



一种宝贵的资源



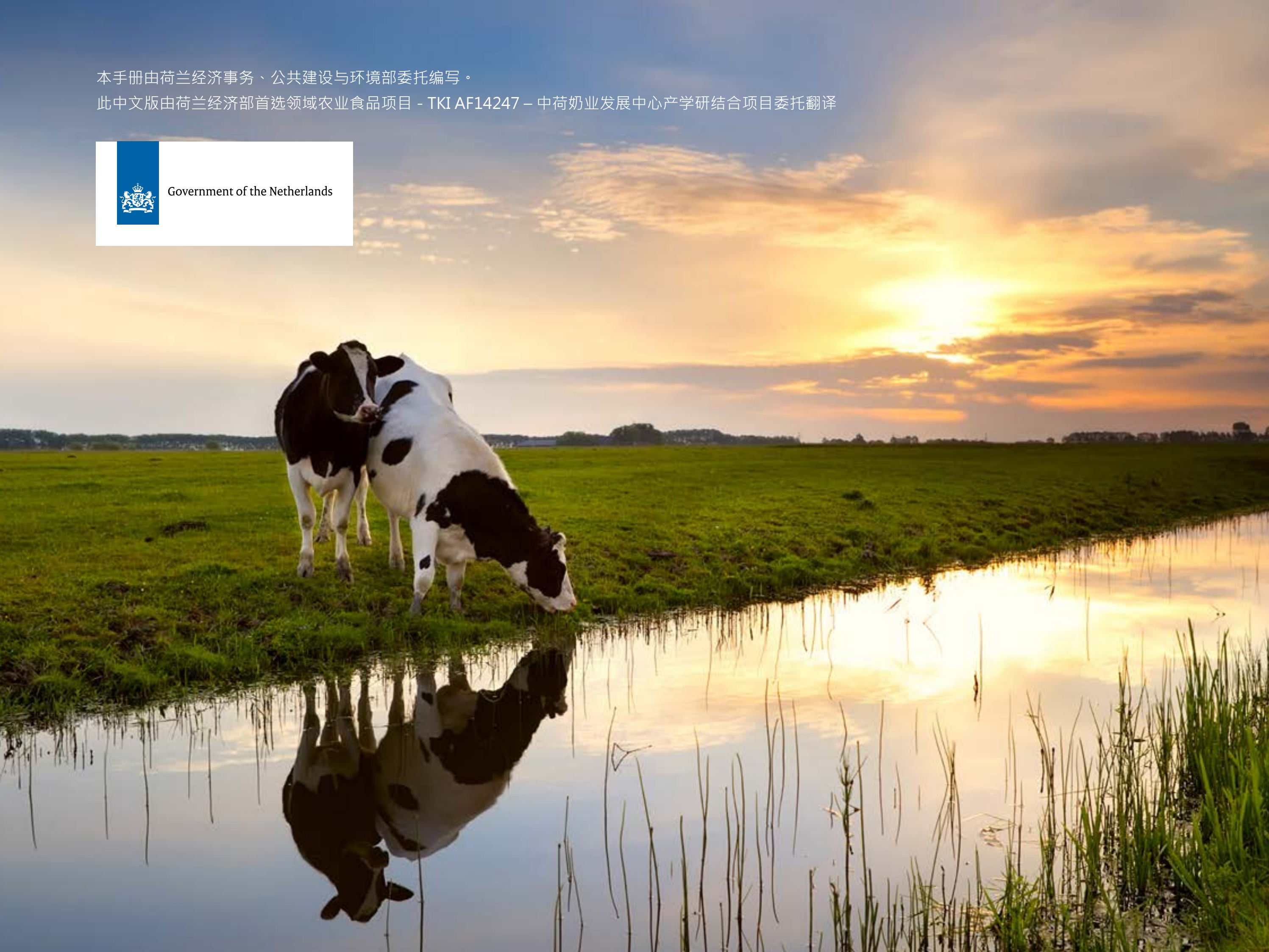
LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

本手册由荷兰经济事务、公共建设与环境部委托编写。

此中文版由荷兰经济部首选领域农业食品项目 - TKI AF14247 - 中荷奶业发展中心产学研结合项目委托翻译



Government of the Netherlands



# 前言

荷兰的畜牧业生产有着悠久的历史，畜禽类产品远销世界各地。粪污是畜牧行业的副产品，是一种很好的有机肥，可以为农作物生长提供营养物质，也因此是生命循环的重要环节之一。为了用更少的资源生产更多的食品，满足不断增长的世界人口的需求，提高粪污的利用率至关重要。

鉴于高密度的畜牧饲养，荷兰逐渐开创了有效且环境无害化的粪污处理模式；而且制定了严格的标准，控制动物粪污和化肥使用，保证环境质量。从2014年起，处理农场过剩的畜牧粪污成为每个荷兰农民应尽的义务。这一举措可以引导并优化粪污资源的地域配置，经过处理的粪污作为一种高质量的肥料，被配送到存在市场短缺的地区。此外，农业部门也一直在不断开发粪污提炼技术和创新产品，促进欧洲生物基经济的发展，实现资源的更好配置。

本手册主要介绍荷兰如何以可持续和创新的方式对畜牧粪污加以利用。

dr. Hans Hoogeveen 博士  
农业司 司长  
荷兰经济事务部



# 目录

简介	6
粪污资源的多重价值	8
粪污资源过剩区域——全球分布图	10
荷兰的粪污资源	12
荷兰的粪污相关政策	14
荷兰粪污相关政策的执行结果	18
荷兰粪污政策的未来走向	20
粪污处理的部分技术案例——猪和牛的液态粪污，禽类的固态粪污	22



优化粪污资源利用的原则	23
● 尽量减少营养物质的损失	24
● 作为有机肥提供给种植农场	26
● 机械化固液分离	28
● 粪污加工处理和厌氧发酵	30
● 未来趋势	
从粪污中提取有价值的成分	34
后记	36





# 简介

几个世纪以来，粪污资源一直在荷兰农业生产过程中发挥着基础作用，同时也是食品供应链的关键环节之一。然而，因其对环境的不良影响，粪污资源近几十年来也饱受诟病；相关部门制定了诸多政策法规以最大程度地减少其负面影响。

食品供应链的各方应该——而且可以——对粪污资源改观，并把充分利用这种宝贵的资源作为目标。粪污固液分离和进一步加工处理，可以减少营养物质的损失，实现最优利用。针对粪污中某些特定物质的技术创新（如生物活性物质、着色剂和微量元素等），也有助于提高利用率。

---

与其他地区相比，荷兰畜牧业产生粪污过剩的情况更为严重，而粪污过剩对自然环境是有害的。因此，荷兰在应对这一挑战、优化粪污资源利用时所遵循的基本原则是——把粪污当做一种有价值的产品而并非是一种废弃物。

## 粪污资源管理

通过配方施肥、应用适当的技术减少营养物质的浪费和对环境的负面影响，实现粪污资源的最优利用。

大量的知识基础建设（包括研究、教育和管理支持）使得荷兰的农民可以充分利用粪污的价值。粪污资源的市场配置涉及到物流运输问题。在运输之前，减少粪污中的液态部分并进行深度加工，增加有机质和营养物质的含量，可以促进资源的有效配置也更加便于运输。

## 粪污相关政策

粪污是一种特殊的资源，荷兰政府在制定和实施相关政策时对此进行了区别对待。政府、企业、非政府组织和科学机构之间的合作越来越普遍；在多方共同支持下，实用型粪污处理技术得以不断发展，前景广阔。

本手册介绍了荷兰在粪污处理方面的部分经验，如怎样避免营养物质的流失、优化粪污资源的利用等。其他国家也可以借鉴荷兰的粪污相关政策，制定出符合本国国情的粪污管理模式。

---

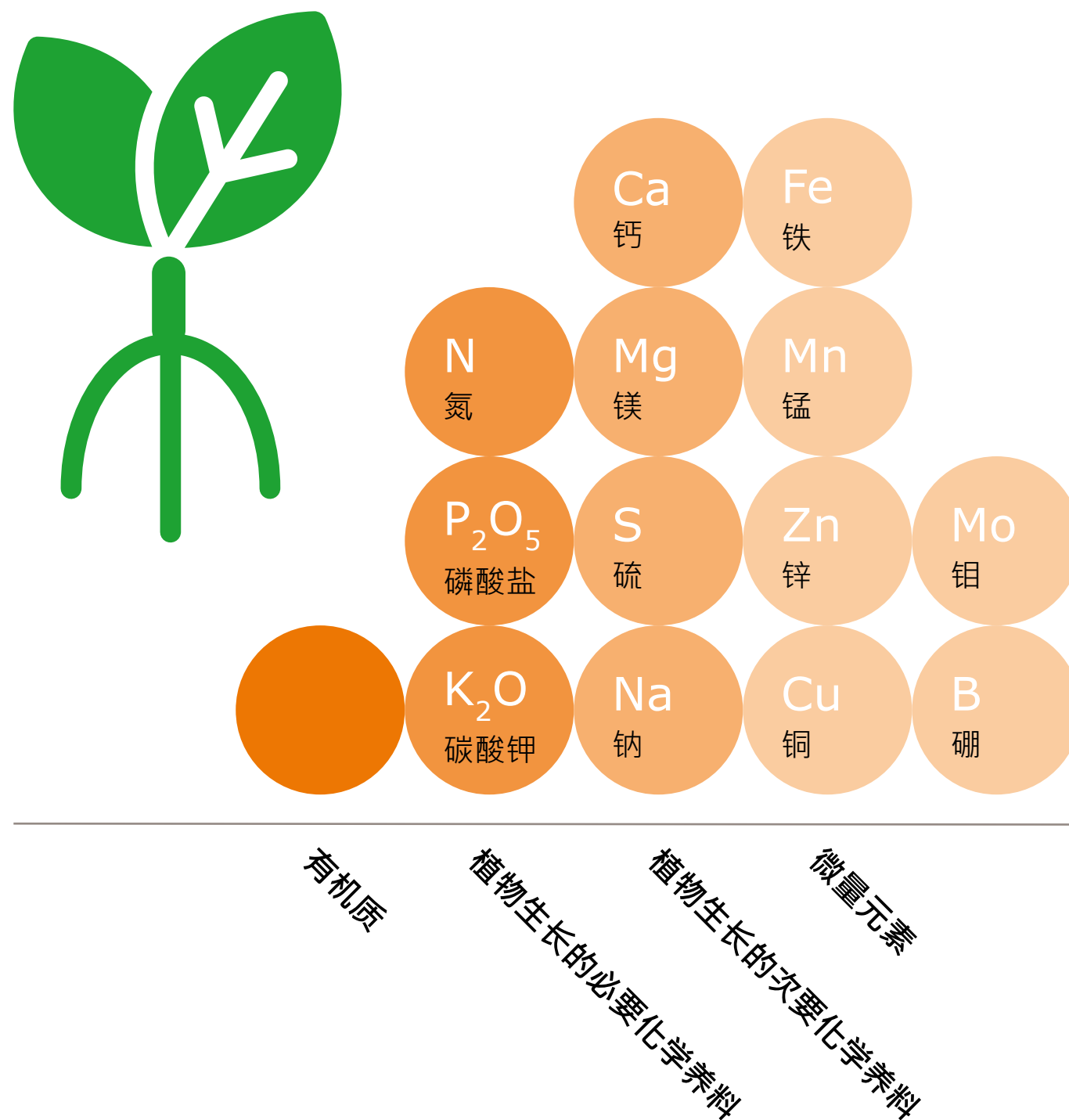
粪污不是废弃物。它不仅可以为植物生长提供养分，而且是能源和其它物质（如矿物质）的原料资源。

---

# 粪污资源的多重价值

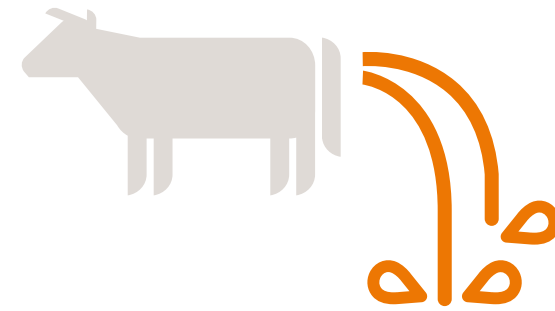
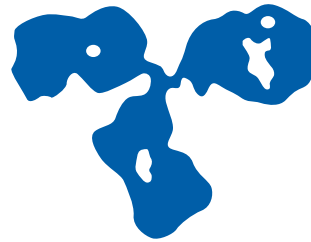
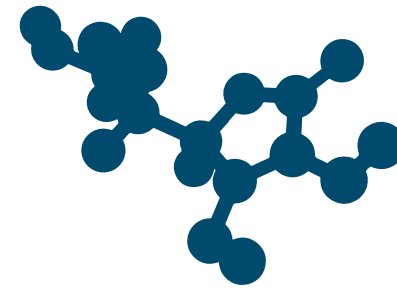
几个世纪以来，动物粪污持续不断地为植物生长提供宝贵的养分，而且是形成健康土壤的先决条件。粪污也是一种能源资源，其中包含着许多有价值的原料成分。很长一段时间内，粪污与城市垃圾是农业种植的唯一养料来源。人造化肥产生之前，粪肥的合理利用对于农业生产至关重要。

## 复合肥料

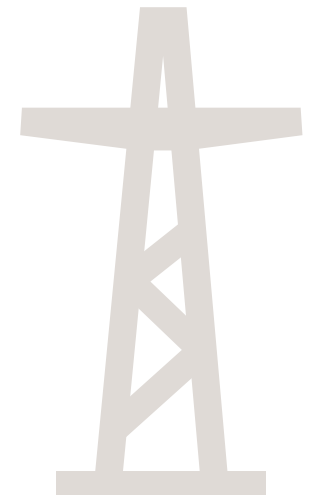
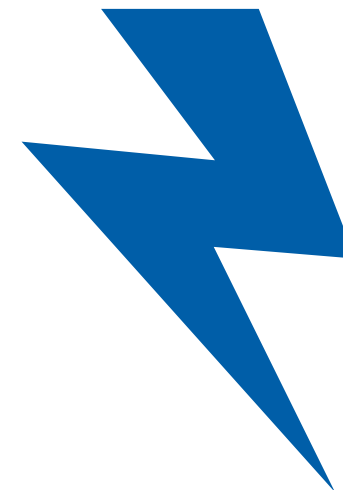
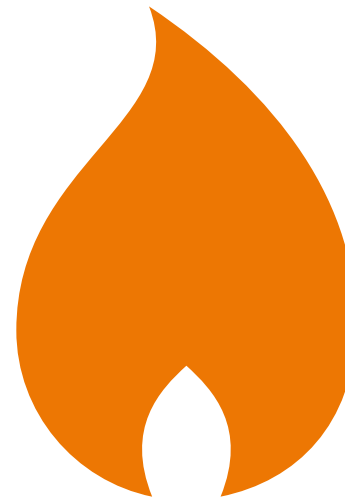




原材料资源



能源资源



# 粪污资源过剩区域

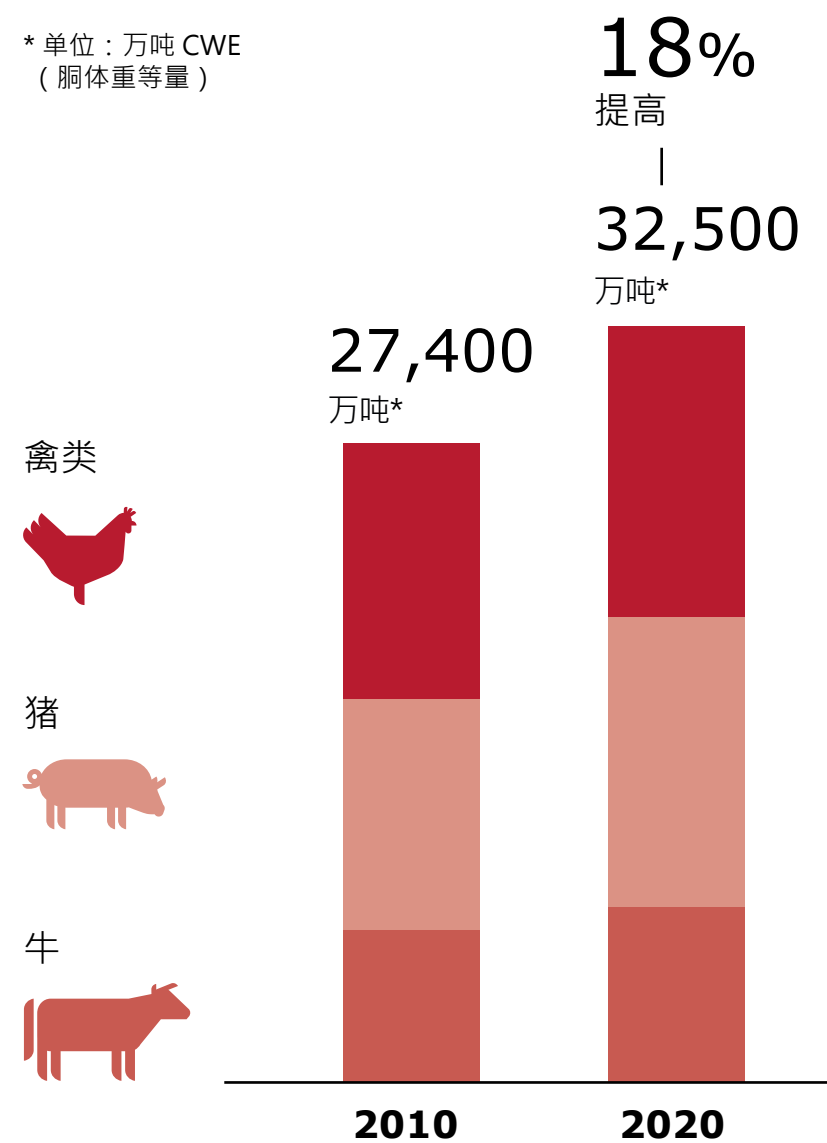
## ——全球分布

畜牧生产的区域分布正在越来越靠近城市区。虽然粪污是一种有价值的资源，但它对畜牧养殖场周边地区产生的负面影响也不容忽略。尤其是过剩的营养物质可能会威胁周边环境，污染地表水和地下水。为解决这个问题，可以对畜牧养殖的空间分布进行合理规划；并且将过剩的粪污直接或加工后运送到市场短缺的地区，以提高粪污资源的利用率。粪污资源的区域性过剩，一方面是畜牧养殖规模不断扩大的结果，另一方面与种植业和畜牧业在地理分布上各自聚集成片的趋势有

关。这种两级分化造成了农业种植用地出现养分短缺的状况。由于缺少粪肥，种植用地的肥力提升只能越来越依靠化肥，或者从其他来源获取的有机肥。施用化肥非常简单，购买也十分便捷，加上世界部分地区的政府还出台了化肥补贴政策，因此化肥取代粪肥逐渐成为一种趋势。这一趋势的结果就是营养物质的自然循环被打断，导致畜牧养殖为主导产业的区域出现养分过剩；同时也导致土壤中磷酸盐的区域分布不均衡，如下图中所示。

### 全球肉类生产

\* 单位：万吨 CWE  
(胴体重等量)



数据来源: OECD-FAO Agricultural Outlook 2011

我们面临的挑战是如何优化磷酸盐的地域分布。

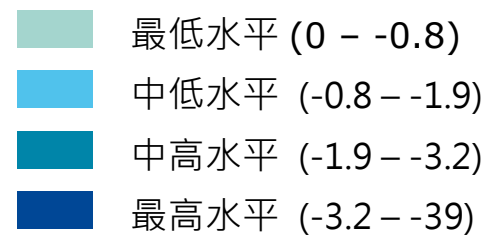
## 农业磷酸盐失衡 ——全球分布图

(2000年)

增施磷肥和畜牧生产从根本上改变了磷酸盐的全球循环。高密度养殖的畜牧业是导致磷酸盐区域化过剩的一个重要驱动因子。种植饲料作物的区域出现磷酸盐短缺时，一般只能靠施用磷肥来进行有限的补给。

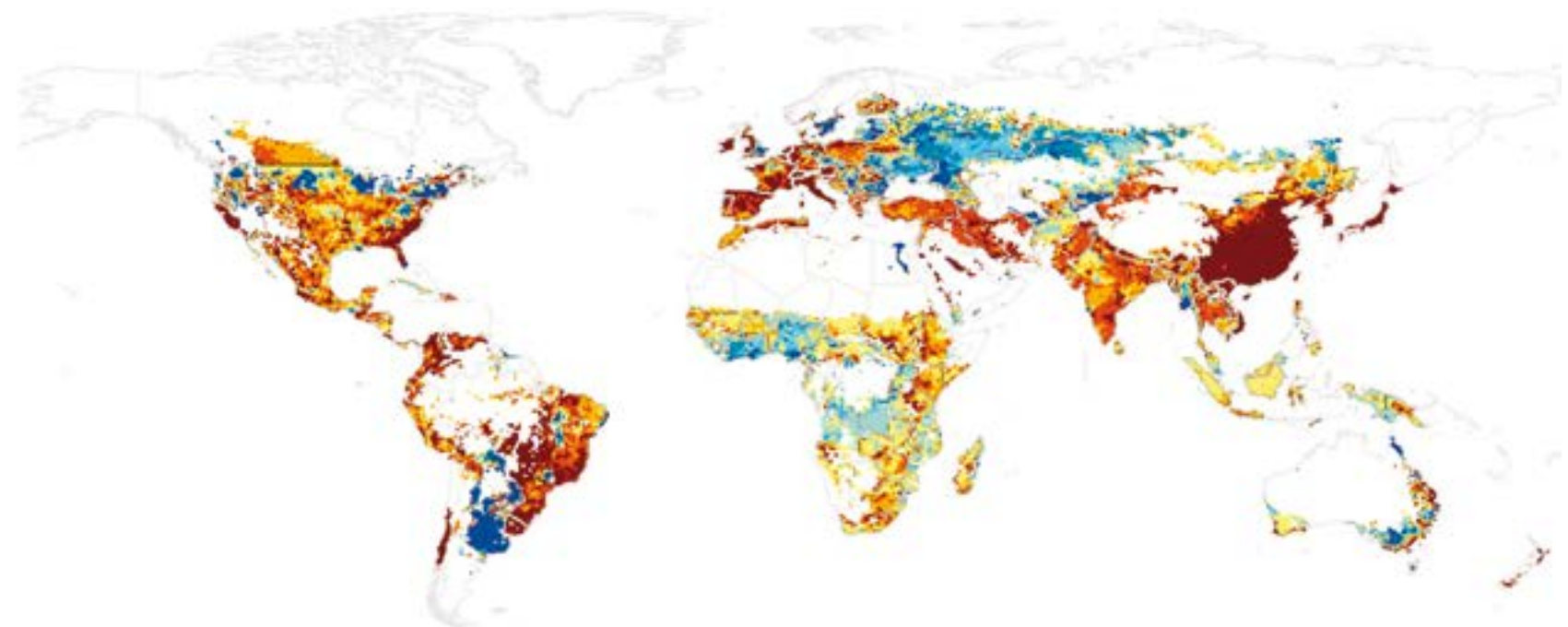
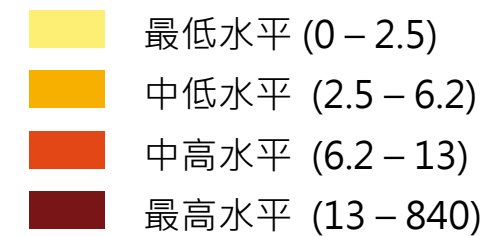
### 磷酸盐短缺

单位：千克/公顷/年



### 磷酸盐过剩

单位：千克/公顷/年



数据来源: MacDonald G K et al. PNAS  
2011;108:3086-3091 ([www.pnas.org](http://www.pnas.org))

# 荷兰的粪污资源

荷兰是欧盟的一个很小的成员国，畜牧养殖数量却很庞大。进口畜牧饲料和过度使用化肥导致荷兰也出现了水体富营养化的状况。只有通过更有效的饲养模式以及出口过剩营养物质（动物粪污），重新恢复营养物质循环的平衡状态，才能继续维持大规模的牲畜饲养。

## 荷兰



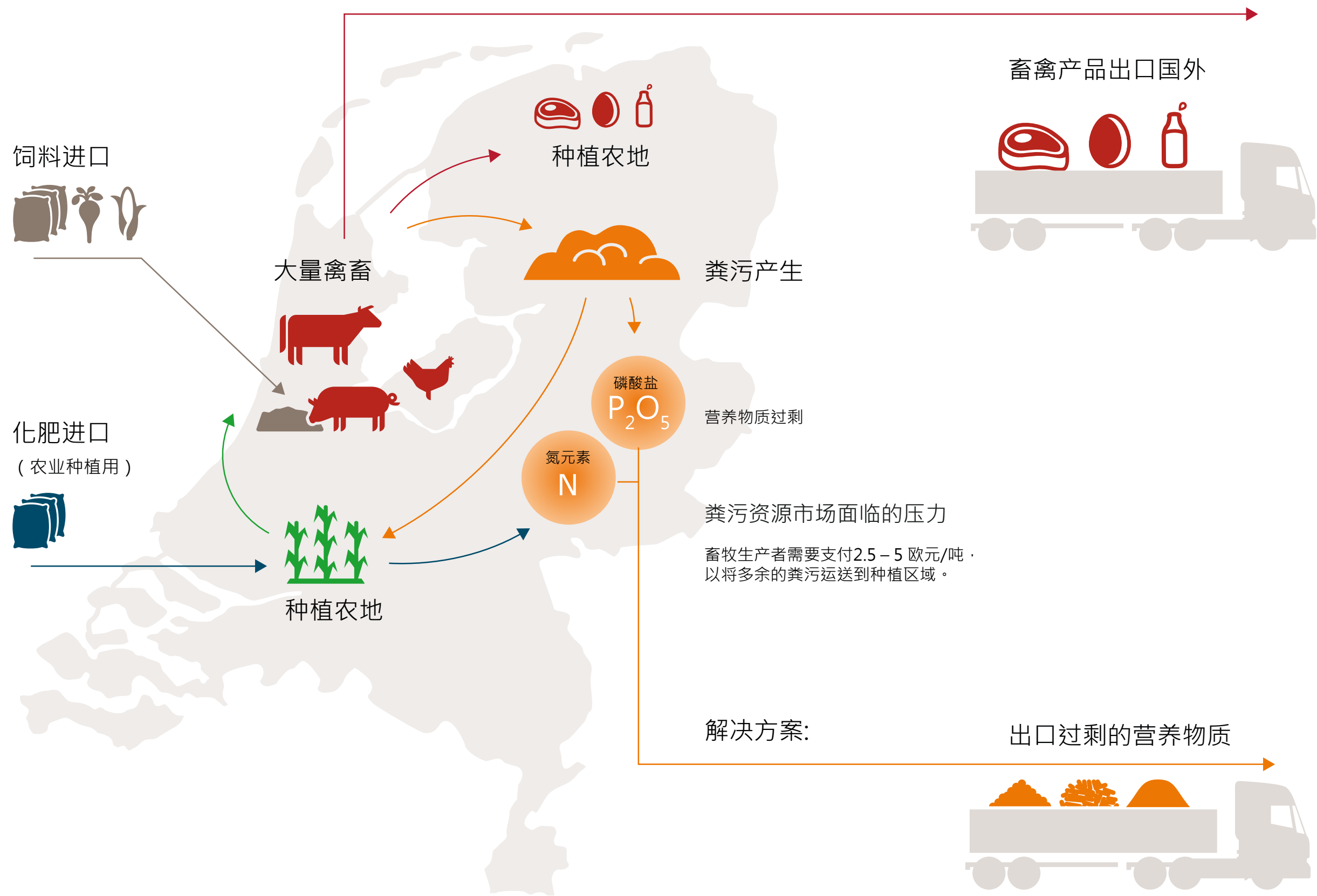
 人口	1700 万
 国土面积	40,000 平方公里
 农业用地面积	19,000 平方公里
 粪污生产量	6860 万吨/年
$P_2O_5$ 磷酸盐过剩	28 千克/公顷/年
$N$ 氮元素过剩	119 千克/公顷/年

## 荷兰的粪污产生途径

	牛	猪	禽类
饲养的动物数量	400 万	1,200 万	10,000 万
每年产生的粪污量	<b>5,480</b> 万吨	<b>1,240</b> 万吨	<b>140</b> 万吨



# 荷兰的粪污资源



---

# 荷兰的粪污相关政策

荷兰的粪污相关政策不仅关注粪污的产生，而且很注重怎样更好地利用粪污资源；政策目标在于通过规范化粪污资源的利用，防止或者限制营养物质过量地渗透到周围环境中去。为了提高粪污利用标准，政府也对粪污的产生进行有系统的管理。除此之外，这种规范管理还包括把过剩的营养物质运输到短缺的地区（可以是荷兰境内，也可以出口到境外）。

荷兰现行的粪污相关政策是以欧盟指南为框架，根据本国的畜牧业实际情况而制定的；包括一系列政策法规和激励措施等。

2009年，荷兰农业企业、非政府组织、政府和科学机构联合发起了“可持续畜牧业实施纲领(Uitvoeringsagenda Duurzame Veehouderij)”。在合作框架下，各方为了“到2023年完全实现荷兰畜牧业的可持续发展”这一终极目标而积极贡献力量，主要围绕以下领域：a) 畜牧养殖模式和系统创新；b) 动物福利与健康；c) 能源、环境和气候；d) 市场与创业；e) 可持续与负责任消费；f) 社会接受度。如何环保地利用粪污资源并且提高利用率是“环境与气候”领域的重要议题。

---

利益相关方共同参与的方法  
卓有成效。

---

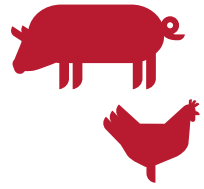
优化畜牧生产和营养物质的管理对于可持续的食品生产和供应至关重要；在荷兰如此，对世界其他国家和地区也一样。

因此，我们鼓励政府、科学机构、私人企业和非政府组织等利益相关者等进行国际合作，形成各方共同参与的平台，包括“可持续畜牧业发展全球纲领”“农业温室气体全球研究联盟”和“营养物质管理全球协会”等。

右图为荷兰国土的卫星综合照片。图中不同的颜色表示不同的土地使用类型，比如：红色为农业种植区域，浅绿色为草地区域，浅蓝色为裸露地表土区域，黑色为水域。



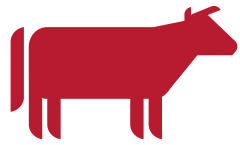
# 荷兰畜牧业粪污相关政策



1984

生产权

- 限制生猪和禽类的养殖数量



1984

牛奶配额

- 限制牛奶产量



1987

化肥法案

(粪污生产权)



1987

每年的封闭期禁止施用粪肥



1990

土壤保护法案

- 制定化肥使用的法令

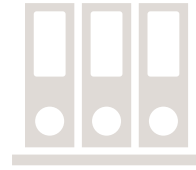


1991

欧盟硝酸盐指令

(地下水监测网)

- 硝酸类肥料的最大施用量为 170 千克/公顷/年



1993-2006

在农场采用矿物质核算体系

- 如果发生植物营养损失，将被处以罚款



2000

欧盟水框架指令

- 关注地表水水质



2006

矿物质应用标准体系



2007

新建动物圈舍必须符合低排放标准



2014

粪污处理强制化



2015

欧洲牛奶配额政策取消



2015

执行《欧洲水框架指令》的前提下，  
本国乳业发展面临新的机遇





# 关于氮和磷的实际规定



# 政府支持



## 应用标准

- 最大施用量
- 根据土地利用和土壤状况记录磷肥施用量
- 根据土壤类型和作物种类记录氮肥施用量
- 在生长季施肥
- 使用低排放的技术
- 本标准对粪肥和化肥都适用



## 强制要求

- 生产注册 ( 畜牧、粪污和作物种植 )
- 自2014年起，产生的所有多余粪污必须强制进行加工处理



## 减少营养物质流失的义务

- 建造低排放的动物圈舍
- 零排放的粪污储藏区



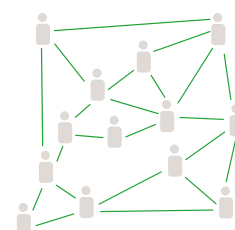
## 创新

- 通过直接拨款与联合融资为粪污加工与处理的研发创新提供经费支持。财政补贴，减免税收等。



## 补贴与财政措施

- 鼓励投资新技术



## 提升农民技术与管理水平

- 建立试点
- 咨询服务 ( 不提供补贴 )
- 农民组织

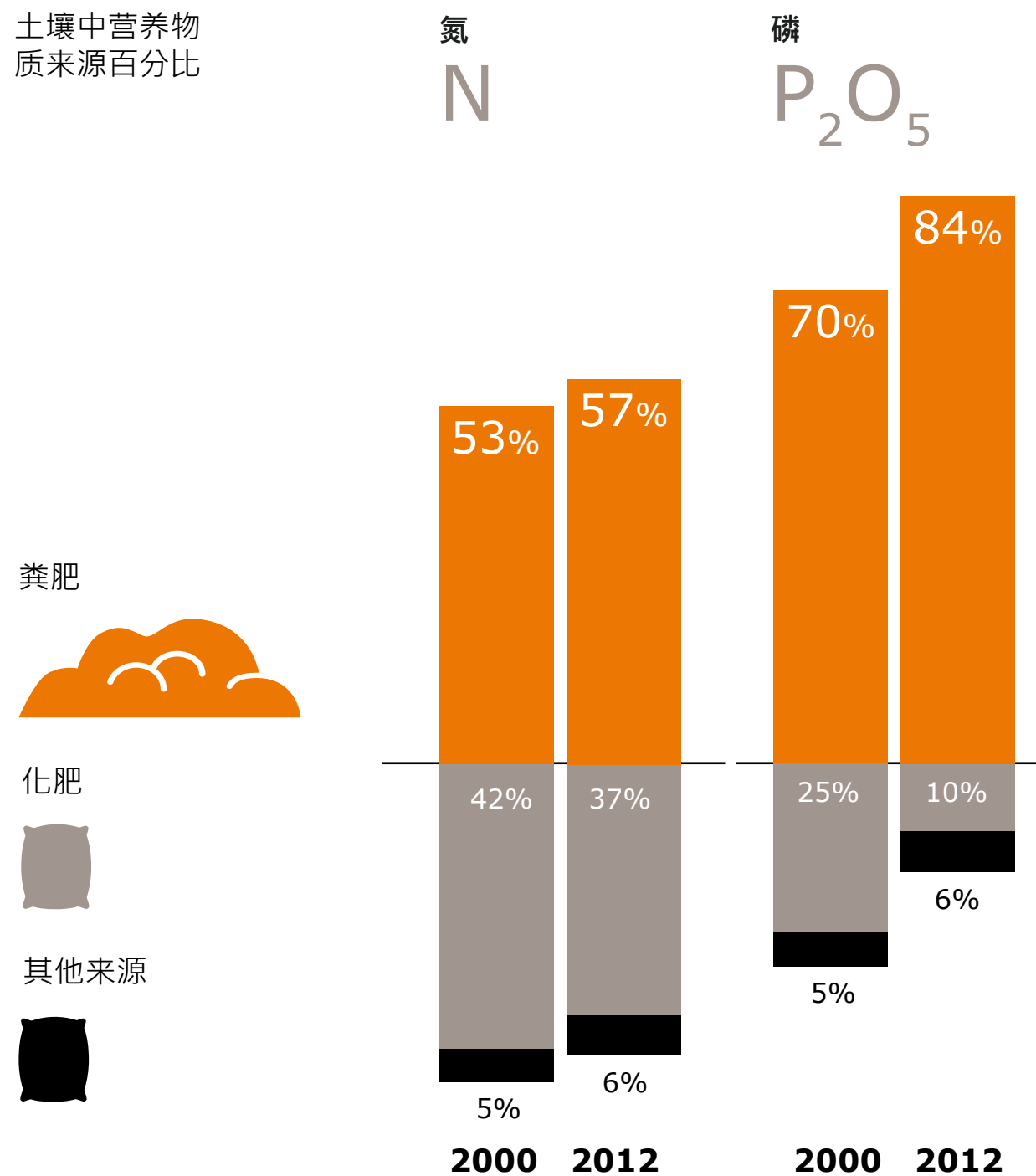
# 荷兰粪污相关政策 的执行结果

磷肥和氮肥等人工化肥的施用比例减少，同时营养物质流失到环境中的数量也有所下降。这一成果要归功于以下几点原因：

- 严格执行农业生产标准
- 畜牧养殖动物的单位生产力提高
- 低排放的粪污存储和利用
- 对粪污进行加工处理，并输送到短缺地区（包括出口）

用粪肥代替化肥为土壤提供氮元素和磷元素的比例得到提高

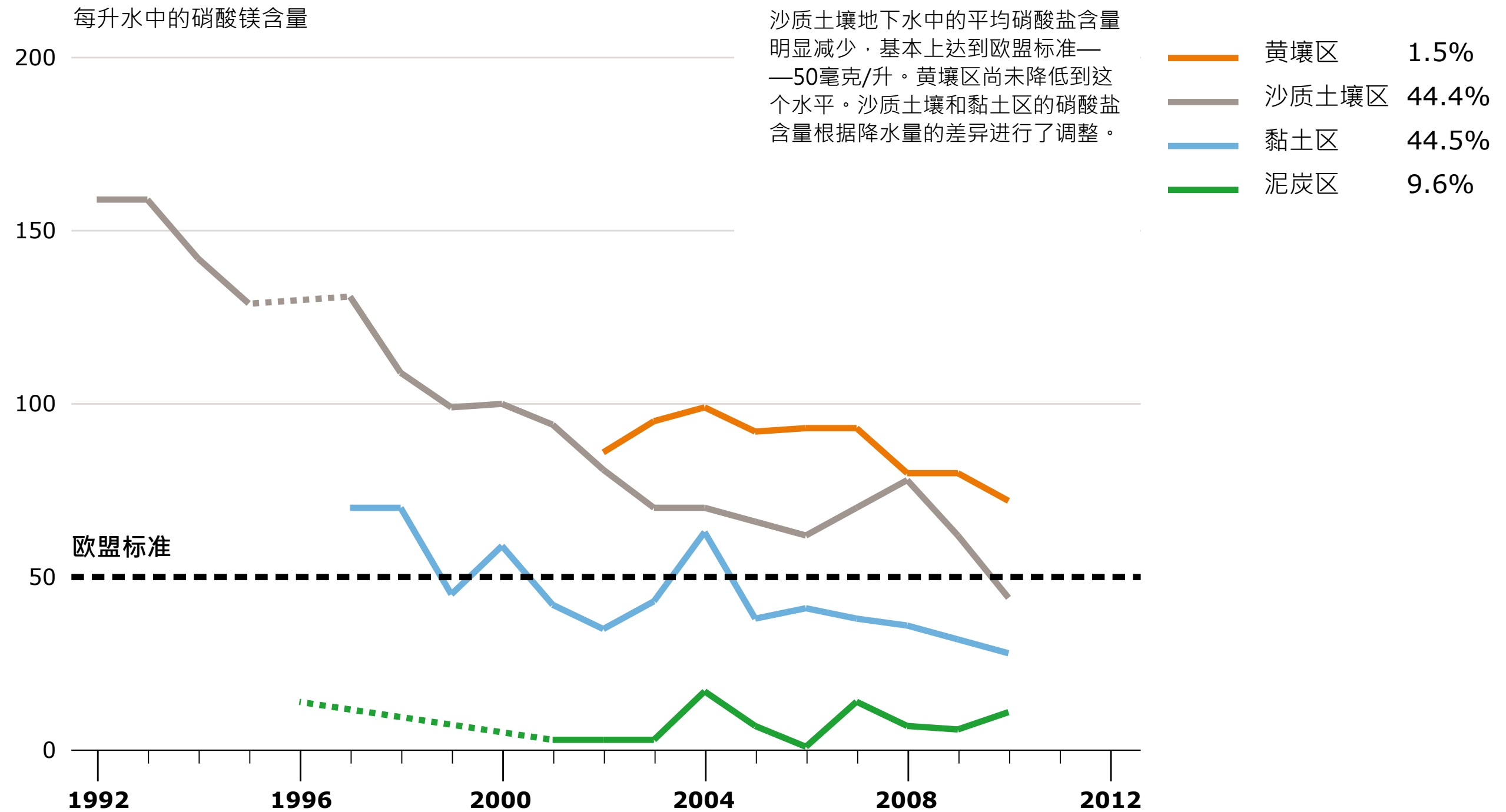
土壤中营养物质来源百分比



数据来源: CBS Statline, <http://statline.cbs.nl/>

# 荷兰农业用地浅层地表水中硝酸盐含量逐渐下降

地下水和地表水是饮用水的重要来源



数据来源: RIVM (National Institute for Public Health and the Environment, The Netherlands)  
<http://www2.hetInvloket.nl/mijndossier/grondsoortenkaart/GRONDSOORTEN13.HTML>

# 荷兰粪污相关政策 的未来走向

目前荷兰还未能达到欧盟水框架指令的要求。在未来几年中，政府将重点在以下领域进行努力，以尽快达到标准：

- 粪污加工处理
- 动物饲料
- 化肥的替换

## 粪污加工处理

提高畜牧粪污资源的出口潜力（自2014年1月1日起，强制畜牧业对产生的所有粪污进行加工处理）。



## 动物饲料

政府与农民、饲料行业达成以下共识：

- 降低饲料中的磷酸盐浓度
- 开发新技术，生产性价比更高的饲料



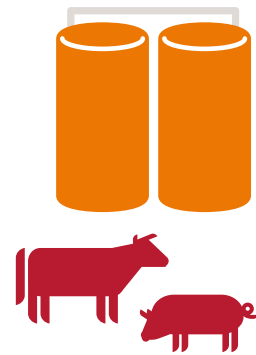
## 化肥的替换

对粪污进行加工升级，制造出与化肥质量相当的粪肥产品

- 更多地使用可再生资源
- 使用高效化肥

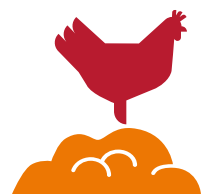


# 粪污处理的部分技术案例——猪和牛的液态粪污，禽类的固态粪污



## 猪和牛的液态粪污 (10% 的干物质)

- 应用
  - ▶ 作为粪肥直接施用到种植农地或草场，排放低
- 厌氧发酵或联合厌氧发酵 (至少50%)
  - 发酵物 
    - ▶ 铵态氮含量提高，排放低
- 分离粪污中的液体和发酵物
  - 液态部分 
    - ▶ 减少磷酸盐含量之后作为粪肥直接施用，排放低
    - 逆向渗透
      - ▶ 提纯后，得到矿物质 (氮钾肥) 和净水
    - 生物提纯
      - ▶ 氮元素转化为无害的氮气，提纯后的污渣可以作为肥料使用，其余液态废弃物由市政污水处理厂进行下一步处理
  - 固体部分 (20-40% 干物质，可堆叠) 
    - 巴氏灭菌后
      - ▶ 生成磷酸盐含量较高的肥料，价值也得到提升
    - (如：联合堆肥，热处理)



## 禽类的固态粪污 (> 40%的干物质)

- 直接作为粪肥施用到种植农地
  - ▶ 大多数直接出口到德国与法国
- 焚烧处理 (得到至少60%的干物质)
  - ▶ 焚烧产生绿色电能，灰烬可以作为生产磷钾肥的原材料，焚烧过程中氮元素和有机质流失
- 堆肥 (利用生物热干燥)后，干物质比例从40%提高到80%
  - ▶ 体积减小，养分水平提高
- 将粪污或堆肥干燥后的粪污制作成颗粒
  - ▶ 生成养分含量较高的肥料

# 粪污的利用遵循以下原则



尽量减少营养物质的损失



作为有机肥提供给种植农场



机械化固液分离



粪污加工处理和厌氧发酵



未来趋势：  
从粪污中提取有价值的成分

# 尽量减少营养物质的损失

## 荷兰粪污资源利用的规范化

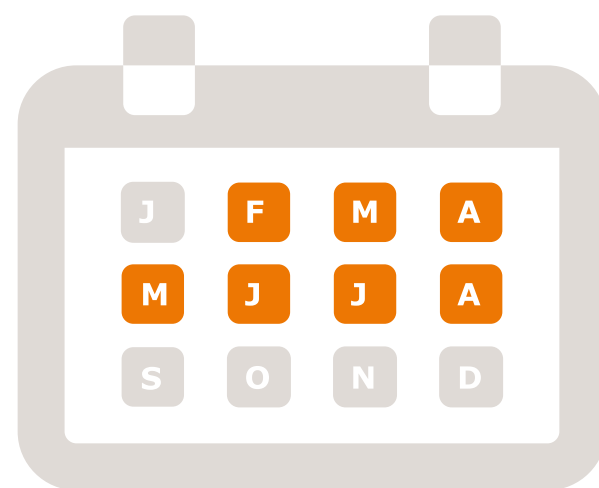
### 平衡施肥

根据作物的生长需求和土壤的肥力水平来确定施用量。



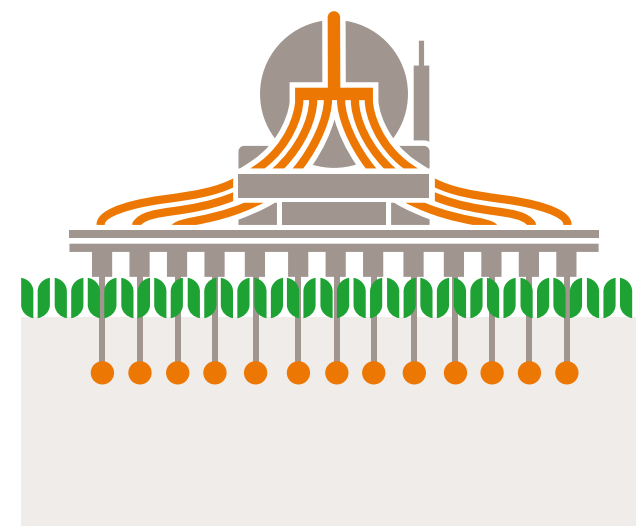
### 只在作物生长季施用粪肥

- 2月1日–9月1日
- 过渡时期/间歇期：把粪污储存起来
- 全年内：在土壤冻结或被冰雪覆盖时，禁止施肥



### 低排放的应用技术

可以最大程度地减少氮元素以氨气的形式流失，与此同时提高了粪肥的营养物质含量，也减少了农民对化肥的需求。





---

低排放的应用技术可以有效减少氨气流失。

---



# 为种植农场提供粪肥

畜牧农场产出的多余粪污可以运送到有需要的地区，主要是种植农场。在荷兰，由于养猪场和禽类养殖场占地面积很小，所以它们一般会产生大量的多余粪污。粪污中液态部分比例较高，导致物流运输费用十分昂贵。减少粪污中的液态比例，可以提高配送效率，送到更远的地方去。可达的运送范围也取决于种植农场是否愿意购买高质量的畜牧粪污（如在法国北部地区），或者畜牧农场在处理和运输粪污时是否需要支付费用（如在荷兰国内）。为了扩大供应范围和出口，最大程度地减少粪污中的水分是最经济有效的方式。此外，为了降低疫病风险，用于出口的粪污及其产品也必须符合欧盟动物副产品的要求（Regulation (EC) No 1069/2009 Animal by-products）。

## 粪污运输费用

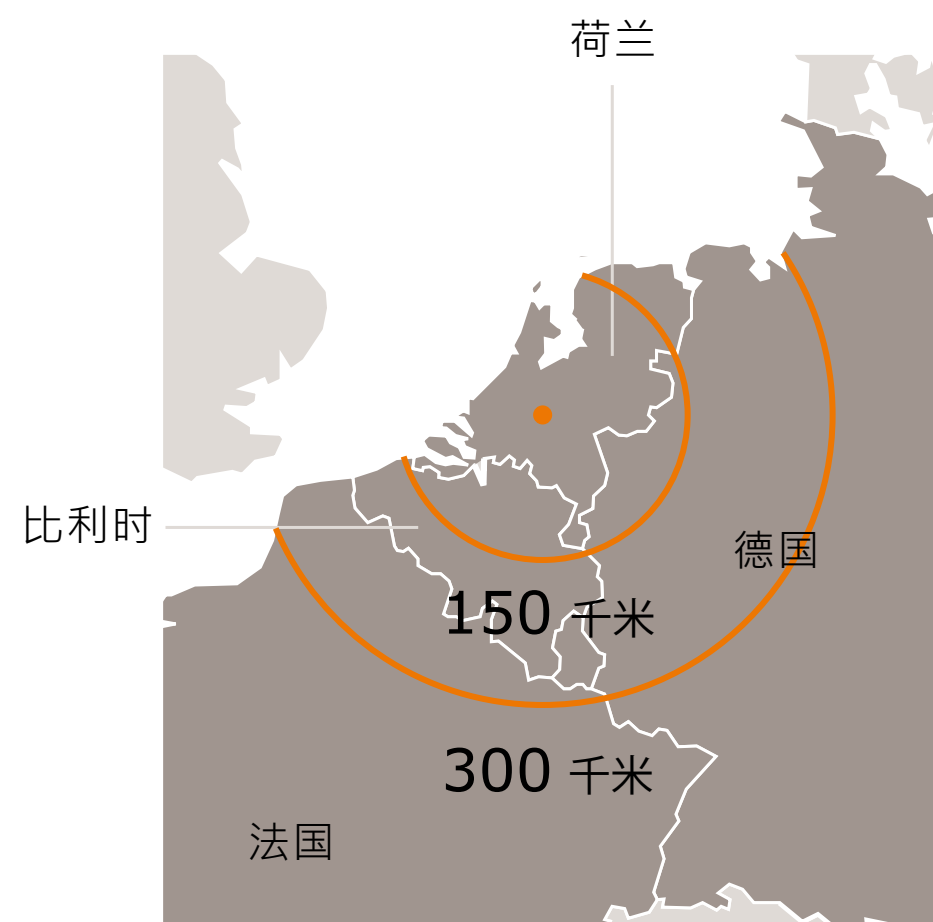
粪污运输费用 荷兰境内



## 可达的粪污运送范围

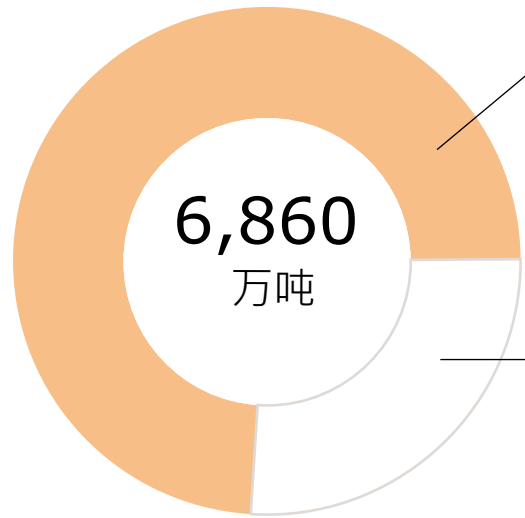
液态粪污：  
最远150 千米

固态粪污：  
最远300 千米



# 粪污运输 荷兰境内 (2011)

粪污产出总量



无法运输或只能有  
限距离内运输  
在自己农场内部直接处理利用

5,070 74%  
万吨

主要是奶牛场



多余粪污  
运送到荷兰境内的其他  
农场，或者出口

1,790 26%  
万吨

主要是养猪场和禽类养  
殖场



运送到荷  
兰境内的其  
他农场

1,590  
万吨

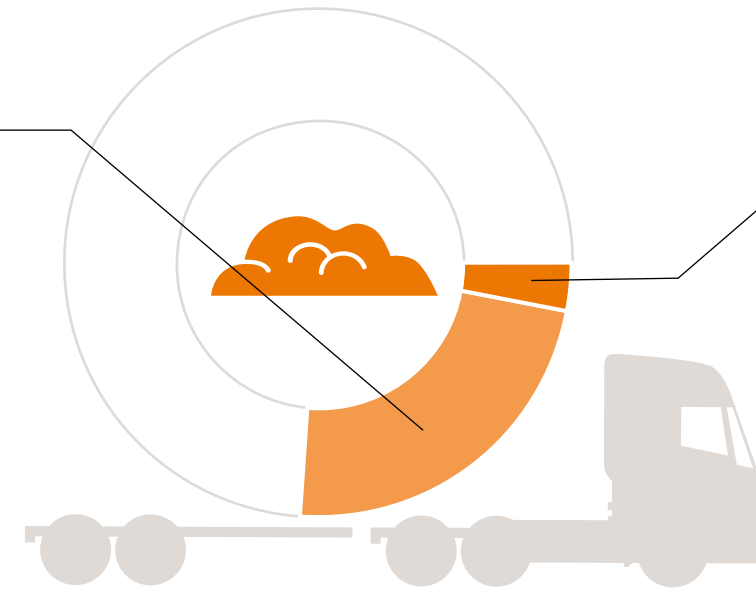
23.1%



出口

200  
万吨

2.9%

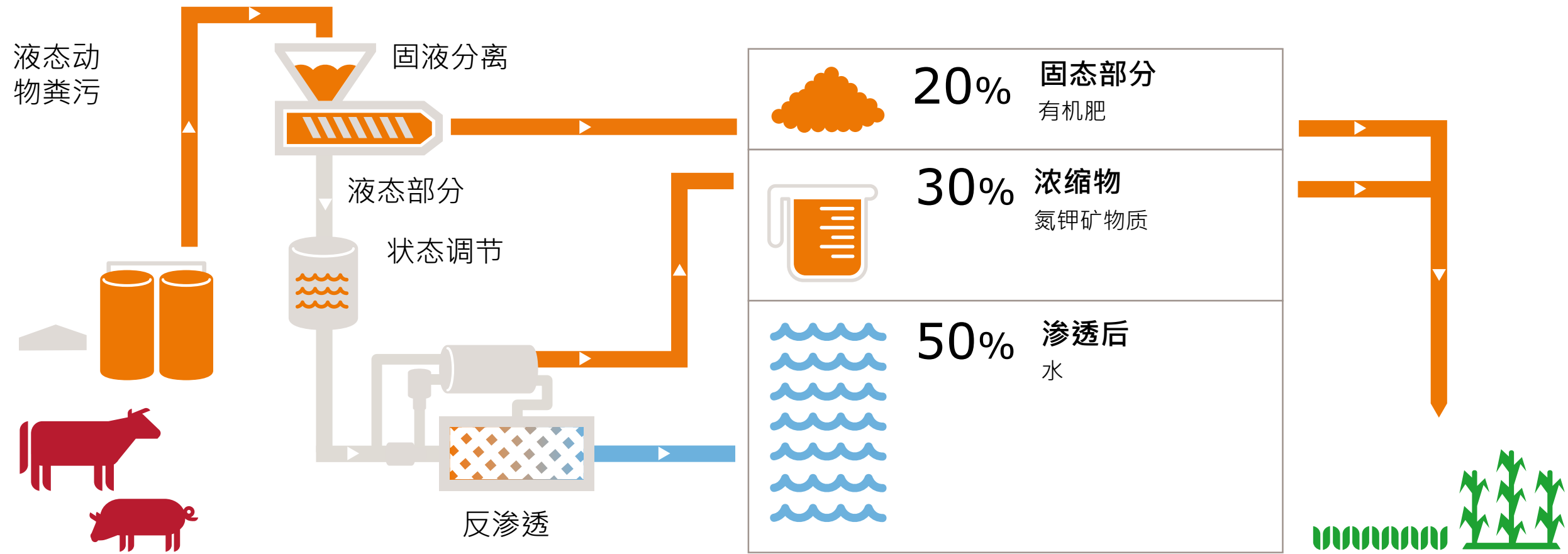


# 粪污的机械分离

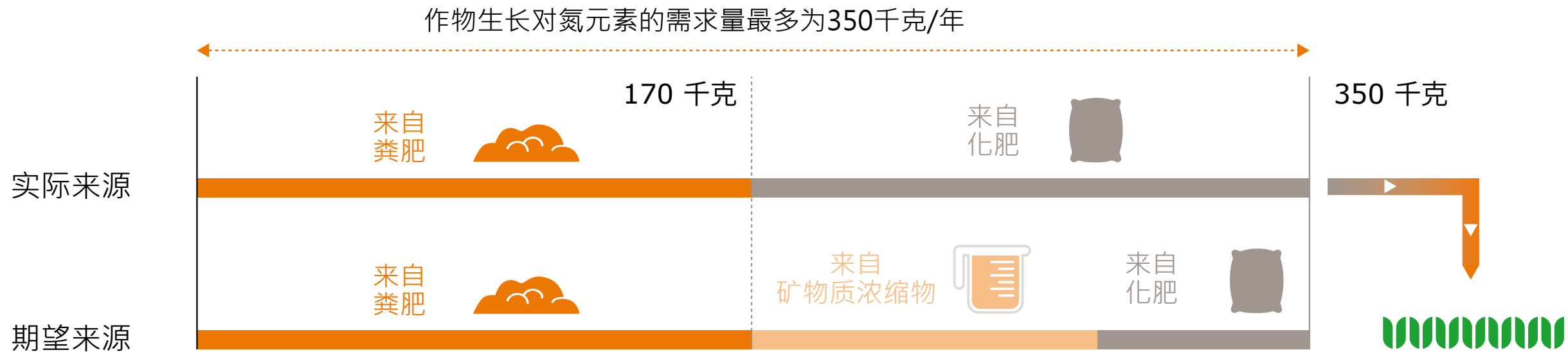
机械分离是液态粪污处理的关键步骤，可以提高粪污中营养物质的提取率。氮和磷的利用率也会因此提高。有机质和磷元素主要聚集在固态部分；该部分可以直接作为粪肥，也可以经过堆肥或干燥并制成颗粒之后使用。液态部分中含有较多的氮元素和很少的磷元素，因此可以在喜氮植物的生长阶段直接施用。

粪污机械分离的一个  
重要益处就是氮和磷  
可以分别被提取利用。

## 通过反渗透法生产浓缩液态氮



## 分离后氮元素的预期利用率 单位：千克/公顷/年



# 粪污加工处理与厌氧发酵

对粪污进行加工处理可以提高出口量。一般而言，用于出口的粪污必须经过卫生处理、加热并且消除病原体。不同的加工方法可以产生不同的最终产品。本手册主要例举几个目前可以实际应用的加工方法。

厌氧发酵是一种可以产生能源（主要是可燃性沼气）的粪污处理方法。然而，与当前的能源价格相比，这个方法的经济性还有待提高。加入玉米青贮和谷物产品等农业副产品，以及脂肪和甘油等工业副产品可以提高发酵效率。不过上述农业副产品一般直接被用作动物饲料，因此发酵不是可持续的方法。

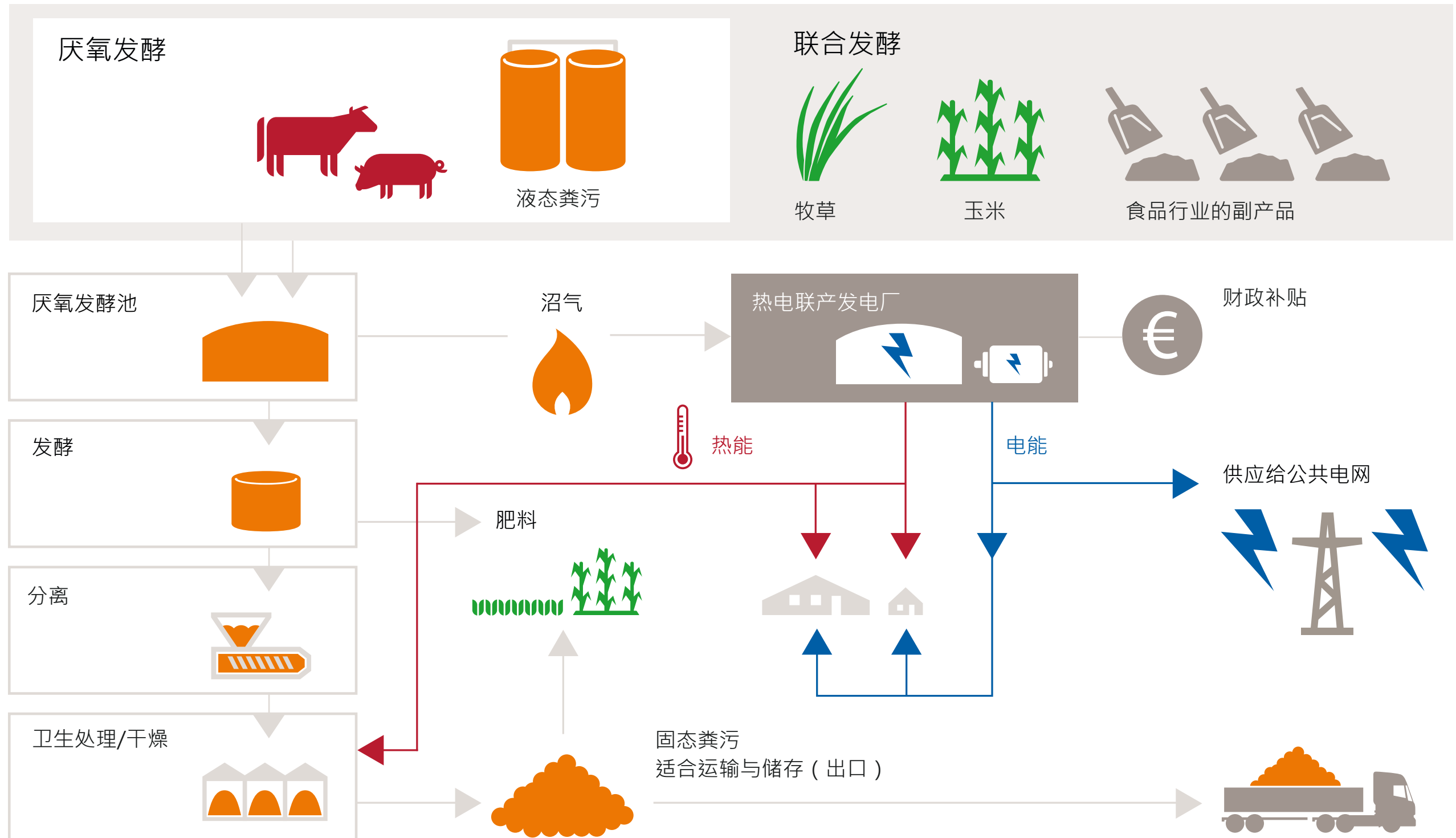
厌氧发酵的剩余产物仍然属于动物粪污，也应该得到合理利用。



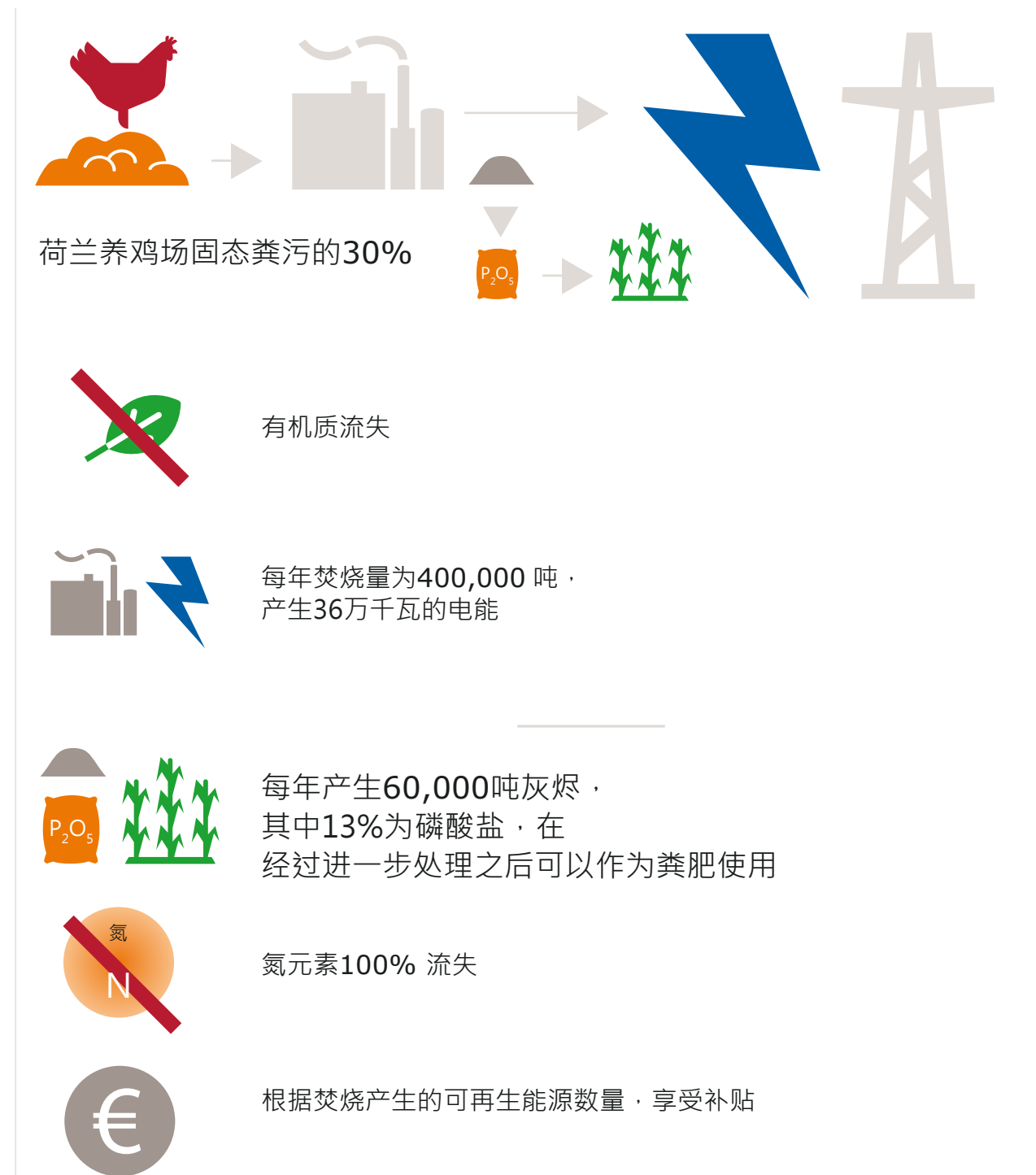
# 发酵

对粪污进行厌氧发酵可以生成可燃性沼气，作为能源燃料使用。但是即使获得经济补贴，这个方法也并不划算。因此，可以加入一些辅助产品来生产更多的沼气，这就是所谓的联合发酵。

联合发酵比粪污单独发酵可以产生更多的沼气，但是，作为辅助品的农业副产品同时也是畜牧饲料，因此一般不认为联合发酵是可持续的。除此之外，联合发酵还会增加粪污总量。



## 焚烧处理



## 堆肥 (“利用生物热干燥”)





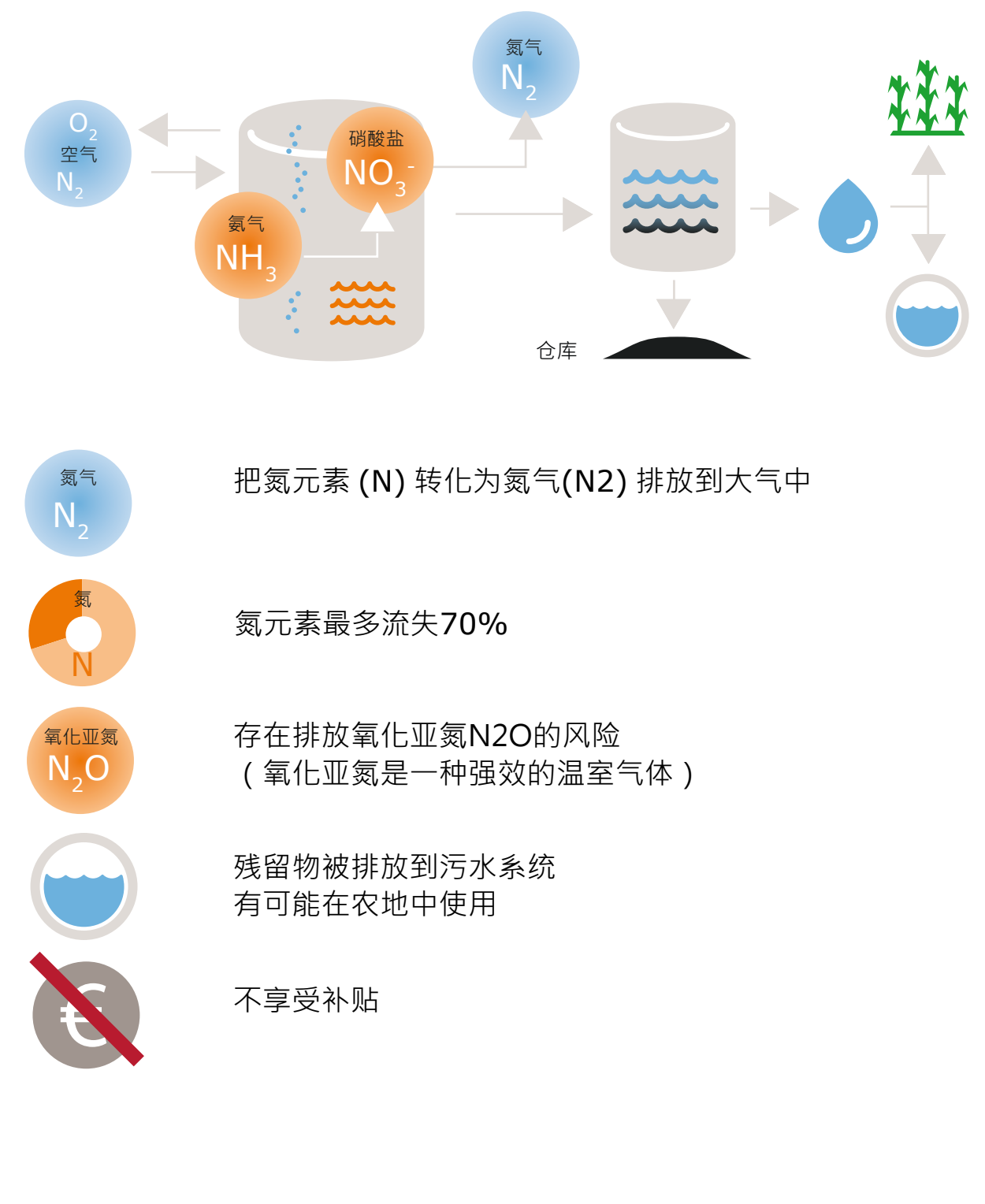
# 生产有机肥颗粒

固态粪污



# 生物处理

液态部分



---

# 未来趋势： 从粪污中提取有价值的成分

粪污中不仅包含可用作肥料的氮、磷、钾等元素，还包含许多有价值的有机化合物，如蛋白质、氨基酸、脂肪酸、碳链和其它营养物质。作为有机质的动物性来源，粪污中的重要生物成分比化石燃料更多，有很大的潜力成为化学产业的原料来源。

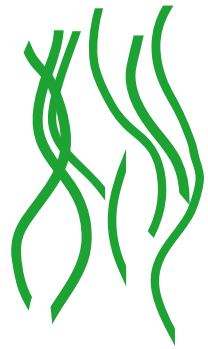
---

粪污不同成分的价值得到  
充分开发并利用。

---

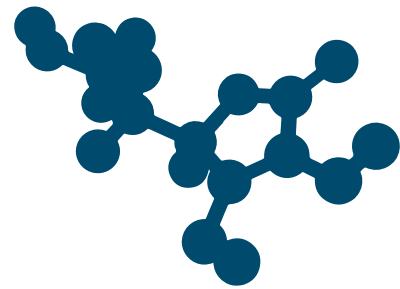
# 粪污中可以利用的重要成分

## 未经发酵的饲料成分



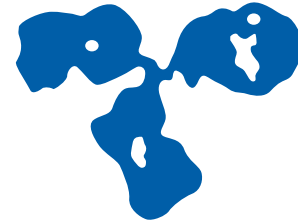
- 生产葡萄糖和乙醇，或者石油生产过程中热化学分解（裂解）所需的纤维
- 营养物质：氮，磷，钾，钙
- 微量元素：镁，硫，铁，铝，钠，铜，锌，锰，硼，铬
- 脂肪，钙皂
- 未分解的淀粉
- 未分解的蛋白质

## 微生物菌群



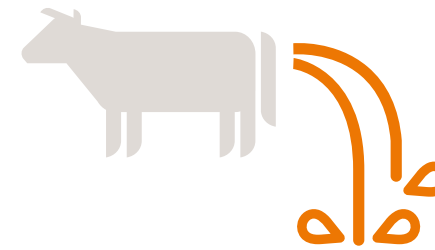
- 维生素(K, B12)
- 氨基酸
- 生物活性蛋白质
- (挥发性) 脂肪酸

## 内源性物质



- 胆酸，糖蛋白，酶（如：脂肪酶）
- 着色剂（如：胆绿素，胆红素）
- 其他生物活性物质（溶菌酶，免疫球蛋白，抗氧化剂？）

## 尿液成分



- 尿素，氨气NH<sub>3</sub> (氮源)
- 激素，酶？
- 着色剂（尿胆素，卟啉）
- 肌酸酐
- 嘌呤衍生物，包括尿酸，尿酸，（海波）黄嘌呤

## 生物质生产基质



- 用来
- 培育浮萍
  - 培育海藻
  - 养殖昆虫
  - 反刍动物的氮源
  - 固态厌氧发酵 - (微生物蛋白)

---

## 后记

### 出版方

瓦赫宁根大学及研究中心畜牧研究院

### 项目管理

瓦赫宁根大学及研究中心，信息服务部

### 文本来源

瓦赫宁根大学及研究中心，信息服务部

### 编辑

Ferry Leenstra 博士, Theun Vellinga 博士,  
Francesca Neijenhuis 博士, Fridtjof de Buissonjé 硕士

### 翻译

Writewell Quality Text, Amsterdam

### 艺术指导，设计和插图

瓦赫宁根大学及研究中心，信息服务部

### 摄影

Shutterstock, 瓦赫宁根大学及研究中心

### 印刷

MediaCenter Rotterdam

更多信息请参阅以下网站

Wageningen UR Livestock Research

[www.wageningenUR.nl/manuremanagement](http://www.wageningenUR.nl/manuremanagement)

[manuremanagement@wur.nl](mailto:manuremanagement@wur.nl)

© 2014

出版方已经尽一切努力标明了插图绘制者的版权并支付版费；如您的名字不慎未被提及，请立即与瓦赫宁根大学及研究中心信息服务部联系。

版权所有，未经出版方的正式书面许可，拒绝一切形式的复印、电子检索系统存储、以及通过其他任何手段（电子，机械，影印，录制等）进行传送。

2014年9月，瓦赫宁根

[www.wageningenUR.nl/en/livestockresearch](http://www.wageningenUR.nl/en/livestockresearch)



Government of the Netherlands

本手册由荷兰经济事务、公共建设与环境部委托编写。



---

瓦赫宁根大学及研究中心畜牧研究院

访问地址：

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad

邮寄地址：

P.O. Box 65, 8200 AB Lelystad

电话 +31 320 238 238

info.livestockresearch@wur.nl

[www.wageningenUR.nl/en/](http://www.wageningenUR.nl/en/livestockresearch)

livestockresearch



瓦赫宁根大学及研究中心畜牧研究院

我们与合作方一起，整合已有的科技知识和实践经验，为21世纪畜牧业发展开创新的理念。在创新畜牧养殖体系、营养、动物福利基因和畜牧饲养的环境影响等领域，我们有最专业的人才和最先进的研究设施，同时还设立了如奶牛学校、Sterksel生猪创新中心等实践基地，可以为合作方和客户提供专业支持、找到适合的解决方案、应对未来挑战。

