



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century



动物营养学

第二版

杨 凤 主编

畜牧专业、动物营养及饲料加工专业用

第十章 饲料添加剂

中国 农业 出版 社





目的要求



在学习了解饲料添加剂概念和分类的基础上，**重点掌握**抗生素、益生菌和酶制剂等饲料添加剂的主要种类、作用特点、应用效果和各类添加剂的发展方向。



内 容

第一节 抗生素

第二节 酶制剂

第三节 益生菌

第四节 其他饲料添加剂



第一节 抗生素

◆ 一、概述

◆ 二、饲用抗生素的种类及应用效果

◆ 三、抗生素的作用机制

◆ 四、应用抗生素存在的问题





一、概述

1、抗生素 (Antibiotics, 曾称抗菌素)

微生物(细菌、放射菌、真菌等)的发酵产物, 对特异微生物的生长有抑制或杀灭作用。

广义的抗生素也包括用化学合成或半合成法生产的具有相同或相似结构或结构不同但功效相同的物质。



一、概述

2、饲用抗生素

指以亚治疗剂量应用于饲料中，以保障动物健康、促进动物生长与生产、提高饲料利用率的抗生素。



一、概述

3、发展分三阶段

第一阶段 50—60年代，种类：人畜共用；

第二阶段 60年代以后，

研制专用饲用抗生素；

第三阶段 从80年代开始

“无残留、无毒副作用、无抗药性”

专用饲用抗生素，人兽药分开。



二、饲用抗生素的种类及应用效果

1、种类：200多种，作为饲料添加剂的有60多种

- 多肽类 杆菌肽锌、硫酸粘杆菌素、持久霉素、维吉尼亚霉素等
- 大环内酯类 红霉素、泰乐菌素、北里霉素、螺旋霉素、林肯霉素等抗生素



二、饲用抗生素的种类及应用效果

- 含磷多糖类 黄霉素、魁北霉素；
- 聚醚类 莫能菌素、盐霉素；
- 拉沙里菌素；
- 四环素类 土霉素和金霉素；
- 氨基糖苷类 潮霉素B、越霉素A等；
- 化学合成抗菌化合物 磺胺类、喹乙醇、卡巴多、呋喃唑酮、硝呋烯腙及有机砷制剂。

2、饲用效果

表10-1 抗生素作猪生长促进剂的效果

	使用抗生素后的改善程度 (%)		
	1950-1977	1978-1985	1990-1996
断奶猪			
日增重	16.1	15.0	24.53
饲料利用率	6.9	6.5	5.9
生长育肥猪			
日增重	4.0	3.6	9.0
饲料利用率	2.1	2.4	3.6



二、饲用抗生素的种类及应用效果

- 与抗生素使用效果有关的因素
 - (1) 幼年动物比成年动物更有效
 - (2) 生产潜力发挥越低的动物效果越好;
 - (3) 环境条件越差，效果越突出
 - (4) 抗生素联合使用，效果更好

表10-2 抗生素结合使用的效果

抗生素	生长猪		生长鸡	
	提高日增重 (%)	提高饲料利用率 (%)	提高日增重 (%)	提高饲料利用率 (%)
四环素	10.8	6.3	7.3	5.1
青霉素	9.5	8.7	8.11	4.5
链霉素	-	-	7.3	1.9
青霉素+链霉素	14.9	7.4	-	-
四环素+青霉素+磺胺	22.9	8.5	-	-



三、 抗生素的作用机制

1. 抑制或杀灭病原微生物，减少发病率；
2. 抗生素能抑制动物肠道内有害微生物区系，有利于维持肠道微生物的平衡态；
3. 抗生素使小肠重量变轻，肠壁变薄，肠绒毛变长，提高养分吸收收率；
4. 减少幼龄动物的腹泻；

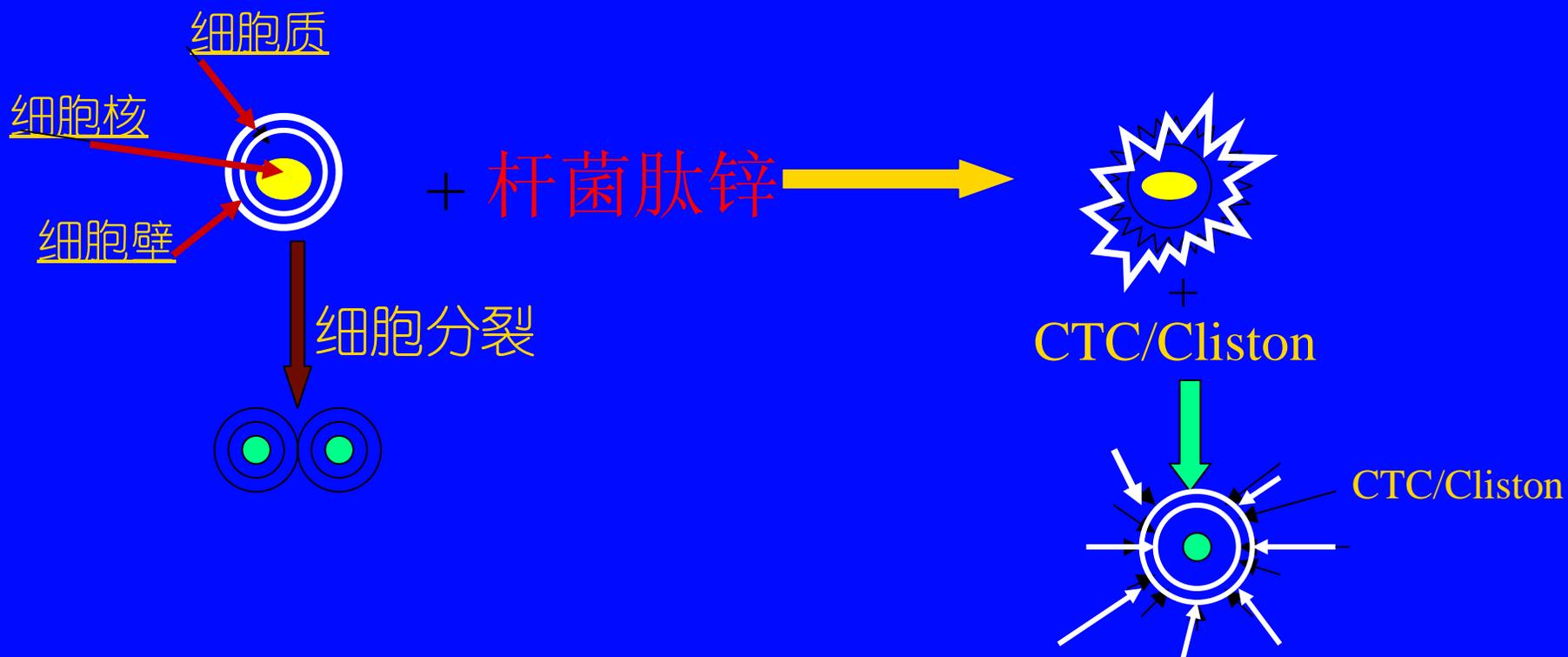
杆菌肽锌作用机理之一

- 与病原菌的细胞膜结合，使其通透性增加，胞浆易于流失。



杆菌肽锌作用机理之二

- 破坏细胞壁，使病原菌的细胞质和细胞核易于受到攻击。





四、应用抗生素存在的问题

1、焦点

- (1) 病原菌产生抗药性 问题;
- (2) 抗生素在动物产品和环境中的残留问题;





四、应用抗生素存在的问题

2、趋势

- (1) 加强管理，限用或禁用；
- (2) 加强兽用专用抗生素品种的开发，不与医用抗生素争品种；
- (3) 加强专用饲料添加用抗生素的研究开发；
- (4) 抗生素替代品的研究和开发。



四、应用抗生素存在的问题

3、采取的措施

(1) 立法:

《饲料与饲料添加剂管理条例》

日本：“饲料安全法”

(2) 制定畜产品中抗生素的最大允许残留标准及检测方法;



第二节 酶制剂

- ◆ 一、概述
- ◆ 二、酶制剂的应用
- ◆ 三、应用酶制剂尚需解决的问题





一、概述

1、概念

酶是一类具有生物催化活性的蛋白质，作为饲料添加剂的主要是助消化的水解酶，品种约20-30种。



一、概述

用量最大的有：五大类

非淀粉多糖酶；

包括纤维素酶、葡聚糖酶、木聚糖酶、甘露聚糖酶、半乳糖苷酶、胶酶。

植酸酶；

淀粉酶；

蛋白酶；

脂肪酶。





一、概述

2、 饲用酶制剂发展迅速的主要原因

- (1) 饲料资源的利用与开发;
- (2) 动物由于生理（如幼龄、老年、高产）或病理（如应激、疾病）因素的影响使体内缺乏某些酶（如单胃动物的纤维素分解酶、植酸酶）或消化酶分泌不足;



一、概述

(3) 生态畜牧业的需要;

提高饲料养分的利用率, 大大降低有机质、氮、磷等物质的排泄量, 减少对环境的污染

(4) 酶制剂是一种最安全的饲料添加剂, “天然”或“绿色”。



二、酶制剂的应用

1、基本情况

品种虽然有**20**多个，但主要集中在少数几种。

在欧洲，木聚糖酶用量最大，占使用总量的**40%**，其次是 β -葡聚糖酶，占**27%**，植酸酶占**20%**， α -淀粉酶和蛋白酶共占**3%**，果胶酶占**5%**。美国由于饲料类型是玉米—豆粕型，甘露聚糖酶的用量较大，占酶总消耗量的**10%**。



二、酶制剂的应用

2 使用条件

(1) 饲料类型

不同饲料因所含的抗营养因子的种类和数量不同，所适用的酶制剂种类就有异。

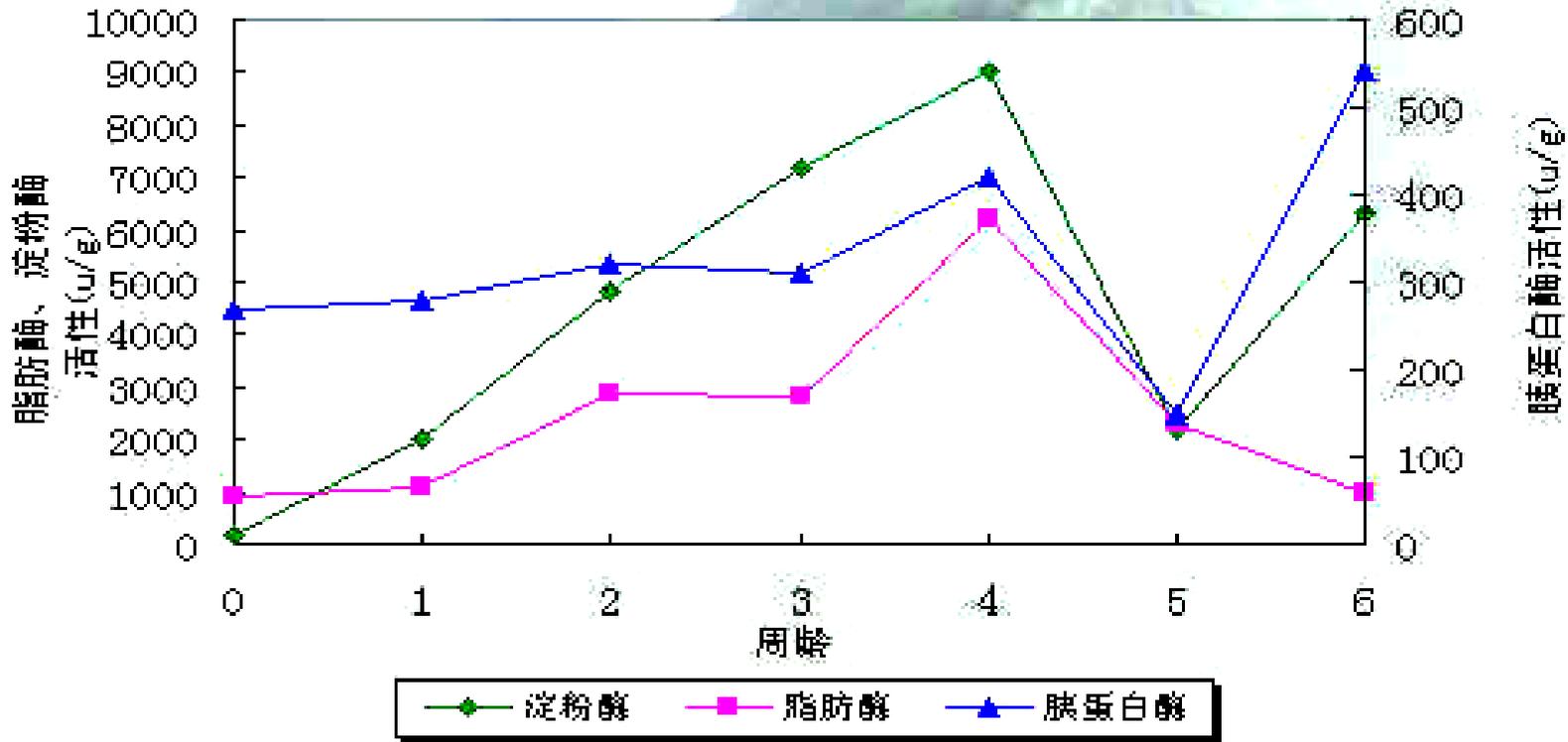
(2) 动物状态

单胃动物、幼龄动物、老龄动物、高产动物以及患病动物使用酶制剂的效果明显。

动物
需酶

幼龄动物
断奶时
健康状态不佳
应激状态状况时

蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶。



▲ 断乳

对仔猪内源性酶产量的影响



二、酶制剂的应用

(3) 环境条件

动物在断奶前后、高温季节、换料之后以及其他应激状态下更应使用酶制剂。

目前市场上主要使用的复合酶



二、酶制剂的应用

3、酶的应用效果

- (1) 饲料加酶能够提高动物生长速度;
- (2) 改善饲料利用率;
- (3) 降低动物发病率;
- (4) 减少养分的排泄量;
- (5) 提高生产效益;



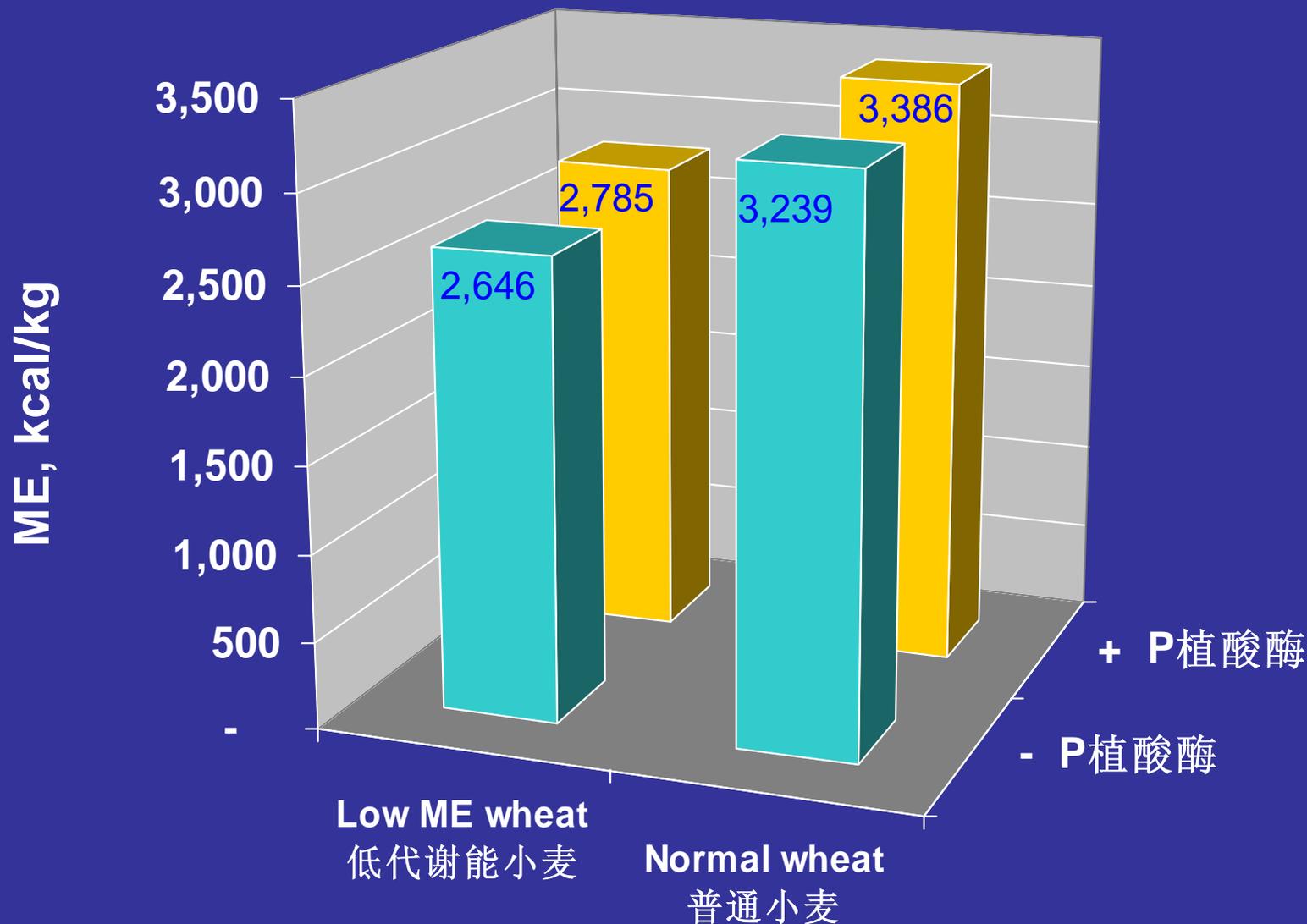
二、酶制剂的应用

1) 家禽日粮中的应用

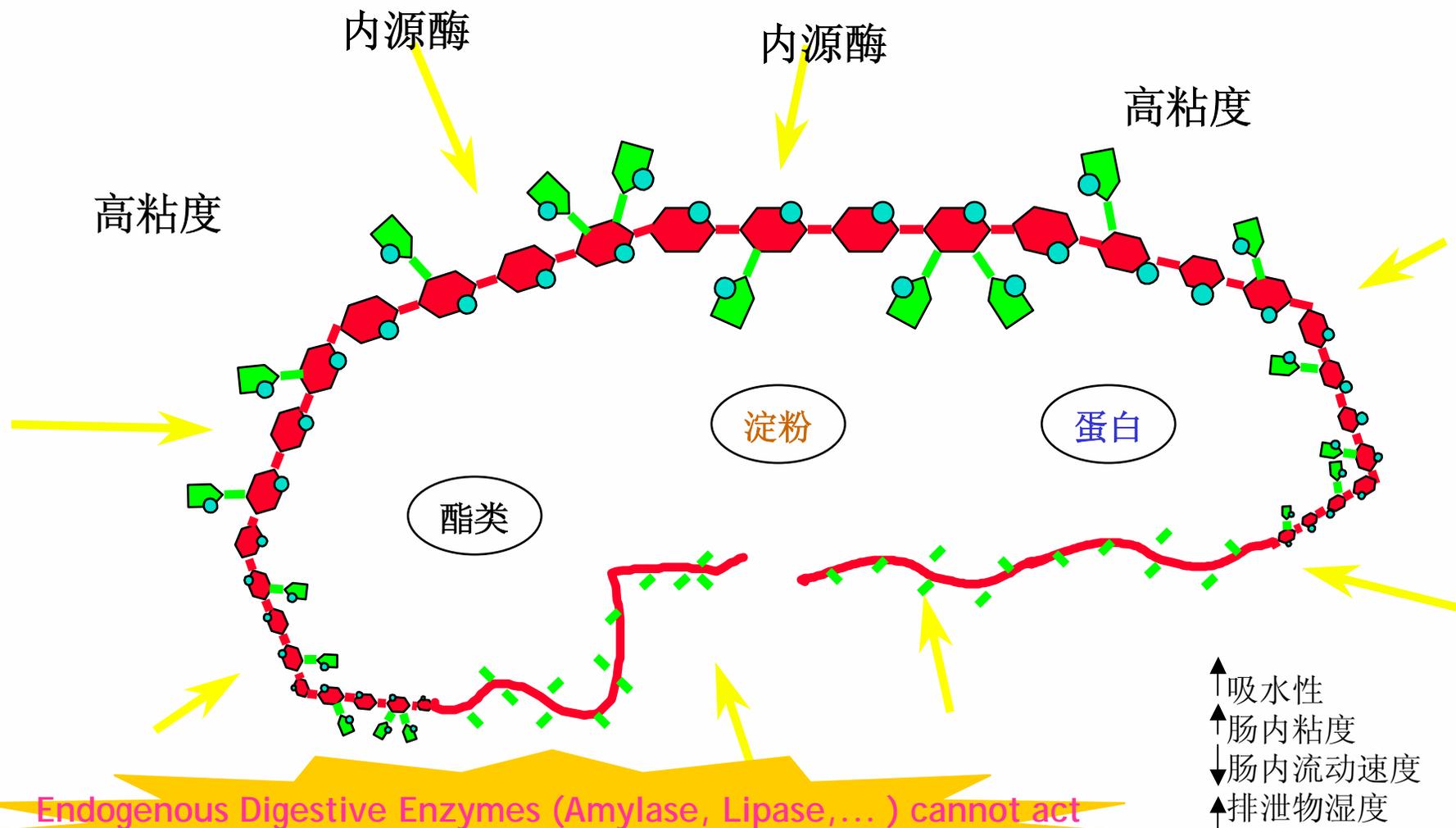
植酸酶，显著提高磷的利用率，降低无机磷的添加量，提高饲粮磷的利用率**30-70%**，从而减少磷的排泄量。

麦类饲料的**NSP**（ β -葡聚糖和木聚糖）对肉鸡的危害很大。**NSP**对猪的作用较小。家禽饲粮应特别注意使用 β -葡聚糖酶和木聚糖酶。

植酸酶对低质和普通质量的小麦的表观代谢能的影响 (Ravandrin et al 1999)

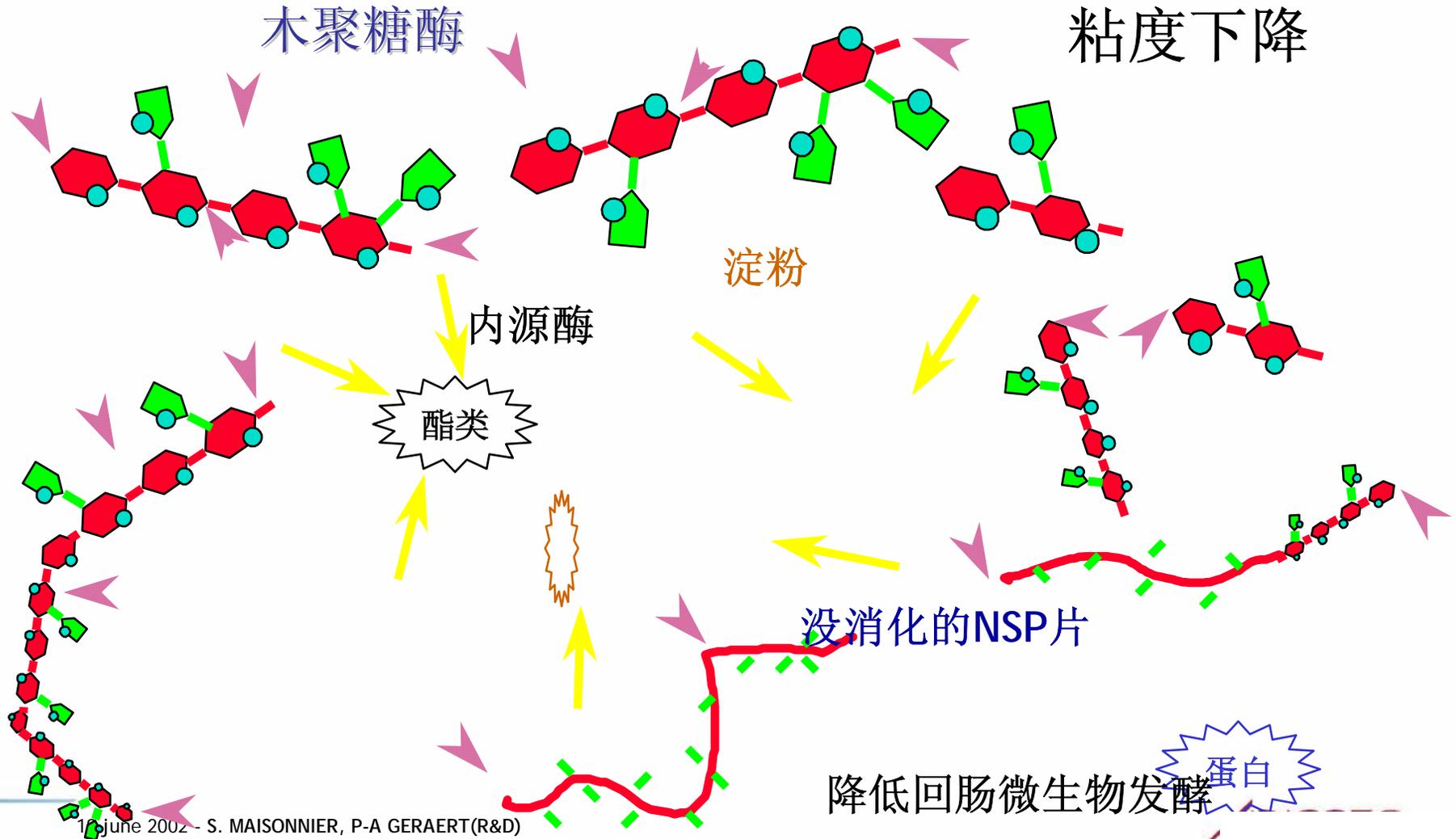


木聚糖作用



Endogenous Digestive Enzymes (Amylase, Lipase,...) cannot act because of the cage effect trapping valuable nutrients

木聚糖酶作用





二、酶制剂的应用

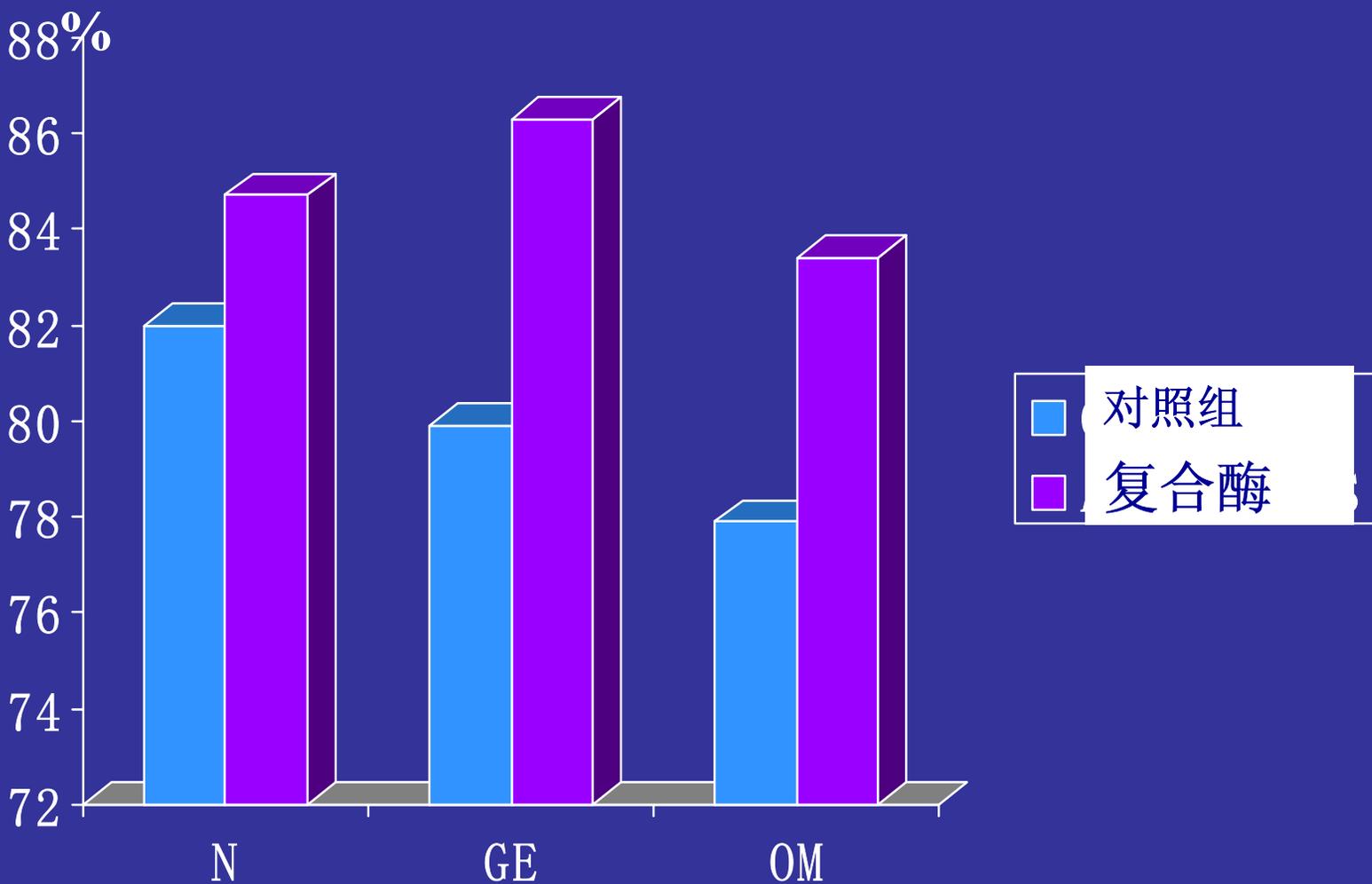
2) 猪日粮中的应用

早期断奶仔猪饲喂复合酶，增重和饲料转化率得到改善；

生长猪日粮+木聚糖酶，日增重提高
22.6%；

生长猪日粮+植酸酶，**Fe、Zn、Cu**的表观消化率提高。

某复合美对玉米豆粕型日粮消化率（仔猪）的影响



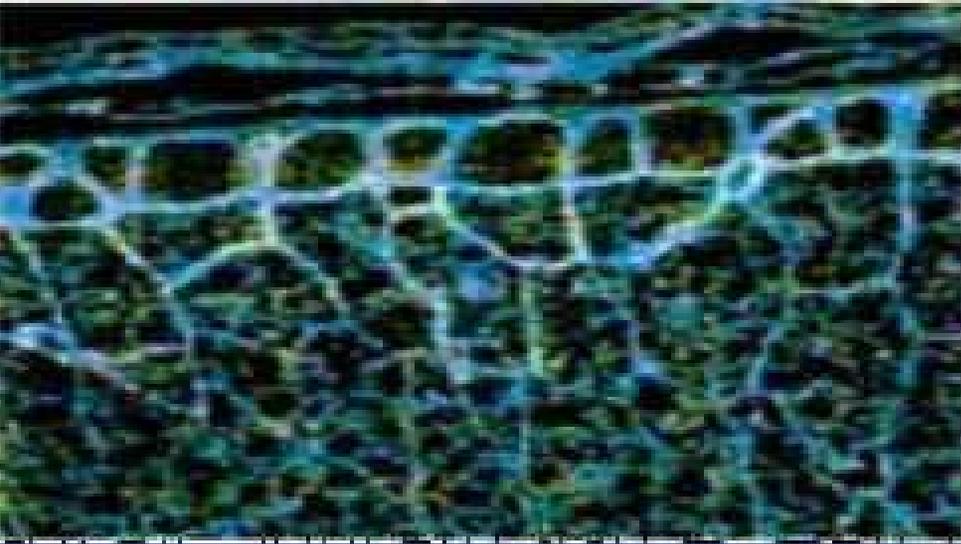


二、酶制剂的应用

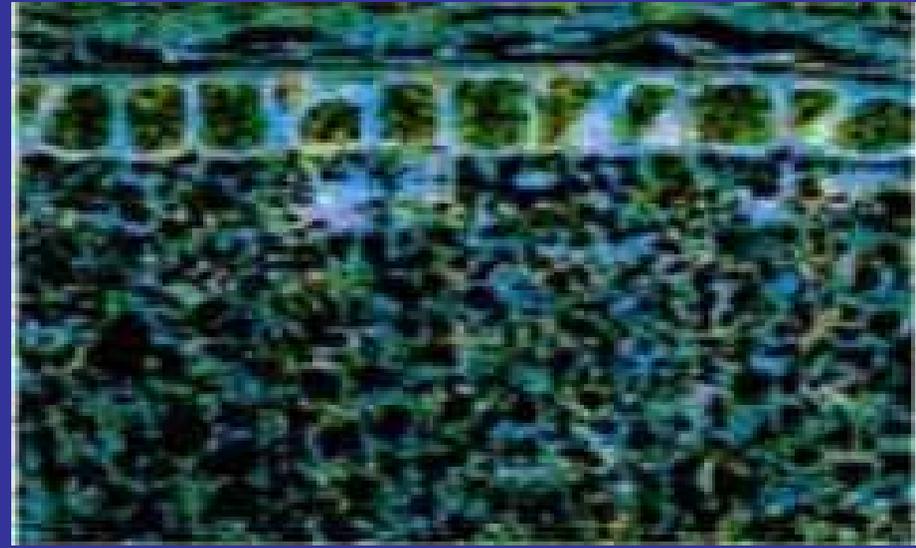
3) 草食动物中的应用

- 增乳：乳牛日粮+纤维素酶，增乳
- 增重：幼年反刍动物饲喂酶，助消化，促生长。
- 兔、鹿日粮中应用取得良好效果。

纤维素酶对植物细胞壁的降解



酶处理前：营养物质被细胞壁包围，不易被动物吸收利用。



酶处理后：细胞壁被分解，细胞内营养物质释放出来，可被动物所吸收利用。



二、酶制剂的应用

4、酶制剂的应用方式

主要有以下几种：

(1) 直接将固体状的饲用酶制剂添加在配合饲料之中。

目前的主要应用方式，特点是操作简单，但饲料制粒可能破坏酶的活性。



二、酶制剂的应用

- (2) 将液态酶喷洒在制粒后的颗粒表面。国际上正在推行这种方式，其优点是避免了制粒对酶活的影响，但液态酶本身的稳定性比固态酶差。
- (3) 用于饲料原料的预处理。
- (4) 直接饲喂动物。

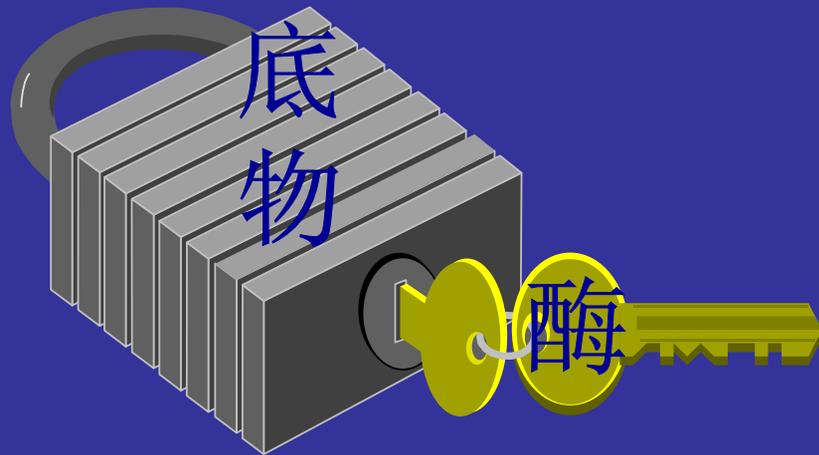


三、应用酶制剂尚需解决的问题

底物，酶和终产物

酶必须与其作用的底物相匹配

终产物的可消化性，可利用性，可吸收性





三、应用酶制剂尚需解决的问题

主要在两个方面：

(1) 基础研究

- 1) 酶动力学及其变异规律；
- 2) 外源酶与内源酶的作用机制；
- 3) 酶活力检测标准；
- 4) 酶的生产工艺和稳定化技术等内容的研究。



三、应用酶制剂尚需解决的问题

(2) 应用研究

- 1) 专用高效的酶制剂配方；
- 2) 酶的最适添加量、添加时机与使用方法；
- 3) 加工贮藏影响、与其他添加剂的关系等。



第三节 益生菌

- ◆ 一、概述
- ◆ 二、益生菌的种类
- ◆ 三、益生菌的应用效果
- ◆ 四、存在问题与发展方向
- ◆ 五、化学益生菌





一、概述

1、概念

Parker (1974) 提出:

可以直接饲喂动物并通过调节动物肠道微生物生态平衡, 达到预防疾病、促进动物生长和提高饲料利用率的活性微生物或其培养物。





一、概述

2、 益生菌产品，必须具备以下特性

- 必须能够到达小肠并在此繁育；
- 必须是非病原性的和无毒的；
- 必须有足够数量的活菌以建立和维持肠道微生物平衡；
- 可被迅速激活并有很高的生长率；
- 在储存和加工条件下有很强的耐受能力。



二、益生菌的种类

美国已批准菌种有**43**种。主要有两大类：

1、乳酸杆菌类：

- **G+**,厌氧或兼性厌氧；
- 耐酸(**pH 3.0-4.5**),不耐热(**65-75℃**)；
- 产生—酸菌素 (**Acidoline**)，可有效抑制大肠杆菌和沙门氏菌的生长。

目前主要应用的是嗜酸乳酸杆菌、双歧杆菌和粪链球菌。



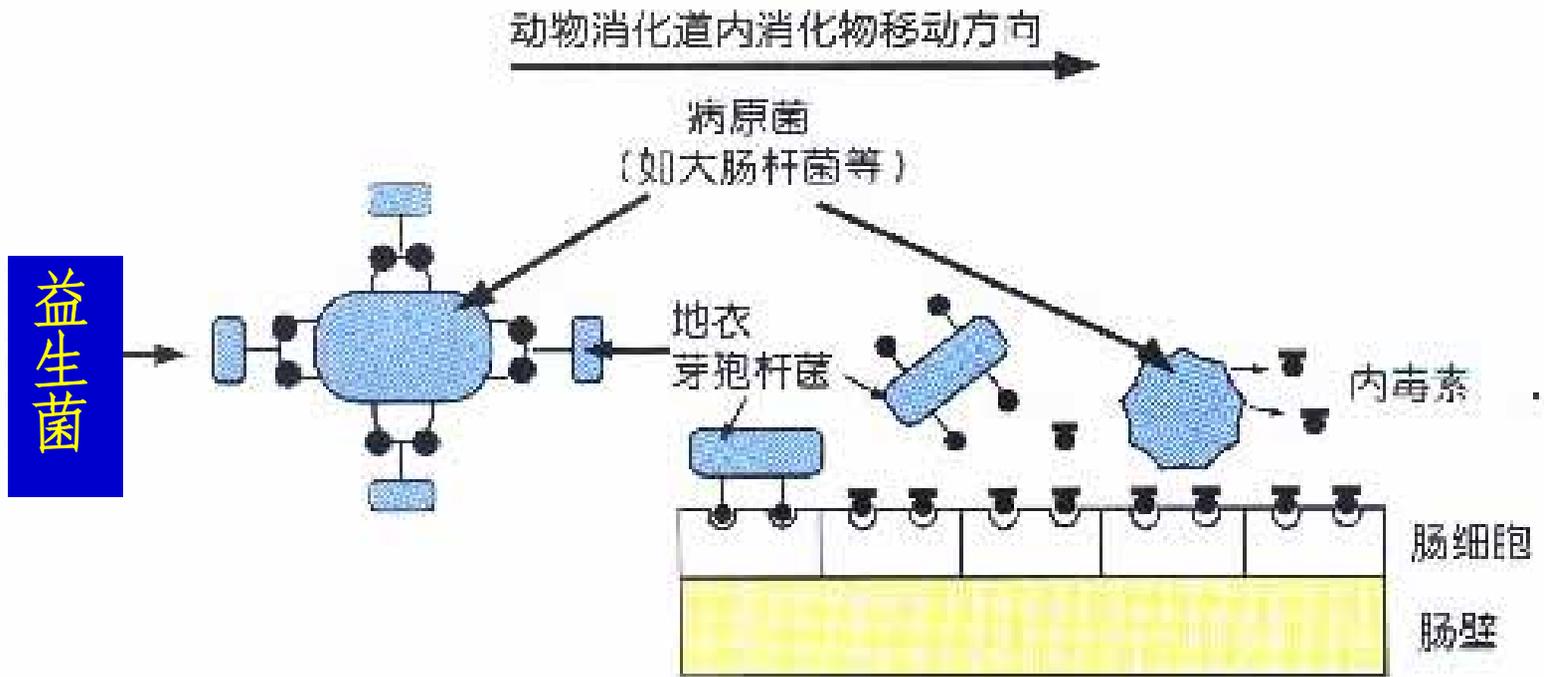
二、益生菌的种类

2、芽孢杆菌类：

- (1) 需氧芽孢杆菌中的不致病菌，
- (2) 耐酸、耐盐、耐高温（100℃）、耐挤压。
- (3) 蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶
- (4) 平衡和稳定乳酸杆菌

目前使用的主要是枯草杆菌、地衣芽孢杆菌和东洋（toyi）杆菌。

益生菌的作用机理



肠道屏障，抑制致病菌，排出毒素



三、 益生菌的应用效果

1、 效果

- (1) 提高增重和饲料转化率;
- (2) 增强机体免疫机能, 防病治病;
- (3) 降低死亡率、提高生产效益等功效;



三、 益生菌的应用效果

2、 影响益生菌作用效果的因素

- (1) 动物种类;
- (2) 动物年龄与生理状态、环境卫生状况;
- (3) 益生菌种类、使用剂量、饲料加工储藏条件;
- (4) 饲料中其他饲料添加剂（如抗生素、矿物元素）的使用情况等。



四、存在的问题和发展方向

1、存在的问题

- (1) 益生菌的作用机制了解少。
- (2) 品种较少，菌种单一。
- (3) 产品缺乏质量标准，应用效果不稳定。
- (4) 影响应用效果的因素缺乏定量研究。

基础研究与应用
研究的重点



四、存在的问题和发展方向

2、发展方向

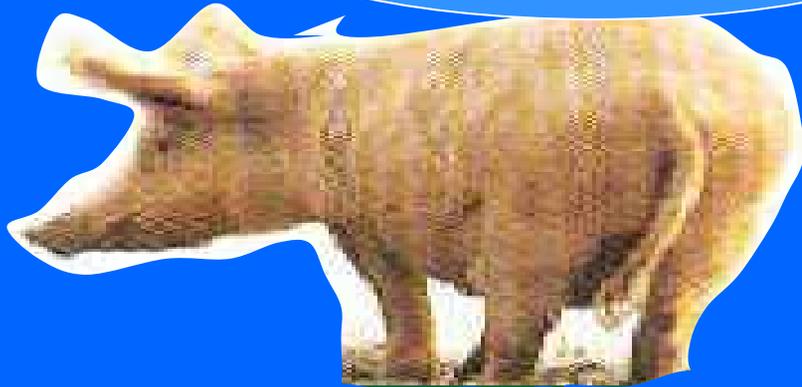
利用生物技术开发具有独特功效的遗传工程菌。

如产赖氨酸乳酸菌、高纤维分解菌、植物毒素分解菌等。



五、化学益生菌

不消化、不吸收、不利用



?

有益菌

不能利用

有害菌

我能利用，爽





五、化学益生菌

- 是一类具有益生菌功效的化学合成物质，本质上为低聚糖。
- 增殖有益菌，使其在肠道形成优势种群，维护肠道健康，促进动物生长。
- 目前已形成产品的化学益生菌有果寡糖、甘露寡糖和半乳寡糖三种。



第四节 其他饲料添加剂

- ◆ 一、激素
- ◆ 二、营养重分配剂
- ◆ 三、酸化剂
- ◆ 四、缓冲剂
- ◆ 五、离子载体和甲烷抑制剂
- ◆ 六、离子交换化合物





二、激素

1、概述

- (1) 激素曾作为牛、猪、禽的生长促进剂，获得良好增重效果。
- (2) 食品安全问题
- (3) 目前激素只在少数国家作为饲料添加剂使用，许多国家则用法律禁止使用



一、激素

2、常用激素有两类：

(1) 性激素：已烯雌酚(**DES**)、已雌酚(**Hexestrol**)、孕酮

可提高蛋白质合成强度，但实用尚有问题

(2) 促、抑甲状腺激素类：

- 碘化酪蛋白—人工合成，促甲状腺制剂
- 硫脲嘧啶—人工合成，抑甲状腺制剂



二、营养重分配剂

1、概述

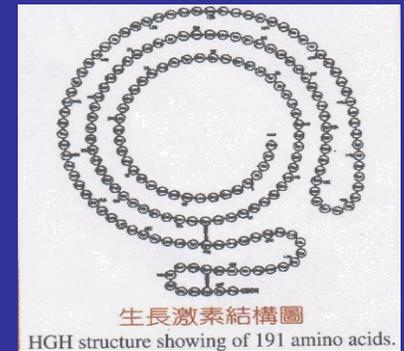
能改变体内瘦肉与脂肪比例的化合物，称为营养重分配剂。生长激素和 β -肾上腺素能刺激剂就是其中两类化合物。



二、营养重分配剂

(1) 生长激素—具有调节动物代谢，并将吸收的营养物质朝着有利于肌肉组织增长方向分配的作用。

生长激素是一种蛋白质，有种属特异性。





二、营养重分配剂

(1) 生长激素

- 1) 牛生长激素 (BST): 促使母牛产奶量增加15-20%, 饲料利用率可提高15.2%
- 2) 羔羊注射生长激素: 体重可提高21%, 饲料利用率提高11%。
- 3) 猪生长激素 (PST): 可使增重速度提高17-18%, 饲料利用率可提高8-20%, 可多增加13-16%的瘦肉, 背膘厚度可降低8-13%



二、营养重分配剂

• 使用生长激素时应注意以下问题：

- 1) 提高饲粮蛋白质和氨基酸水平。饲粮钙磷水平是否需增加，尚需进一步研究。
- 2) 受生长激素处理的猪，皮下脂肪变薄，隔热性能差；新陈代谢增强，产热增加，故对环境温度的变化很敏感。



二、营养重分配剂

- 3) 使用生长激素可能引起动物育种计划的改变，育种目标及其经济价值需重新考虑，遗传和表型参数需重新评估。
- 4) 使用生长激素后，由于胴体瘦肉率的提高和组织间脂肪分布的变化，猪肉的品质和可加工性会下降。



二、营养重分配剂

(2) β -肾上腺素能刺激剂

又叫 β -兴奋剂

- 国家以法律的形式禁用



三、酸化剂

1、概念

能使饲料酸化的物质叫酸化剂。

- (1) 增加幼龄动物发育不成熟的
- (2) 消化道的酸度
- (3) 刺激消化酶的活性
- (4) 杀灭或抑制饲料本身存在的微生物，抑制消化道内的有害菌，



三、酸化剂

2、酸化剂种类

(1) 单一酸化剂

延胡索酸正效果

柠檬酸正效果

磷酸效果不佳

硫酸和盐酸基本无效。

(2) 以磷酸为基础的复合酸

(3) 以乳酸为基础的复合酸

(3) 优于 (2)



三、酸化剂

3、酸化剂应用对象

(1) 主要是仔猪:

在断奶仔猪饲粮中添加**1-2%**柠檬酸和延胡索酸，可提高增重**4-7%**，改善饲料利用效率**5-10%**，降低仔猪腹泻率**20-50%**。



三、酸化剂

(2) 饲粮类型

全植物性饲粮酸化的效果比含大量动物性饲料的效果更好。

(3) 肉鸡和犊牛饲粮中添加酸化剂对动物健康和生长也有一定的促进作用。



三、酸化剂

4、酸化剂适宜添加量

延胡索酸：2-3%；

柠檬酸：1%；

复合酸化剂：0.1-0.3%。



三、酸化剂

5、异位酸 (Isoacids)

- (1) 适用对象 是专用于成年反刍动物的有机酸制剂。包括异戊酸、 α -甲基丁酸、戊酸、异丁酸。
- (2) 适用情况 当反刍动物大量利用**NPN**或饲料可降解蛋白质水平很低时，瘤胃产生的支链脂肪酸就不足，从而限制瘤胃微生物的代谢。



三、酸化剂

- 异位酸为瘤胃微生物重新合成支链氨基酸所必需。
- 添加异位酸可以改善微生物代谢，提高生产性能。如，奶牛饲粮中使用一种名为 **Eastman Isoplus** 的异位酸，每天可多产奶 **1.8-2.3kg** 。



四、缓冲剂

- 1、适用对象：主要是反刍动物
- 2、适用情况：在反刍动物中使用高精料饲料或由高纤维饲料转化过程中造成的VFA过量。
- 3、作用：预防酸中毒，提高瘤胃的消化功能，从而改善生产性能。



四、缓冲剂

4、常用的缓冲剂：碳酸氢钠

5、研究表明：奶牛在分娩后的饲料中添加**0.7%**的碳酸氢钠，采食量和产奶量可分别提高**9%**和**10%**。

6、反刍动物饲喂纤维饲料时不必使用缓冲剂

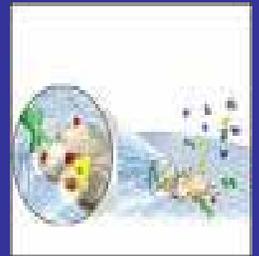


五、离子载体和甲烷抑制剂

1、离子载体

(1) 概念

是一类广泛应用于牛的由链霉菌属真菌生产的抗生素制剂，可与金属离子作用，作为这些离子通过细胞膜的载体。





五、离子载体和甲烷抑制剂

(2) 主要产品

莫能菌素 (monensin)

拉沙里菌素 (lasalocid)

盐霉素 (salinomycin)

Lysocellin、

甲基盐霉素 (narasin) 等



五、离子载体和甲烷抑制剂

(3) 离子载体的作用

- 1) 提高瘤胃 **VFA** 中丙酸的比例，降低 **CO₂** 和 **CH₄** 的产量，提高动物生长率和饲料能量利用率。
- 2) 促进牛肝糖原的合成，提高血糖浓度，缩短产后发情间隔。



五、离子载体和甲烷抑制剂

3) 在瘤胃，离子载体可抑制革兰氏阳性菌，抑制乳酸生成菌的生长，防止酸中毒。离子载体还有利于控制球虫病、瘤胃胀气和牛急性肺气肿。



五、离子载体和甲烷抑制剂

2、甲烷抑制剂

- 瘤胃发酵产生大量 CH_4 ，导致能量损失。
- 饲料添加甲烷抑制剂可降低甲烷产量，
- 高能量利用率。
- 目前用作甲烷抑制剂的产品主要是离子载体物质。其中，瘤胃素应用最普遍，用量最大



六、离子交换化合物

应用价值最大、效果最好的是沸石。其作用：

- 1、为动物提供必需矿物元素，吸附肠道中的氨、硫化氢、二氧化碳等极性物质和肠道有害微生物，改善肠道内环境。



六、离子交换化合物

2、吸附作用

吸附铵离子并缓慢释放提高对**NPN**的利用率；

吸附霉菌毒素——→解毒

3、沸石的催化特性可激活一些酶的活性，提高饲料消化率。



六、离子交换化合物

4、沸石可吸附排泄物中的氨，降低畜舍空气中氨气浓度。

各类动物均可使用，添加量以小于**5%**为宜。



The End

