者或使用者眼里可能不仅没有任何利用价值，而且可能还被认作是一种负担。其次，这些物质或能量来源于农业初级生产过程或者农、林、畜牧和渔业产品的初级加工过程，以及农村居民的日常生活。最后，这些物质或能量可能具有替代资源的价值，或者具有再利用价值。

第二章 畜禽粪污的形成及处理原则

粪污是指畜禽养殖过程中产生的废弃物，包括粪、尿、垫料、冲洗水、动物尸体、饲料残渣和臭气等。由于废弃物中垫料和饲料残渣所占比重很小，动物尸体通常是单独收集和处理，臭气产生后即挥发，粪污中的这些物质将暂不予考虑，本书主要涉及畜禽粪、尿及其与冲洗水形成的混合物。

第一节 粪污的形成和特性

一、粪污的形成

（一）粪的形成

动物采食饲料，摄入的水、蛋白质、矿物质、维生素等营养物质在动物消化道内经过物理、化学、微生物等一系列消化作用后，将大分子有机物质分解为简单的、在生理条件下可溶解的小分子物质，经过消化道上皮细胞吸收而进入血液或淋巴，通过循环系统运输到全身各处，被细胞所利用。

动物饲料中的营养物质并不能全部被动物体消化和吸收利用。动物消化饲料中营养物质的能力称为动物的消化力。动物种类不同，消化道结构和功能亦不同，对饲料中营养物质的消化既有共同的规律，也存在不同之处。

各种动物对饲料的消化方法无外乎物理性消化、化学性消化和微生物消化。物理性消化主要靠动物口腔内牙齿和消化道管壁的肌肉运动把饲料撕碎、磨烂、压扁，为胃肠中的化学性

消化、微生物消化做好准备；化学性消化主要是借助来源于唾液、胃液、胰液和肠液的消化酶对饲料进行消化，将饲料变成动物能吸收的营养物质，反刍与非反刍动物都存在着酶的消化，但是非反刍动物酶的消化具有特别重要的作用；微生物消化对反刍动物和草食单胃动物十分重要，反刍动物的微生物消化场所主要在瘤胃，其次在盲肠和大肠，草食单胃动物的微生物消化主要在盲肠和大肠，消化道微生物是这些动物能大量利用粗饲料的根本原因。

当然，各类动物的消化也各具特点。非反刍动物，主要有猪、禽、马、兔等，其消化特点主要是酶的消化，微生物消化较弱；猪饲料中的粗纤维主要靠大肠和盲肠中微生物发酵消化，消化能力较弱；反刍动物，主要有牛、羊，其消化特点是前胃（瘤胃、网胃、瓣胃）以微生物消化为主，主要在瘤胃内进行，饲料在瘤胃经微生物充分发酵，其中，70%~85%的干物质和50%的粗纤维在瘤胃内消化，皱胃和小肠的消化与非反刍动物类似，主要是酶的消化；禽类对饲料中养分的消化类似于非反刍动物猪的消化，不同的是禽类口腔中没有牙齿，靠喙采食饲料，喙也能撕碎大块食物。禽类的肌胃壁肌肉坚韧，可对饲料进行机械磨碎，肌胃内的砂粒更有助于饲料的磨碎和消化。禽类的肠道较短，饲料在肠道中停留时间不长，所以酶的消化和微生物的发酵消化都比猪的弱。未消化的食物残渣和尿液，通过泄殖腔排出。

饲料中未被消化的剩余残渣，以及机体代谢产物和微生物等在大肠后段形成粪便。粪中所含各种养分并非全部来自于饲料，有少量来自于消化道分泌的消化液、肠道脱落细胞、肠道微生物等内源性产物。

（二）尿的形成

动物生存过程中，水是一种重要的营养成分。动物体内的水分布于全身各组织器官及体液中，细胞内液约占2/3，细胞

外液约占 1/3，细胞内液和细胞外液的水不断进行交换，维持体液的动态平衡。不同动物体内水的周转代谢的速度不同，用同位素氙测得牛体内一半的水 3.5 天更新一次。非反刍动物因胃肠道中含有较少的水分，周转代谢较快。各种动物水的周转受环境因素（如温度、湿度）及采食饲料的影响。采食盐类过多，饮水量增加，水的周转代谢也加快。

尿液是动物排泄水分的重要途径，通常随尿液排出的水可占总排水量的一半左右。消化系统吸收的水分、矿物质、消化产物等通过循环系统运输到全身各处，细胞产生的代谢废物（主要有水分、尿素、无机盐等）通过泌尿系统形成尿液，排出体外。

尿的生成是在肾单位中完成的，由肾小球和肾小囊内壁的滤过、肾小管的重吸收和排泄分泌等过程而完成，它是持续不断的，而排尿是间断的。血液流经肾小球时除大分子蛋白质和血细胞，血液中的尿酸、尿素、水、无机盐和葡萄糖等物质通过肾小球和肾小囊内壁的过滤作用，过滤到肾小囊腔中，形成原尿。当尿液流经肾小管时，原尿中对动物体有用的全部葡萄糖、大部分水和部分无机盐，被肾小管重新吸收，回到肾小管周围毛细血管的血液里。原尿经过肾小管的重吸收作用，剩下的水和无机盐、尿素和尿酸等就形成了尿液。将尿生成的持续性转变为间断性排尿，这是由膀胱的机能完成的。尿由肾脏生成后经输尿管流入膀胱，在膀胱中贮存，膀胱是一个囊状结构，位于盆腔内。当贮积到一定量之后，就会产生尿意，在神经系统的支配下，由尿道排出体外。

尿液排出的物质一部分是营养物质的代谢产物；另一部分是衰老的细胞破坏时所形成的产物，此外，排泄物中还包括一些随食物摄入的多余物质，如多余的水和无机盐类。

肾脏排尿量又受脑垂体后叶分泌的抗利尿激素控制。动物失水过多，血浆渗透压上升，刺激下丘脑渗透压感受器，反射

性地影响加压素的分泌。加压素促进水分在肾小管内的重吸收,尿液浓缩,尿量减少。相反,在大量饮水后,血浆渗透压下降,加压素分泌减少,水分重吸收减弱,尿量增加。此外,醛固酮激素在增加对钠离子重吸收的同时,也增加对水的重吸收,醛固酮激素的分泌主要受肾素-血管紧张素-醛固酮系统及血钾离子、血钠离子浓度对肾上腺皮质直接作用的调节。

动物摄入水量增多,尿的排出量则增加。动物的最低排尿量取决于必须排出溶质的量及肾脏浓缩尿液机制的能力。不同动物由尿排出的水分不同。禽类排出的尿液较浓,水分较少;大多数哺乳动物排出的水分较多。不同动物尿液浓度的近似值为牛 1.3 摩尔/升、兔 1.9 摩尔/升、绵羊 3.2 摩尔/升。肾脏对水的排泄有很大的调节能力,一般饮水量越少、环境温度越高、动物的活动量越大,由尿排出的水量就越少。

(三) 冲洗水

冲洗水是畜禽养殖过程中清洁地面粪便和尿液而使用的水,冲洗水与被冲洗的粪便和尿液形成混合物进入粪污处理系统。

冲洗水的使用量与畜禽粪污的清理方式有关,目前主要清理方式有干清粪、水冲清粪和水泡粪。

干清粪是采用人工或机械方式从畜禽舍地面收集全部或大部分的固体粪便,地面残余粪尿用少量水冲洗,冲洗水量相对较少。

水冲清粪是从粪沟一端的高压喷头放水清理粪沟中粪尿的清粪方式。水冲清粪可保持猪舍内的环境清洁、劳动强度小,但耗水量大且污染物浓度高,一个万头猪场每天耗水量在 200~250 立方米,粪污化学需氧量(COD)在 15 000~25 000 毫克/升,悬浮固体(SS)在 17 000~20 000 毫克/升。

水泡粪主要用于生猪养殖,是在猪舍内的排粪沟中注入一定量的水,粪尿、冲洗和饲养管理用水一并排放缝隙地板下的

粪沟中，储存一定时间后，打开出口的闸门，将沟中粪水排出。水泡粪比水冲粪工艺节约用水，但是由于粪污长时间在猪舍中停留，形成厌氧发酵，产生大量的有害气体，如硫化氢（ H_2S ），甲烷（ CH_4 ）等，恶化舍内空气环境，危及动物和饲养人员的健康。粪污的有机物浓度更高，后处理也更加困难。

二、粪污的形态

粪污的形态根据其中的固体和水分含量进行区分：直观上，粪污主要以固体和液体两种不同形态存在；如果按照粪污中固体物含量多少，则可将其形态进一步细分成固体、半固体、粪浆和液体，这4种形态的固体物含量分别为 $>20\%$ 、 $10\% \sim 20\%$ 、 $5\% \sim 10\%$ 、和 $<5\%$ 。由于畜禽种类不同，生理代谢过程不同，所排泄粪便的干湿程度和尿液的多少也有所差别，因而排泄时粪污的状态也不相同。粪污的相邻形态之间，如粪浆和半固体之间，并没有明显的分界线（图2-1）。

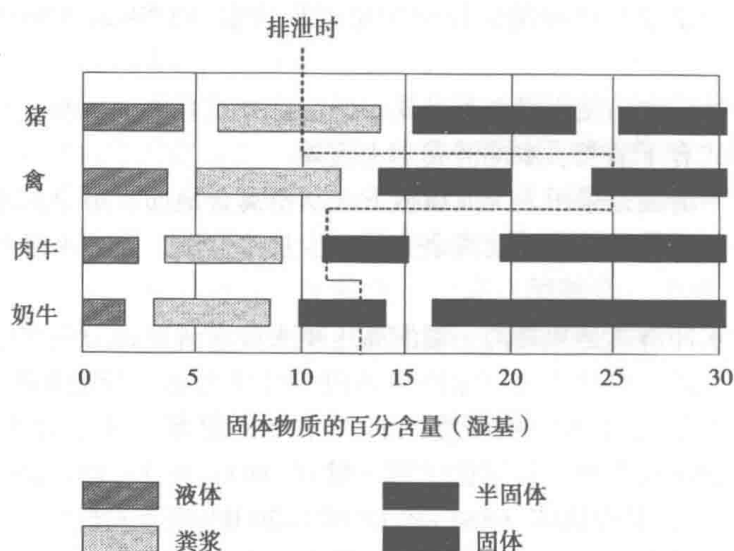


图2-1 不同畜禽粪污形态与固体物含量对应关系

当粪污受到外界环境影响，其中的固体物含量或水分含量发生变化时，可能从一种形态转变成另一种形态，另外，动物品种、饲喂日粮、垫草的类型和数量等因素都可能影响粪污的形态。

三、粪污量的影响因素

畜禽粪污由粪便、尿液以及冲洗水组成，因此，任何影响粪便、尿液和冲洗水量的因素也势必影响粪污的产生量。

（一）粪便量的影响因素

由于粪便由饲料中未被消化的剩余残渣、机体代谢产物和微生物等组成，因此，凡是影响动物消化生理、消化道结构及其机能和饲料性质的因素，都会影响粪便量。

1. 畜禽种类、年龄和个体差异

不同种类的畜禽，由于消化道的结构、功能、长度和容积不同，因而对饲料的消化力不一样。一般来说，不同种类动物对粗饲料的消化率差异较大，牛对粗饲料的消化率最高，其次是羊，猪较低，而家禽几乎不能消化粗饲料中的粗纤维。

畜禽从幼年到成年，消化器官和机能发育的完善程度不同，对饲料养分的消化率也不一样（表 2-1）。蛋白质、脂肪、粗纤维的消化率随动物年龄的增加而呈上升趋势，但老年动物因牙齿磨损和脱落，不能很好磨碎食物，消化率又逐渐降低。

表 2-1 不同年龄猪对各种养分的消化率 (%)

月龄	有机物	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物
2.5	80.2	68.2	63.6	11.0	89.4
4.0	82.1	72.0	45.4	39.4	90.5
6.0	80.9	73.6	65.0	36.9	88.1

(续表)

月龄	有机物	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物
8.0	82.8	76.5	67.9	36.4	89.8
10.0	83.4	77.6	72.6	35.1	90.2
12.0	84.5	81.2	74.5	46.2	90.1

资料来源：杨凤（2004）

同一品种、相同年龄的不同个体，因培育条件、体况、用途等不同，对同一种饲料养分的消化率也有差异。

畜禽处于空怀、妊娠、哺乳、疾病等不同的生理状态，对饲料养分的消化率也有影响。一般而言，空怀和哺乳状态动物的消化率比妊娠动物好，健康动物对饲料的消化率比生病动物要好。

2. 饲料种类及其成分

不同种类和来源的饲料因养分含量及性质不同，可消化性也不同。一般幼嫩青绿饲料的可消化性较高，干粗饲料的可消化性较低；作物籽实的可消化性较高，而茎秆的可消化性较低。

饲料的化学成分以粗蛋白和粗纤维对消化率的影响最大。饲料中粗蛋白愈多，消化率愈高；粗纤维愈多，则消化率愈低。

饲料中的抗营养物质有：影响蛋白质消化的抗营养物质或营养抑制因子有蛋白质酶抑制剂、凝结素、皂苷（皂素）、单宁、胀气因子等；影响矿物质消化利用的有植酸、草酸、棉酚等，如饲料中磷与植酸结合形成植酸磷，猪缺乏植酸酶，很难对其进行消化，因此，植物性饲料中的大多数磷都通过粪便形式排出（表 2-2）；影响维生素消化利用的抗营养物质有脂肪氧化酶、双香豆素、异咯嗪。各种抗营养因子都不同程度地影响饲料消化率。