

谷子林  
主编



# 家兔饲料 的配制与配方

中国农业出版社

谷子林 主编

55127000

# 家兔饲料 的 配制与配方

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

家兔饲料的配制与配方/谷子林主编. —北京: 中国农业出版社, 2002.1

ISBN 7-109-07313-0

I. 家... II. 谷... III. ①兔—饲料—配制②兔—饲料—配方 IV. S829.15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 079710 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)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 刘振生

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/32 印张: 7.25

字数: 155 千字 印数: 1~10 000 册

定价: 8.00 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：**谷子林（电话：0312-2091230）

**副主编：**陈宝江 黄仁录 齐遵利 任文社

**编 者：**谷子林 黄仁录 齐遵利 任文社

陈宝江 黄玉亭 赵 杰 刘玉华

李树友 李 江 魏忠华 马学会

冯自科 任继泉 代才申 张凤义

## ※ 前 言 ※

近年来，我国养兔业发展迅速，养兔已经成为很多农民脱贫致富的重要途径，一些下岗职工重新就业的优选项目，一些地区新的经济增长点。小兔子为中国的经济建设作出了突出贡献。我国养兔业已经走向商品经济的轨道，正向着规范化、规模化和现代化的方向迈进。我国产业结构的调整和即将加入世贸组织，预示着中国养兔业具有更大的发展潜力。

饲料是营养的载体，营养是家兔生产的物质基础。没有合格的饲料，没有全价的营养，养兔就好比无米之炊。回顾中外养兔历史，无论是成功的范例，还是失败的典型，无不与饲料和营养有关。因此，一些成功的兔场悟出“养兔先抓料，越抓越有效”的道理。而有些兔场，不懂饲料，不了解营养，不知道饲养标准，不会配料，结果在饲料方面栽了跟头。前人的经验和教训，是值得我们认真借鉴和汲取的。

笔者从事家兔科研、教学和生产 20 多年，经常收到全国各地养兔爱好者的信和来电，也经常接待一些养兔爱好者来访，咨询和探讨有关养兔饲料和营养方面的问题，他们希望提供一套较完整、先进、实用的技术资料。不谋而合，中国农业出版社也来信，要求笔者编著一部家兔饲料和配方方面的用书。《家兔饲料的配制与配方》就是在这样的背景下出版的。

为了使广大读者了解家兔的营养知识和学会配方设计技术，本书介绍了家兔的消化生理、营养需要和饲养标准、家兔的常用饲料、饲料的加工和调制和饲料配方设计等。为方便广大读者，本书还收集了目前我国养兔的常用饲料，利用正交设计原理，结合笔者试验数据和实践经验，进行了合理配伍，设计出家兔饲料配方 156 个，其中生长兔配方 60 个，妊娠和泌乳兔配方各 48 个。

本书具有较强的针对性、实用性和先进性。无论是饲料的介绍，还是配方的设计，都密切结合中国国情，与家兔生产紧密相连。针对我国养兔人员素质和管理水平的不断提高，养兔现代化进程的不断推进和计算机技术的普及应用的现实，本书还着重介绍一些新的知识、产品和技术。在配方设计中，除了介绍常规的试差法和对角线法外，还介绍了利用计算机进行配方设计的原理和利用配方软件进行配方设计的具体操作。

家兔有其自身的消化规律和营养特点，相对其他家畜，在家兔的研究方面仍然处于薄弱环节，成果较少，资料相对匮乏。尽管作者尽力收集资料，力求写好这本书，但是限于知识、水平和能力，也限于时间和条件，很难满足广大读者的要求，殷切希望广大读者通过养兔实践和验证，提出批评和建议。

谷子林

2001 年 9 月于保定

# 目 录

## 前言

### 一、家兔的消化生理特点 ..... 1

- (一) 营养物质在口腔内的消化 ..... 2
- (二) 营养物质在胃内的消化 ..... 4
- (三) 营养物质在小肠内的消化 ..... 7
- (四) 营养物质在大肠内的消化 ..... 10
- (五) 家兔消化生理的特殊性 ..... 12

### 二、家兔的营养需要与饲养标准 ..... 19

- (一) 家兔对能量的需要 ..... 19
- (二) 家兔对蛋白质的需要 ..... 23
- (三) 家兔对脂肪的需要 ..... 28
- (四) 家兔对纤维素的需要 ..... 30
- (五) 家兔对矿物质的需要 ..... 31
- (六) 家兔对维生素的需要 ..... 37
- (七) 家兔对水的需要 ..... 43
- (八) 家兔的饲养标准 ..... 45

|                     |     |
|---------------------|-----|
| <b>三、家兔的饲料</b>      | 56  |
| (一) 能量饲料            | 56  |
| (二) 蛋白质饲料           | 64  |
| (三) 粗饲料             | 75  |
| (四) 青绿多汁饲料          | 78  |
| (五) 矿物质饲料           | 84  |
| (六) 维生素饲料           | 93  |
| (七) 饲料添加剂           | 100 |
| <b>四、家兔饲料的加工与调制</b> | 106 |
| (一) 能量饲料的加工与调制      | 106 |
| (二) 蛋白质饲料的加工与调制     | 108 |
| (三) 粗饲料的加工与调制       | 119 |
| (四) 青绿多汁饲料的加工与调制    | 125 |
| (五) 配合饲料的加工与调制      | 126 |
| (六) 颗粒饲料的加工         | 130 |
| <b>五、家兔饲料的配方设计</b>  | 133 |
| (一) 全价饲料配方设计        | 133 |
| (二) 利用计算机优化饲料配方     | 146 |
| (三) 浓缩饲料配方设计        | 155 |
| (四) 预混料配方设计         | 158 |
| <b>六、家兔饲料配方选辑</b>   | 171 |
| (一) 饲料配方设计与使用说明     | 171 |
| (二) 生长兔饲料配方         | 173 |
| (三) 妊娠兔饲料配方         | 189 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| (四) 泌乳兔饲料配方 .....           | 202 |
| <b>附录 家兔常用饲料营养成分表</b> ..... | 215 |
| <b>主要参考文献</b> .....         | 220 |



## 家兔的消化生理特点

饲料配制和配方设计的目的是为了给家兔提供全价的营养，以满足家兔不同生理阶段的需要。而饲料的营养物质转变为家兔自身的营养受到众多因素的制约，其中家兔的消化生理是最重要的因素。要使饲料的营养物质最大限度地成为家兔自身营养，无论是饲料的配制，还是配方的设计，都必须适应家兔的消化生理特点。

家兔的消化系统由消化道和消化腺两部分组成。消化道是由口腔至肛门的一条很长的管道，是食物通过的通道，约为体长的 10~15 倍。消化系统的机能是摄取食物、消化食物和吸收营养物质，并排出粪便。消化道包括口腔、咽、食道、胃、小肠（十二指肠、空肠和回肠）、大肠（盲肠、结肠和直肠）和肛门。消化腺包括唾液腺、肝、胆、胰腺、胃腺和肠腺。家兔在生命活动过程中不断从外界摄取各种营养物质，以满足生命活动的需要，除了水分、无机盐和维生素等少量物质被直接吸收外，其余的营养物质必须在消化道内

经过复杂的物理、化学和生物学的变化，特别是经过酶的活动，才能变成小而可溶性的物质被兔体吸收利用。而这些起重要作用的酶是由消化腺体分泌的。现根据家兔消化系统的前后顺序，对其解剖特点和营养物质的消化进行分别介绍。

## （一）营养物质在口腔内的消化

1. 口腔的结构特点及功能 口腔为消化道的入口，其主要功能是摄取饲料和水，吮吸、尝味、泌涎和对食物进行机械破碎并形成食团，为后段的化学消化奠定基础。

兔子口腔的显著特点之一是3片嘴唇，上唇裂开，形成豁嘴，因而门齿容易露出，便于采食。成年家兔的牙齿有28枚，即上门齿2对（大门齿后有1对小门齿，隐藏在大门齿之后），下门齿1对，无犬齿，上颌前后臼齿各3对，下颌前臼齿2对，后臼齿3对。小兔出生就有牙齿，不过乳牙仅16枚，即无后臼齿，其他与成兔相同。其乳臼齿在生后3周换为恒齿。它们的齿式分别为：

|      |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 成兔齿式 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 3 |
|      | 3 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| 乳兔齿式 | 0 | 3 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 |
|      | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 |

(左)后臼齿 前臼齿 犬齿 门齿 门齿 犬齿 前臼齿 后臼齿(右)

图1 家兔齿式示意图

家兔的牙齿发达，略往外突出，微弯曲成弧形。门齿外面覆盖着一层釉质，具有耐磨和耐腐蚀性。釉质在门齿的前面厚，后面薄，因而使前后的磨损速度不同，后部磨损快，

使门齿形成永久性的凿状切缘，这样有利于牙齿咬住并切断饲料。门齿终生生长，逐渐磨损。家兔臼齿冠发达，表面有3条尖锐的隆起线和1~2条阜状脊，有助于将饲料磨碎。齿的作用是摄取和咀嚼饲料，使饲料由大变小，由粗变细，有助于消化液和微生物对其进行分解，同时促进大量的唾液分泌，使饲料润滑，避免在吞咽时粗硬的饲料损伤咽和食道黏膜。此外，咀嚼动作可反射性地引起胃肠道的蠕动和分泌，为饲料的消化做好准备。

口腔底部有一个发达灵活的舌，表面覆盖黏膜，舌下表面光滑，上表面粗糙，着生各种小乳头，有助于夹持饲料。乳头中间分布着很多被称作味蕾的化学感受器，尤其是在舌的尖部最多，中部和根部较少。味蕾可感受酸、甜、苦、辣、咸等不同味道。感受不同味道的味蕾有不同的区域分布。兔是味觉最发达的动物之一，因而对饲料有敏锐的辨别力和选择性。在舌根的后方有较厚的淋巴组织叫扁桃体，凹陷处叫扁桃体窝。舌参与饲料的咀嚼，充当搅拌器的作用，将饲料送到齿下磨碎，并将磨碎的饲料送到食道吞咽。

2. 口腔内的消化腺体及其作用 家兔有4对大的消化腺，分别是腮腺、颌下腺、舌下腺和眶下腺（一般哺乳动物缺乏眶下腺，这是兔的生物学特点之一），其中腮腺最发达。唾液腺分泌的唾液呈碱性（ $\text{pH}8\sim8.5$ ），分别经导管输入口腔。其主要作用为：第一，润滑口腔，浸润饲料，便于咀嚼和吞咽；第二，溶解饲料中的可溶性物质引起味觉，提高食欲；第三，唾液中含有少量淀粉酶，将淀粉分解为麦芽糖和葡萄糖；第四，唾液可中和、冲淡口腔内的有害物质，保护口腔黏膜；第四，唾液中含有溶菌酶，可杀死一些随饲料进入口腔的病菌；第五，随食团进入胃内的唾液可中和胃酸，

刺激胃液分泌。

口腔的后部是咽，是消化道和呼吸道共同的通道。吞咽时会咽软骨翻转盖住喉头，暂时停止呼吸，食物由口腔进入食道，到达胃部。

## (二) 营养物质在胃内的消化

1. 胃的结构特征及功能 兔为单室胃，呈蚕豆形，横位于腹腔的前部，横膈膜和肝的后部。胃与食管相连接处称作贲门，以幽门与十二指肠相接，形成胃的上口和下口。在两处均由发达的括约肌，控制着食物的进出。胃通常可分为贲门部、幽门部、胃底部和胃体部。胃的前缘呈弯曲向内的部分称作胃小弯，后缘呈向外凸出的弯曲叫胃大弯。胃壁的肌肉有3层平滑肌组成，外层为纵行，中层为环形，内层斜行。它们交替收缩，产生胃的各种运动。胃底和胃体部黏膜的腺体能分泌含有盐酸和胃蛋白酶原等消化酶的胃液。胃黏膜分泌的酶是以酶原的形式出现，没有活性，当受到激活剂的激活后方有消化功能。胃内的酶主要有3种，即胃蛋白酶、凝乳酶和胃脂肪酶。

2. 胃内的消化酶及其作用 与其他家畜相比，兔胃内具有较强的酸度和较高的消化力。

(1) 胃液的分泌 胃液是胃黏膜中各种腺体分泌的混合物，兔胃液是昼夜连续不断地分泌的，但是在不同的时段，胃液的分泌量不同，而且相差悬殊。纯粹的胃液是无色透明强酸性反应的液体， $\text{pH}1.2 \sim 4.0$ 。昼夜间胃内容物的  $\text{pH}$  以清晨最低，喂料前次之，吃料和饮水后，由于唾液、饲料和饮水的冲淡、稀释和中和作用，胃内容物的  $\text{pH}$  明显降

低。

(2) 胃内盐酸的作用 胃黏膜分泌盐酸，使胃内始终处于一个酸性环境。但是，由于胃壁的结构不同，胃底部和幽门部内容物的氢离子浓度、盐酸含量和总酸度不同。胃底部的 pH 和总酸度均高于幽门部，而幽门部的游离盐酸含量则要高于胃底部的含量（表 1）。盐酸是饲料在家兔胃内消化的必需物质，其作用有四：第一，激活胃蛋白酶原，使其变成具有活性的胃蛋白酶，同时创造胃蛋白酶消化食物的最适酸性环境；第二，使饲料中的蛋白变性，便于胃蛋白酶的分解；第三，抑制和杀死随饲料进入胃内的微生物；第四，盐酸进入十二指肠，能促进胰液和胆汁的分泌，加强胆囊和胆管系统的收缩。

表 1 兔胃内容物的总酸度、游离盐酸和 pH 指标

| 胃部位 | pH   | 总含酸量<br>(毫升) | 游离盐酸含量 |      | 游离盐酸比例<br>(%) |
|-----|------|--------------|--------|------|---------------|
|     |      |              | 毫升     | %    |               |
| 胃底部 | 1.93 | 130.5        | 19.6   | 0.07 | 15.0          |
| 幽门部 | 1.55 | 112.3        | 35.8   | 0.13 | 31.9          |

### (3) 胃消化酶

胃蛋白酶：刚从胃腺中分泌出来时为无活性的胃蛋白酶原，经胃液中盐酸激活转变为胃蛋白酶，它们将饲料中的蛋白质分解为蛋白胨、少量的多肽和氨基酸。胃蛋白酶分解蛋白质的能力相当高，与胃液内 pH 升降呈相反的关系，而饲料对这种关系起决定性作用。饲喂后胃内容物受到饲料和唾液的稀释、冲淡和中和，胃内的 pH 随之升高，而消化力相应降低。

凝乳酶：仔兔在 15 日龄以前胃内只能分泌凝乳酶。凝乳酶具有很强的凝乳作用。其机制是先将乳中呈溶解状态的

酪蛋白酶原转变为酪蛋白，进而同钙离子结合成不溶于水的酪蛋白钙，这样就延长了乳汁在胃内停留的时间，增强了胃液对乳蛋白的消化作用。仔兔胃液中含有较丰富的凝乳酶，所以乳汁在仔兔胃内停留的时间较长，以致于一天吃一次奶就可满足。

**胃脂肪酶：**胃内的脂肪酶能将饲料中的脂肪分解为甘油和脂肪酸。

(4) 胃液分泌特点及其调节 兔胃的消化有明显的年龄特征，仔兔出生后胃液中缺乏游离盐酸，此时的胃液对蛋白质没有消化力，一般要在 15 日龄后（仔兔开始采食植物性饲料后），胃液中才开始出现少量的游离盐酸，并开始出现胃内酶的活性和消化力。并随着仔兔的生长发育和日粮成分的变化，胃内酶的活性和消化力不断加强。

胃液的分泌受到神经和体液的调节。神经调节是一种复杂的反射动作。体液调节是由胃肠黏膜所产生的化学物质（胃肠道激素）通过血液循环到达胃，以调节胃腺的分泌活动。饲料的形态、气味、定时喂料的时间、饲养员的动作以及饲料对口腔黏膜感受器的刺激等，均可引起胃液的分泌。由此引起胃液分泌的变化称为胃液分泌的头期。定时喂兔，到饲喂时间就能引起兔子的食欲和胃液的分泌，有助于促进消化。当兔子采食后，饲料进入胃内，继续刺激胃腺的分泌称为胃液分泌的胃期。胃期胃液的分泌包括饲料对胃壁的机械性刺激所引起的反射性分泌和饲料在胃内刺激幽门部黏膜所产生的促胃液素，通过血液循环到达胃，促进胃液的分泌。此外，胃液的分泌还受到胃酸本身的自我调节，即胃内达到一定酸度时，胃液分泌受到抑制，这是由于胃酸对胃黏膜的作用，抑制了促胃液素释放的缘故。

### (三) 营养物质在小肠内的消化

小肠是饲料营养物质消化和吸收的主要部位，从胃进入小肠的食糜，除了纤维素外，其他物质主要靠小肠内的消化液（胰液、胆汁和肠液）和小肠运动起消化作用，变成可吸收利用的各种营养成分，然后经过小肠绒毛吸收入血液和淋巴，提供给机体各组织。

1. 小肠的结构特点 兔的小肠可分为十二指肠、空肠和回肠三部分。

十二指肠上接幽门，呈“U”形弯曲，长约40~60厘米，直径0.8~1厘米，胆管开口于十二指肠的起始端，胰腺位于十二指肠之间的肠系膜上，其色泽和质地均似脂肪，开口于十二指肠的升支。空肠最长，约200~225厘米，形成很多弯曲。空肠肠壁较厚且富含血管，肠壁颜色呈淡红色。回肠短而直，长约35~40厘米，弯曲较少，以回盲系膜连于盲肠回肠的肠壁较薄，颜色较深，具有较大的通透性，特别是幼兔的通透性更明显。回肠的末端膨大，形成一厚壁的圆形囊状物，称之为圆小囊，其开口于盲肠，是家兔特有的结构，其他家畜没有发现有这样的器官。

小肠黏膜形成许多皱褶，并有很多绒毛，扩大了小肠的吸收面积。绒毛在十二指肠和空肠最密，回肠逐渐稀少。在小肠黏膜里还有许多淋巴组织，有的孤立存在，称为孤立淋巴结；有的集结在一起，形成集合淋巴结。淋巴组织对肠道起保护作用。

2. 肠液分泌及营养物质的消化 兔小肠内壁有肠腺和十二指肠腺。前者遍布小肠的黏膜中，其分泌液构成小肠液

的主要成分。后者只分布在十二指肠的范围内，它分泌碱性较强的液体，内含有大量的黏蛋白。十二指肠液属连续性分泌，但昼夜分泌量的变化较大。进食可促进十二指肠液的分泌，而饥饿抑制其分泌。十二指肠液的 pH 在 8~8.5 之间，含有碱性盐类、黏蛋白及其类似物，具有中和胃酸、保护肠黏膜免受胃内酸性食糜的破坏作用。此外，十二指肠液内还含有较丰富的肠淀粉酶、一定量的脂肪酶、肠激酶（激活胰蛋白酶原转变为胰蛋白酶）、肠肽酶（将多肽分解为氨基酸）和蔗糖酶、麦芽糖酶、乳糖酶，以及分解核蛋白的核酸酶、核苷酸酶和核苷酶。它们对相应的物质进行消化分解。

**淀粉的消化：**首先在口腔内淀粉酶的作用下，部分淀粉被分解成麦芽糖。其中绝大多数淀粉，在小肠内经过胰液和肠液中的淀粉酶作用，继续分解为麦芽糖，再经肠液中麦芽糖酶的作用分解为葡萄糖。多数葡萄糖被小肠黏膜吸收，部分葡萄糖被微生物分解为有机酸。

**脂肪的消化：**脂肪在口腔不能被消化，进入胃后被粗略乳化，在十二指肠中，由于胆汁酸的作用而被乳化，在胰液和肠脂肪酶的作用下分解为甘油和脂肪酸，被小肠壁吸收。

**蛋白质的消化：**蛋白质在胃内只能被胃蛋白酶分解为蛋白胨、多肽和少量的氨基酸。食糜在小肠内，由于碱性环境，使胃蛋白酶逐渐失去作用，而胰蛋白酶在肠液和胆汁的协同下，进一步将蛋白质逐渐分解为蛋白胨→多肽→氨基酸。

**3. 小肠的运动** 小肠的运动是靠肠壁内层环状肌和外层纵行肌的收缩与舒张来实现的。环状肌收缩使肠管管径变小，纵行肌收缩使肠管长度缩短。由于这两种平滑肌的复合收缩，产生不同的运动形式，使食糜与消化液充分混合接